

УДК 625. 855. 3

Н. П. НАГОРНА

Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського

**ЛИТІ ОРГАНОМІНЕРАЛЬНІ СУМІШІ ДЛЯ РЕМОНТУ ПОКРИТТІВ
НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Розроблені склади литих дьогтешлакових і асфальтополімерсіркобетонних сумішей для ямкового ремонту покриттів нежорстких дорожніх одягів. Литі дьогтешлакові суміші включають відсів подрібнення відвальних мартенівських шлаків – 100 м. ч., кам'яновугільний дорожній дьоготь в'язкістю $C_{50}^{10} = 10-20$ с (6–7 м. ч.); воду (19–21 м. ч.), вапно негашене мелене (2–3 м. ч.) і характеризуються рухливістю ОК = 15–20 с. Литий дьогтешлакобетон має межу міцності при стиску при 0 °С, $R_0 = 6,5$ МПа, при 20 °С, $R_{20} = 4,0$ МПа, при 50 °С, $R_{50} = 1,8$ МПа; коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні – $K_{вд} = 0,82$; коефіцієнт теплового старіння після 600 годин прогріву при температурі 60 °С і ультрафіолетовому випромінюванню – $K_{ст} = 2,2$. Оптимізовано склад асфальтополімерсіркобетонної суміші, що містить механоактивований 0,5 % СКМС-30 мінеральний порошок 12,6–20,0 %, бітумополімерсіркове в'язуче 6,7–10,5 % (бітум нафтовий дорожній модифікований 2 % бутадієнметилстирольним каучуком СКМС-30 і 40 % технічної сірки), що забезпечує: рухливість суміші при 170 °С – ОК > 30 мм; занурення штампю при 40 °С – $h < 4$ мм; для асфальтополімерсіркобетону межу міцності на розтяг при вигині при 0 °С – $R_{внг} > 5,6$ МПа, коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні – $K_{вд} > 0,96$, коефіцієнт морозостійкості після 100 циклів поперемінного заморожування – відтавання – $F = 0,72$, коефіцієнт теплового старіння після 1 200 годин – $K_{ст} = 1,27$.

литі дьогтешлакові і асфальтополімерсіркобетонні суміші, дефекти покриттів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг, ямковий ремонт

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

У зв'язку із зростанням інтенсивності і вантажнапруженості руху транспортних засобів важливе значення набувають своєчасність і якість робіт з поточного і капітального ремонту покриттів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг [1, 2]. Це обумовлено тим, що більшість доріг у країнах СНД були розраховані на навантаження групи Б (60 кН на вісь). У той же час в Україні розрахункові автомобільні навантаження на вісь колеса автомобіля встановлені 115 кН і навіть 130 кН [3]. Наслідком цього є підвищення вимог, що пред'являються до дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються для ремонту і технологій ремонтних робіт покриттів автомобільних доріг [4].

Витрати, що пов'язані з поточним ремонтом автомобільних доріг (ліквідація вибоїн, просадок, напливів й інших пластичних деформацій, оновлення шорсткості покриттів і заливка тріщин на покритті) складають 60 % від вартості дорожнього будівництва [1]. Аналіз світового досвіду поточного ремонту покриттів автомобільних доріг свідчить про те, що для підвищення довговічності відремонтованих покриттів конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів використовують асфальтобетонні суміші, що модифіковані поверхнево – активними речовинами, бітумополімерні суміші, асфальтополімерсіркобетонні суміші, еластомірні суміші, композиції з використанням спінених бітумів, вологі органомінеральні і екзотермічні суміші тощо [1, 2, 5–11]. Найбільш ефективними дорожньо-будівельними матеріалами для ремонту нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг є вологі органомінеральні суміші та гарячі литі асфальтобетонні суміші, а також модифіковані їх аналоги. У той же час процес формування структури вологих органомінеральних сумішей, укладених у ремонтну карту, є тривалим, що позначається на експлуатаційних характеристиках відремонтованого покриття автомобільної дороги. Недоліками відомих гарячих литих асфальтобетонних сумішей є висока енергоємність (температура виробництва 210–240 °С) та вузький температурний інтервал в'язкопружно-пластичного стану (70–80 °С).

© Н. П. Нагорна, 2013

Метою дослідження є розробка складів ресурсо- і енергоекономічних литих органо-мінеральних сумішей для ремонту покриттів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг на основі встановлення закономірностей формування структури і заданих адгезійно-когезійних і деформаційно-міцнісних характеристик литих органо-мінеральних бетонів у системі «ремонтване покриття – контактний шар – новий матеріал».

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами дослідження прийнято: відсів подрібнення відвального мартенівського шлаку Макіївського металургійного комбінату: насипна щільність 1 650–1 700 кг/м³; істинна густина 3 200–3 250 кг/м³; марка за дробильністю в сталевому циліндрі 1 200; морозостійкість більше 200 циклів; активність 1 МПа; модуль основності $M_o = 1,9$; зерновий склад представлений частковими залишками на ситах з вічками, мм: 10 – 2 %; 5 – 24 %; 1,25 – 18 %; 0,63 – 14 %; 0,315 – 15 %; 0,14 – 14 %; менше 0,071 – 8 %; активізатори в'язучих властивостей відвального мартенівського шлаку: вапно негашене мелене (ДСТУ Б В. 2. 7-90-99) і портландцемент марки 400 (ДСТУ Б В.2.7-46-96); як кам'яновугільне в'язуче прийнято кам'яновугільний дорожній дьоготь в'язкістю $C_{50}^{10} = 10$ с (ГОСТ 4641); вода замішування литих дьогтешлакових сумішей відповідала ГОСТ 23732; бітум нафтовий дорожній БНД 40/60 (ДСТУ Б.В.2.7-46-96); каучук синтетичний бутадієнметилстирольний СКМС-30 (ГОСТ 11138); сірка технічна молота (ГОСТ 127).

У роботі, окрім стандартних, використано ряд спеціальних методів досліджень: пластометрія (пластометр МДУ П. О. Ребіндера), резонансно-акустичний метод (установка ПГ-1р І. Г. Гранковського); електронна сканувальна мікроскопія (растровий електронний мікроскоп ІСІ-60 англійської фірми «ЮНІ – ЕКСПЕРТ»); термогравіметрія (дериватограф Q-1 500 системи Paulyc – Paulyc); диференційна сканувальна калориметрія (використано ДСК моделі 912 у складі термоаналітичного комплексу Du Pont 9900).

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХ ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

При проведенні ямкового ремонту покриттів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг у зоні стику утворюється макросистема, у якій можна виділити три основні підсистеми: ремонтване покриття (старий матеріал СМ), контактний шар (КШ) і новий матеріал (НМ).

Із умови цільності відремонтованого покриття нежорсткого дорожнього одягу повинні виконуватися насамперед наступні умови: напружено-деформований стан системи повинен відповідати умові (1).

$$\text{НДС}_{(\text{СМ})} (E, \eta, \varepsilon, \sigma_{\text{виг}}, \dots) = \text{НДС}_{(\text{КШ})} = \text{НДС}_{(\text{НМ})}, \quad (1)$$

де НДС – напружено-здеформований стан старого матеріалу (см), контактного шару (кш) і нового матеріалу (нм), відповідно;
 $E, \eta, \varepsilon, \sigma_{\text{виг}}$ – модуль пружності (МПа), в'язкість (Па·с), відносна деформація і межа міцності на вигин (МПа), відповідно.

Когезія контактного шару $\sigma_{\text{к}}$ (кш) не повинна перевищувати значення адгезії ($\sigma_{\text{а}}$) в системі СМ-КШ-НМ більше чотирьох (2).

$$\sigma_{\text{к}}(\text{кш}) < 4 \sigma_{\text{а}}(\text{нм і см}). \quad (2)$$

Для створення міцного з'єднання необхідна присутність в ремонтваній суміші, а також і на поверхнях старого і нового матеріалів, що склеюються, полярних або здатних поляризуватися груп і добре змочування органічним в'язучим, що знаходиться у контактному шарі з'єднаних поверхонь ремонтваної карти.

Таким чином, довговічність відремонтованих способом ямкового ремонту нежорстких покриттів визначається факторами, що наведені в залежностях (3 і 4):

$$D_c = f(R_{\text{виг}}^c, F, K_{\text{вд}}, \tau_{\text{зсув}}, T_{\text{скл}}, K_{\text{стар}}), \quad (3)$$

$$R_{\text{виг}}^c = f(R_{\text{нм}}^c \approx R_{\text{кш}}^c \approx R_{\text{рп}}^c), \quad (4)$$

де D_c – довговічність системи (років);
 F – морозостійкість (кількість циклів);
 $K_{\text{вд}}$ – коефіцієнт водостійкості при довготривалому водонасиченні;

$\tau_{зсув}$ – межа міцності при зсуву (МПа);
 $T_{скл}$ – тріщиностійкість ($^{\circ}C$, МПа);
 $K_{стар}$ – коефіцієнт старіння;
 $R_{виг}^c, R_{нм}^c, R_{кш}^c, R_{рп}^c$ – межа міцності при вигині системи, нового матеріалу, контактного шару і ремонтного покриття відповідно з урахуванням зміни його в процесі експлуатації (МПа).

При виготовленні литих дьогтешлакових сумішей назначені наступні режими виробництва. В асфальтобетонну установку подавали відсів подрібнення відвального мартенівського шлаку з температурою $80^{\circ}C$ і вапно негашене мелене; суміш перемішували 15 с; вводили в змішувач кам'яновугільний дорожній дьоготь, підігрітий до температури $80^{\circ}C$ і перемішували 45 с, далі додавали воду і перемішували 30 с. При такому порядку ведення процесу забезпечується добре змочування поверхні мінеральних частинок кам'яновугільним в'язучим, що містить у своєму складі ненасичені групи у сполуках гамма- і бета-фракцій дьогтю, що мають ароматичну природу з наступною сорбцією в'язучих на олеофільних центрах частинок відвального мартенівського шлаку і формування міцних структурованих еластичних шарів, що склеюють частки мінерального кістяка литого дьогтешлакобетону. Вода ж сорбується на гідрофільних ділянках шлакових часток і забезпечує процеси гідратації гідралічно активних мінералів шлаку [11].

Часточки меленого негашеного вапна осідають на частках шлаку, утворюючи численні центри на поверхні мінеральних зерен, підвищують їх енергетичний потенціал і активність взаємодії з кислотами сполуками кам'яновугільного дорожнього дьогтю. При гідратації вапна або гідролізу аліту – мінералу портландцементу утворюється гідроксид кальцію, у процесі взаємодії якого з фенолвміщуючими сполуками кам'яновугільного в'язучого утворюються феноляти і крезоліати кальцію на поверхні поділу фаз «органічне в'язуче – поверхня шлакових часток». Це приводить до суттєвого зміцнення міжфазного контакту.

Водний розчин гідроксиду кальцію $Ca(OH)_2$ створює високе значення $pH > 12$, що забезпечує диспергування поверхневих шарів шлаку у результаті розриву ковалентних зв'язків $Si-O-Si$ і $Al-O-Si$, руйнує оболонку з $Al(OH)_3$ і $Si(OH)_4$. Внаслідок цього оголюються і стають доступними для води більш глибокі ділянки склоподібної фази шлакових часток. Це приводить до подальшого гідролізу і гідратації гідралічно активних мінералів шлаку. Визначальну роль у процесах кристалізаційної структуроутворення відіграють катіони Ca^{2+} , які при взаємодії з кремне- і алюмосилами створюють такі кристалогідрати, як тоберморит ($5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot nH_2O$), ксонотліт ($5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$), ріверсайдит ($5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 3H_2O$), гіроліт ($2CaO \cdot 3SiO_2 \cdot 2,5H_2O$), гідрогранат ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 1,5SiO_2 \cdot 3H_2O$) і ін.

Виходячи із заданої рухливості ($OK = 15-20$ см), коефіцієнта розшарування суміші (K_p не $> 15\%$), а також концентрації кам'яновугільного в'язучого у суміші, при якому забезпечується максимальна міцність литого дьогтешлакобетону ($D_m = 6-8\%$), встановлено оптимальний вміст води замішування, який дорівнює $B = 19-21\%$ від маси відсіву подрібнення відвального мартенівського шлаку.

При даному співвідношенні компонентів у литому дьогтешлакобетоні кількість конденсаційно-кристалізаційних контактів у віці 28 діб складе (5):

$$n_y = (C \cdot R_1 - R_2) / (C - 1) \cdot R_c, \quad n_y = (5 \cdot 4 - 5,5) / (5 - 1) \cdot 8,0 = 0,45, \quad (5)$$

де R_1, R_2 – межа міцності при швидкості деформування $V_1 = 3$ мм/хв. і $V_2 = 15$ мм/хв., відповідно;

C – коефіцієнт, що дорівнює $C = V_2 / V_1$;

R_c – гранична структурна міцність, що відповідає максимуму на залежності межі міцності литого дьогтешлакобетону від температури або швидкості деформування.

Таким чином, у литому дьогтешлакобетоні складу у масових частках компонентів: відсів подрібнення відвального мартенівського шлаку – 100, кам'яновугільний дорожній дьоготь в'язкістю $C_{50}^{10} = 10$ с – 7, вода – 20, вапно негашене мелене – 3, утворюється комбінована мікроструктура, яка представлена сполученням взаємопроникних мікроструктур – коагуляційної (55 %) і конденсаційно-кристалізаційної (45 %). Така комбінована мікроструктура забезпечить необхідну зсувостійкість відремонтованого покриття у зоні високих позитивних температур і деформативність у зоні негативних температур, а також рекомбінаційну здатність покриття.

Дані, що отримані реологічним та резонансо-акустичним методами, свідчать про збереження рухливості литою дьогтешлаковою сумішшю протягом п'яти годин (термін транспортування і укладання литої дьогтешлакової суміші у ремонтвану карту покриття нежорсткого дорожнього одягу).

Так, межа міцності при стиску у 28-добовому віці шлакового каменю складає 0,7 МПа, а дьогтебетону дискретної структури (індекс складу 2) $R_{20} = 1,9$ МПа. В той же час межа міцності при стиску при 20 °С литого дьогтешлакобетону у віці 28 діб складає 3 МПа. Основними факторами, що визначають зміцнення структури бетону, яка характеризується коагуляційно-кристалізаційними контактами, є синтез кристалогідратів і формування на їх основі кристалізаційної сітки, формування хемосорбційних зв'язків на межі міцності розділу фаз «дьогтева емульсія – лужні сполуки шлаку», структурування плівкового дьогтю гідратними новоутвореннями, інтенсифікація основними сполуками кам'яновугільного в'язучого синтезу гелевих новоутворень гідратованого шлаку. Отримані дані свідчать про те, що у 28-добовому віці зерна шлаку покриваються натічними масами гелеподібного матеріалу, концентрація якого на поверхні шлакових часток зростає до двох років твердіння.

Методом ДТА встановлені широкі екзотермічні ефекти у дьогтешлакобетонах з екстремумом 400 °С, що характеризують процеси кристалізації при нагріві гелевих новоутворень Al–Si–Ca складу, а також ендоефект декарбонізації з екстремумом 800–820 °С.

Із зростанням ступеня гідратації криві ендоефекту зміщуються у зону більш високих температур, що свідчить про підвищення щільності гелю, а також удосконалення кристалічних структур карбонатів. Для литого дьогтешлакобетону характерна мала залежність межі міцності і модуля пружності від температури (табл. 1).

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості бетонів

№ з/п	Склад бетону в масових частках компонентів	Середня щільність, ρ_0 , кг/м ³	Межа міцності при стиску, R, МПа, при			Набухання, Н, %	Водонасичення, W, %	Коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні, $K_{вд}$
			0 °С	20 °С	50 °С			
1	Відсів подрібнення відвального мартенівського шлаку – 100; вода – 20; кам'яновугільний дорожній дьоготь в'язкістю $C_{50}^{10} = 10 c - 7$; вапно негашене мелене – 3	2 315	6,5	4,0	1,8	0,15	16,0	0,82
2	Дьогтебетон дрібнозернистий, тип В на гранітних мінеральних матеріалах і вапняковому мінеральному порошку, КД – $C_{50}^{10} = 75 c - 7,5$	2 400	10,4	3,9	0,9	0,26	3,6	0,74
3	Гарячий асфальтобетон, тип Б на гранітних мінеральних матеріалах і вапняковому мінеральному порошку, Б – $\Pi_{25}=59$ град. – 6,0	2 338	6,8	3,1	1,2	0,6	2,9	0,78

Коефіцієнт теплового старіння після 600 часів прогріву при температурі 60 °С і ультрафіолетовому випромінюванні $K_{ст} = 2,2$; коефіцієнт морозостійкості після 50 циклів поперемінного заморожування – відтавання $F = 0,52$.

Для оптимізації складу бінарної системи бітумополімерсіркове в'язуче (бітум $\Pi_{25} = 59$ град., модифікований 2 % бутадієнметилстирольним каучуком СКМС-30 і 40 % технічної сірки) в межах 6,5–10,5 % – механоактивованій мінеральний порошок (МП) (масова концентрація СКМС-30 на поверхні МП 0,5 %) в межах 10–20 % використано двофакторний композиційний несиметричний план

на трьох цілочисельних рівнях (-1; 0; +1) з коефіцієнтом кореляції між факторами $r_{ij} < 0,1$, $i, j = 1, 2$ і $i \neq j$.

За параметри оптимізації складу матриці асфальтополімерсіркобетону прийняті: межа міцності при вигині при 0°C , Y_1 ($R_{\text{виг}}$, не менше 5,6 МПа); коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні, Y_2 ($K_{\text{вд}}$, не менше 0,96); рухливість суміші при 170°C (Y_3 , не менше 30 мм); глибина занурення штампу при 40°C , Y_4 (h, не більше 4 мм).

Регресійний аналіз виконано з використанням програми «Астат 2,0». Отримані рівняння регресії у вигляді неповних і повних поліномів 2-го ступеня (6, 7, 8):

$$Y_1 = 4,96 + 1,68 \cdot X_1 + 1,36 \cdot X_2 + 1,28 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1,24 \cdot X_1^2$$

(м. к. к. = 0,981, Cv = 10,6 %),

(6)

$$Y_3 = 32 + 15,5 \cdot X_1 + 7,3 \cdot X_2 - 2,39 \cdot X_1^2$$

(м. к. к. = 0,975, Cv = 14,4 %),

(7)

$$Y_4 = 3,43 + 0,33 \cdot X_1 + 0,52 \cdot X_2 + 0,39 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,22 \cdot X_1^2 + 0,32 \cdot X_2^2$$

(м. к. к. = 0,985, Cv = 4,7 %).

(8)

Характерно, що при всіх значеннях факторів варіювання коефіцієнт водостійкості при довготривалому водонасиченні (Y_2) забезпечується.

Виходячи із обмежень за показником пластичності литого асфальтополімерсіркобетону (глибина занурення штампу) і за показником рухливості при 170°C (осадка конуса), а також враховуючи економічність литого асфальтополімерсіркобетону, встановлено, що оптимальний вміст у суміші активованого мінерального порошку повинен бути 17–18 %, а модифікованого органічного в'язучого 8,0–9,5 % (рівняння 6, 7, 8).

Як свідчать дані, що отримані до температур $38,11^\circ\text{C}$ спостерігаються температурні переходи, які можна інтерпретувати як розморожування молекулярної рухливості окремих структурних елементів бітуму з температурою склування $-32,13^\circ\text{C}$, $0,66^\circ\text{C}$, $38,11^\circ\text{C}$. В подальшому в діапазоні температур $106,03$ – $108,62^\circ\text{C}$ виникає розчинення технічної сірки, яка структурує бітумополімерне в'язуче.

Литі асфальтополімерсіркобетони характеризуються більш високими значеннями щільності і коефіцієнтом тривалої водостійкості, меншою температурною чутливістю механічних властивостей у порівнянні з традиційними асфальтобетонами.

Дані, що наведені в табл. 2, свідчать про те, що литі асфальтополімерсіркобетони більш зсувостійкі, ніж традиційні гарячі асфальтобетони.

Таблиця 2 – Значення показників, що характеризують зсувостійкість дрібнозернистих бетонів (тип Б) за методом Маршала (температура випробування 60°C)

№ з/п	Вид асфальтов'язучої речовини в суміші	Умовна пластичність, 1/10, мм	Стійкість, Р, Н	Умовна жорсткість, А, Н/мм
1	Нафтовий дорожній бітум $P_{25} = 59$ град. шкали пенетрометра, мінеральний порошок вапняковий неактивований	46	15 256	3 316
2	Нафтовий дорожній бітум $P_{25} = 59$ град. шкали пенетрометра, модифікований 2,0 % СКМС-30 і 40 % технічної сірки; вапняковий мінеральний порошок, активований 0,5 % СКМС-30	38	23 080	5 980

Вони більш атмосферостійкі. Так, коефіцієнт старіння (тепловий прогрів виконано при температурі 75°C і ультрафіолетовому опромінюванні в кліматичній камері ШП-1) після 1 200 годин прогріву дорівнює $K_{\text{ст}} = 1,27$, а для гарячого асфальтобетону $K_{\text{ст}} = 1,44$.

Коефіцієнт водостійкості при водонасиченні протягом 90 діб для литого асфальтополімерсіркобетону складає 0,82 проти 0,57 для гарячого асфальтобетону. Коефіцієнт морозостійкості після 100 циклів поперемінного заморожування – відтавання складає 0,72, а для традиційного асфальтобетону 0,4.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовані і запроєктовані склади та розроблено технологію виробництва литих дьогтешлакових сумішей, що включають відсів подрібнення відвального мартенівського шлаку (100 м. ч.), кам'яновугільні дорожні дьогті в'язкістю $C_{50}^{10} = 10-20$ с (6-7 м. ч.), воду (19-21 м. ч.), вапно негашене мелене (2-3 м. ч.), що характеризується рухливістю ОК = 15-20 см, які після укладання у ремонтану карту покриттів нежорстких дорожніх одягів формують у часі комбіновану мікроструктуру, що представлена оптимальним сполученням коагуляційних (контакти між частками шлаку здійснюються через адсорбційно-сольватні структуровані прошарки органічного в'язучого) і конденсаційно-кристалізаційних контактів прямого зрощування кристалів гідратованих мінералів тонкодисперсних часток відвального мартенівського шлаку; питома кількість конденсаційно-кристалізаційних контактів складає 0,43-0,45; коагуляційна структура забезпечує релаксацію внутрішніх напружень, що виникають при механічних навантаженнях і термічних впливах, а конденсаційно-кристалізаційна забезпечує міцність дорожнього покриття у зоні високих температур (встановлено реологічним, резонансно-акустичним, електронномікроскопічним методами і методом ДТА).

2. З використанням методу планування експерименту оптимізовано склад асфальтополімерсіркової в'язучої речовини литої асфальтополімерсіркобетонної суміші оптимального складу (масова концентрація механоактивованого 0,5 % СКМС-30 у вуглеводневих розчинниках вапнякового мінерального порошку 12,6-20,0 %, бітумополімерсіркового в'язучого 6,7-10,5 %), що забезпечує: рухливість суміші при 170 °С – ОК > 30 мм; занурення штампку при 40 °С – $h < 4$ мм; для асфальтополімерсіркобетону межу міцності на розтяг при вигині при 0 °С – $R_{\text{виг}} > 5,6$ МПа; коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні – $K_{\text{вд}} > 0,96$. Методом диференційної сканувальної калориметрії встановлено, що технічна сірка при температурах 115-118 °С переходить у бірадикали і диполі, що забезпечує структурування бітумополімерного в'язучого у асфальтополімерсіркобетоні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Калиниченко, Н. М. Текущий ремонт усовершенствованных дорожных покрытий при неблагоприятных погодных условиях [Текст]. Вып. 5 / Н. М. Калиниченко, Л. Я. Несвитская. – М. : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1985. – 28 с.
2. П-Г. 1-218-113-97. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України [Текст] : Затверджено Наказ № 190 від 26.09.97 р. / Українська державна корпорація по будівництву, ремонту та утриманню автомобільних доріг. – Київ : Укравтодор, 1997. – 184 с.
3. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд [Текст] / В. В. Мозговой, А. Е. Мерзлякин, Л. А. Мозговая и др. // Дорожная техника. Каталог-справочник : Технология строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог. – СПб. : Славутич, 2007. – № 1. – С. 126-139.
4. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу [Текст]. – На заміну ВСН 46-83 ; надано чинності з 01 січня 2005 р. – Київ : Укравтодор, 2004. – 176 с.
5. Линцер, А. В. Холодные технологии ремонта [Текст] / А. В. Линцер // Автомобильные дороги. – 2006. – № 4. – С. 47-50.
6. Рекомендации по применению органоминеральных смесей для устройства конструктивных слоев дорожных одежд [Текст] / Минавтодор РСФСР, Гипродорнии. – М. : ЦБНТИ, 1986. – 44 с.
7. Баринев, Е. Н. Применение вспененных битумов в дорожном строительстве [Текст] / Е. Н. Баринев. – М. : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1986. – 34 с.
8. Зарубежный опыт устройства дорожных покрытий из литого асфальтобетона [Текст] : Обзорная информация / Центральный институт нормативных исследований и научно-технической информации «Оргтрансстрой» Министерства транспортного строительства. – М. : Центральный институт нормативных исследований и научно-технической информации «Оргтрансстрой» Министерства транспортного строительства, 1976. – 29 с.
9. ВСН 60-97. Инструкция по устройству и ремонту дорожных покрытий с применением литого асфальтобетона [Текст]. – Взамен ВСН 31-74, ВСН 45-79 ; введ. 01-08-1997. – М. : ОАО «Мосоргстрой», 1997. – 9 с.
10. Литые асфальтобетоны повышенной долговечности [Текст] / В. И. Братчун, Н. А. Столярова, В. Л. Беспалов, И. Ф. Рыбалко // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : наук.-вироб. зб. / Автомобільно-дорожній ін-т Донец. нац. техн. ун-ту. – 2007. – № 1(4). – С. 143-146.
11. Братчун, В. И. Модифицированные деги и дегтебетоны повышенной долговечности [Текст] : Монография / В. И. Братчун, В. А. Золотарев. – Макеевка : ДонГАСА, 1998. – 226 с.

Отримано 04.06.2013

Н. П. НАГОРНАЯ
ЛИТЫЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ РЕМОНТА ПОКРЫТИЙ
НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
 Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского

Разработаны составы литых дегтешлаковых и асфальтополимерсеробетонных смесей для ямочного ремонта покрытий нежестких дорожных одежд. Литые дегтешлаковые смеси включают отсеб дробления отвальных маргеновских шлаков – 100 м. ч., каменноугольный дорожный деготь вязкостью $C_{50}^{10} = 10-20$ с (6–7 м. ч.), воду (19–21 м. ч.), известь негашеную молотую (2–3 м. ч.) и характеризуются подвижностью ОК = 15–20 с. Литой дегтешлакобетон имеет предел прочности при сжатии при 0 °С, $R_0 = 6,5$ МПа, при 20 °С, $R_{20} = 4,0$ МПа, при 50 °С, $R_{50} = 1,8$ МПа, коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении – $K_{вд} = 0,82$, коэффициент теплового старения после 600 часов прогрева при температуре 60 °С и ультрафиолетовом излучении – $K_{ст} = 2,2$. Оптимизирован состав асфальтополимерсеробетонной смеси, содержащий механоактивированный 0,5 % СКМС-30 минеральный порошок 12,6–20,0 % , битумополимерсерное вяжущее 6,7–10,5 % (битум нефтяной дорожный, модифицированный 2 % бутадиенметилстирольного каучука СКМС-30 и 40 % технической серы) , что обеспечивает: подвижность смеси при 170 °С – ОК > 30 мм; глубину погружения штампа при 40 °С $h < 4$ мм, для асфальтополимерсеробетона предел прочности на растяжение при изгибе при 0 °С – $R_{изг} > 5,6$ МПа, коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении – $K_{вд} > 0,96$, коэффициент морозостойкости после 100 циклов замораживания – оттаивания – $F = 0,72$, коэффициент теплового старения после 1 200 часов – $K_{ст} = 1,27$.

литые дегтешлаковые и асфальтополимерсеробетонные смеси, дефекты покрытий нежестких дорожных одежд автомобильных дорог, ямочный ремонт

NINA NAGORNA
CAST ORGANO-MINERAL COATING MIXES FOR REPAIR OF NON-RIGID
PAVEMENTS OF ROADS
 Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky

Compositions of the cast tar slag and asphalt polymer sulphur concrete mixes for the pot-hole work of non-rigid road clothes coverings have been developed. The cast tar slag mixes include crushing sifting of martin slag wastes – 100 m.p.; coal road tar by viscosity $C_{50}^{10} = 10-20$ c (6–7 m.p.); water (19–21 m.p.), unslaking thrashed lime (2–3 m.p.) characterizing by the mobility of ОК = 15–20 cm, and cast tar slag concretes having strength limit at the compression at 0 °С, $R_0 = 6,5$ МПа, at 20 °С, $R_{20} = 4,0$ МПа, at 50 °С, $R_{50} = 1,8$ МПа; coefficient of water firmness at the protracted water inundating of $K_{wf} = 0,82$; age thermal coefficient after a 600 hours of warming up at the temperature of 60 °С and ultraviolet irradiation – $K_{st} = 2,2$. Compositions of asphalt polymer sulphur concrete mix including a mechanic activation of 0,5 % SRMS-30 mineral powder 12,6–20,0 % and bitumen polymer sulphur astringent 6,7–10,5 % (the road oil bitumen is modified by 2 % butadiene methyl stiroл rubber of SRMS-30 and 40 % technical sulphur) have been optimized: mobility of mix at 170 °С – ОК > 30 mm; stamp immersion at 40 °С $h < 4$ mm; for asphalt polymer sulphur concrete: limit strength on a bend at tension of 0 °С $R_{bend} > 5,6$ МПа; coefficient of water firmness after the protracted water inundating – $K_{wf} > 0,96$, coefficient of frost-resistance after 100 variable cycles frost – melt – $F = 0,72$, coefficient of age thermal after 1 200 hours $K_{at} = 1,27$ are provided.

cast tar slag and asphalt polymer sulphur mixes, defects of coverings of non-rigid road clothes of highways, pot-hole work

Нагорна Ніна Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та експертизи непродовольчих товарів Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини у компоненти композиційних матеріалів.

Нагорная Нина Павловна – кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров Донецкого национального университета экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского. Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Nagorna Nina – PhD (Eng.), Associate Professor, Commodity and Examination of Non-food Goods Department, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Scientific interests: development of effective technologies of processing of technogenic raw material in component of composition materials.