

УДК: 625.855.32

Г.Я. Шевчук, М.П. Генсецький, В.М. Бідось

Національний університет «Львівська політехніка»

**ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ
ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ**

Запроектовано склади комбінованих холодних асфальтобетонних сумішей з використанням відпрацьованого асфальтобетону (15-25 мас.%) і портландцементу (5 мас.%) та розроблено методику дослідження отриманої асфальтобетонної суміші. Визначено показники міцності зразків із розроблених асфальтобетонних сумішей та вивчено їх властивості (середня густина, водонасичення, коефіцієнт набухання). Знайдено залежність міцнісних характеристик комбінованих холодних асфальтобетонів у віці 7 і 14 днів від кількості відпрацьованого асфальтобетону та портландцементу. Наведено результати випробувань дослідних асфальтобетонних сумішей за нормативними показниками. Показано, що повторне застосування регеноерованого асфальтобетону зменшує витрати на придбання дефіцитного бітуму і транспортування дорожньо-будівельних матеріалів на великі відстані.

Ключові слова: асфальтобетонні суміші, холодний асфальтобетон, відпрацьований асфальтобетон, регенерація, міцність, водостійкість.

Г.Я. Шевчук, Н.П. Генсецький, В.Н. Бідось**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ
ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА**

Запроектированы составы комбинированных холодных асфальтобетонных смесей с использованием отработанного асфальтобетона (15-25 мас.%) и портландцемента (5 мас.%) и разработана методика исследования полученной асфальтобетонной смеси. Определены показатели прочности образцов из разработанных асфальтобетонных смесей и изучены их свойства (средняя плотность, водонасыщение, коэффициент набухания). Получена зависимость прочностных характеристик комбинированных холодных асфальтобетонов в возрасте 7 и 14 суток от количества отработанного асфальтобетона и портландцемента. Приведены результаты испытаний экспериментальных асфальтобетонных смесей за нормативными показателями. Показано, что вторичное использование регенерированного асфальтобетона уменьшает расходы на приобретение дефицитного битума и транспортирование дорожно-строительных материалов на большие расстояния.

Ключевые слова: асфальтобетонные смеси, холодный асфальтобетон, отработанный асфальтобетон, регенерація, прочность, водостойкость.

G. Shevchuk, N. Genseckiy, V. Bidos**FEATURES OF THE COMPOSITION ASPHALT CONCRETE MIX FOR PREPARATION
COLD ASPHALT CONCRETE**

The compounds of combined cold asphalt concrete mixtures with the use of worked asphalt concrete (15-25% by weight) and Portland cement (5% by weight) were designed and the method of investigation of the obtained asphalt mix mixture was developed. Determination of the strength of samples from the developed asphalt concrete mixture and their properties (average density, water saturation, swelling coefficient) were studied. The dependence of the strength characteristics of the combined cold asphalt concrete at the age of 7 and 14 days from the amount of Portland cement as part of the worked asphalt concrete was found. Simultaneous use in mixtures of Portland cement and organic binder provides formation of the structure of asphalt concrete with their stable coagulation and crystallization bonds. Repeated use of old asphalt concrete reduces the cost of purchasing shortage of bitumen and transporting road construction materials over long distances. Such mixtures can be used for repairing roads during the year, including at low air temperatures and high humidity.

Keywords: asphalt concrete mix, cold, asphalt concrete, worked asphalt concrete, regeneration, strength, water resistance.

Постановка проблеми. Відома класична, традиційно прийнята, «гаряча» технологія приготування асфальтобетону є енергоємною та екологічно недосконалою. Одним із шляхів зниження затрат в дорожньому будівництві може бути застосування комбінованих холодних асфальтобетонів для будівництва і ремонту дорожніх покриттів. Особливістю використання таких сумішей є можливість проведення робіт з ямкового ремонту при більш низьких температурах повітря, ніж це допускається при застосуванні гарячих асфальтобетонних сумішей. Привабливість даного матеріалу полягає у можливості перевезення його на великі відстані без значної втрати або зміни споживчих властивостей. Актуальним завданням в даний час також вважається забезпечення можливості цілорічного проведення дорожніх робіт. Прийнятним, з точки зору довговічності, економічної ефективності, екологічності і технологічності, є використання

бітумних емульсій для холодних асфальтобетонів, які містять у своєму складі відпрацьований асфальтобетон.

Високі ціни на дорожньо-будівельні матеріали і енергоносії зумовлюють розробку ресурсо- і енергозберігаючих технологій та їх впровадження у дорожню галузь. За даними проектних організацій в Україні щорічно може бути повторно використано до 300 тис. т. асфальтобетону, тобто в індустрії дорожнього будівництва можна зекономити майже 15 тис. т бітуму і 285 тис. т кам'яного матеріалу. Окрім економії будівельних матеріалів, повторне використання асфальтобетону дозволяє скоротити витрати на транспорт і сприяє оздоровленню навколишнього середовища за рахунок раціональної утилізації бітумомістких матеріалів.

Виходячи з вищевказаного, а також враховуючи, що в Україні прогресивні технології приготування комбінованого асфальтобетону поки ще не освоєні, дана проблема на сьогодні є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Холодний асфальтобетон класичного типу є різновидом асфальтобетону, що готується в гарячому стані, але укладається в холодному вигляді. Низька щільність подібних бетонів та мала витрата бітуму приводять до недостатньої довговічності і руйнування, особливо в зонах надмірного зволоження, а зростаючі навантаження та інтенсивність руху при високих температурах — до появи пластичних деформацій. Застосування холодних сумішей в осінньо-зимовий період обмежувалося температурою нижче 5⁰С. Це привело практично до відмови від холодного асфальтобетону в 70-х рр. ХХ ст. [1].

Підвищити якість та прискорити терміни формування асфальтобетону можна шляхом заміни повільногустіючих бітумів швидкогустіючими. В той же час, подібний асфальтобетон також не знайшов широкого розповсюдження, незважаючи на недовгий термін його зберігання в штабелі, оскільки розчинник швидко випаровувався і асфальтобетон втрачав технологічну рухливість.

Ця проблема була вирішена, коли холодна асфальтобетонна суміш на легколетучих розчинниках затарювалась в поліетиленові або паперові мішки, що давало можливість тривалого зберігання суміші і спрощувало доставку до споживача, а також почали застосовувати холодний асфальтобетон на бітумних емульсіях. Найбільше розповсюдження такі бетони знайшли у Франції, Німеччині, Польщі [2]. Для приготування холодних асфальтобетонних сумішей доцільно використовувати емульсії катіонного типу.

Відомо використання дорожнього асфальтобетону регенованого, як основного матеріалу, з додаванням деякої кількості мінерального компоненту та пластифікаторів, а також як добавки до суміші з нових матеріалів [3]. У деяких випадках він застосовується і без додавання в'язучого або інших складових, якщо його фізико-механічні властивості відповідають технічним вимогам. Ефективним способом покращення властивостей покриттів, влаштованих з холодних бітумомінеральних сумішей, та підвищення їх міцності і водостійкості, є спосіб введення до складу мінеральної частини таких активуючих добавок, як вапно або цемент [4]. Старий асфальтобетон, вилучений із покриття без добавок, після дроблення, можна використати для влаштування основи, для верхнього і нижнього шарів дорожніх покриттів.

В Україні склалися сприятливі умови для появи та застосування регенованого асфальтобетону із використанням холодної технології, в тому числі, на основі в'язучого із спіненого або емульгованого бітумів. Висока економічна ефективність даного матеріалу, в умовах недостатнього фінансування, робить актуальним завдання із проектування його складу, вивчення властивостей та технології влаштування покриттів такого типу. Особливо це питання важливе для місцевих доріг.

Дослідженням холодних комбінованих асфальтобетонних сумішей в Україні займаються ряд вчених, таких як Головка С.К., Говоруха О.В., Доценко В.М., Думанський А.М., Жданюк В.К., Журавський Д.Л. та ін. [5,6]. За кордоном для регенерації, в основному, застосовується подрібнений старий асфальтобетон, що піддається дробленню в дробильних установках після зняття з дорожніх покриттів або використовується матеріал після холодного чи гарячого фрезерування. Способи і прийоми регенерації старого асфальтобетону вибираються в залежності від місцевих умов, наявності устаткування, палива, теплоносія і т.д. На сьогодні необхідний такий спосіб регенерації асфальтобетону, що дозволив би одержувати однорідний матеріал із заданими властивостями, його можна було б укласти не тільки в нижній шар або в основу, але й у верхній шар покриття. Для цього насамперед потрібно знати склад старого асфальтобетону і вводити

пластифікатор для «омолодження» постарілого бітуму [7]. Виготовлення органо-мінеральних сумішей із фрезерованого матеріалу має

проводитись на промисловій базі, яка оснащена змішувачем примусової дії, відділеннями для складування мінеральних матеріалів, ємністю для зберігання мінеральних та органічних в'язучих матеріалів та відповідними дозаторами.

Таким чином, вивчення питання і проведення експериментальних досліджень по підборі (проектуванню) комбінованих холодних сумішей на основі відпрацьованого (регенерованого) асфальтобетону є важливим. Кожна з областей України має значні кількості фрезерованого матеріалу, який використовується не в повній мірі, та є дорожні організації, що можуть виготовляти такі суміші. Тому виникає необхідність широко пропагувати і пропонувати впроваджувати комбіновані холодні асфальтобетонні суміші для цілорічного ремонту автомобільних доріг.

Постановка завдань. З метою забезпечення якісного ямкового ремонту, в тому числі і в складних погодних умовах, та оперативного відкриття руху автомобільного транспорту, необхідно розробити комбіновані холодні асфальтобетонні суміші тривалого зберігання, які б забезпечували високі показники міцності та водостійкості укладеного матеріалу.

Викладення основного матеріалу. Для проведення експериментальних досліджень застосовано катіонну полімер-модифіковану бітумну емульсію виготовлену на окисленому бітумі БНД 60/90. Вміст бітуму – 60% мас.ч., полімерний модифікатор типу S-B-S–3 % мас.ч., зчеплення з мінеральною частиною–95% мас.ч. Гранулометричний склад холодних асфальтобетонних сумішей відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119.

В роботі використано гранітний щебінь фракції 5-10 мм, його істинна густина становить 2,70 г/см³, насипна густина – 1,40 г/см³, пустотність – 44%, дробимість – 12,3%. Застосовано природній пісок, основні характеристики якого наступні: істинна густина - 2,68 г/см³, насипна густина – 1,63 г/см³, пустотність – 0,8%, модуль крупності – 2,07. Мінеральним наповнювачем служив портландцемент ПЦ-I марки 500. В склад комбінованих холодних асфальтобетонних сумішей входив відпрацьований асфальтобетон. Слід відзначити наявність в ньому гравію в крупному заповнювачі, вміст в'язучого умовно складав 7% від маси всього асфальтобетону, температура розм'якшення - 75⁰С.

Склад асфальтобетонної суміші та її підбір починався з визначення властивостей складових суміші і перевірки відповідності їх нормативам [8]. Для покращення характеристик асфальтобетонної суміші із відпрацьованого асфальтобетону, вводили невелику кількість портландцементу. Вміст портландцементу у всіх складах асфальтобетонних сумішей прийнято в кількості 5%. Підібрані склади холодної комбінованої асфальтобетонної суміші представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Склади холодних комбінованих асфальтобетонних сумішей

Складники	Склади суміші	I	II	III
Відпрацьований асфальтобетон, %		20,00	25,00	15,00
Щебінь фр. 5-10мм, %		40,00	37,30	45,00
Пісок, %		35,00	32,70	35,00
Портландцемент, %		5,00	5,00	5,00
Емульсія бітумна, %		7,67	7,08	8,25

Проведено розрахунок кількості в'язучого в асфальтобетонній суміші трьох складів. Вміст нового в'язучого в асфальтобетонній суміші у % від маси мінеральної частини становить 4,60; 5,25 і 5,95 відповідно для I, II і III складів. Кількість залишкового в'язучого у суміші рівна 1,40%; 1,75% і 1,05%. Сумарний вміст в'язучого – 6% у всіх складах асфальтобетонної суміші. Холодна асфальтобетонна суміш готувалась в лабораторних умовах. Загальний гранулометричний склад підібраної комбінованої холодної асфальтобетонної суміші наведений у табл. 2.

Таблиця 2

Гранулометричний склад холодної асфальтобетонної суміші

Холодні дрібнозернисті суміші	Вміст за масою, % мінеральних зерен, менших даного розміру, мм											
	40	25	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
Тип Бх	100	100	100-95	100-85	100-70	65-50	50-33	39-21	29-14	22-10	16-9	12-8
Тип Вх	100	100	100-95	100-88	100-80	80-65	60-50	49-39	38-29	31-22	22-16	17-12
Суміш І	100	100	99,24	95,14	90,05	55,15	40,76	38,35	28,21	19,84	9,65	8,73
Суміш ІІ	100	100	99,43	96,34	90,21	55,03	41,61	38,97	27,17	18,42	9,96	8,92
Суміш ІІІ	100	100	99,05	94,90	90,92	54,89	40,03	38,19	26,74	17,58	9,13	8,27

В процесі експерименту із запроєктованої комбінованої асфальтобетонної суміші за формовано і досліджено 27 зразків-циліндрів. Перед випробуванням їх зберігали при кімнатній температурі у сухому стані протягом семи днів. Випробування зразків із асфальтобетонної суміші проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-89-99, також вивчали їх властивості. Для визначення середньої густини, водонасичення та набухання проводили серію зважувань зразків: у сухому стані; вологе зважування; сухе зважування після витримання у воді протягом 30 хв.; сухе і вологе зважування водонасичених зразків.

Дані по визначенню границі міцності на стиск зразків із асфальтобетонних сумішей у віці 7 та 14 діб та їх властивості наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Міцність на стиск зразків із холодних асфальтобетонних сумішей та їх властивості

Вид випробування	Склади сумішей		
	І	ІІ	ІІІ
у віці 7 діб			
Стиск при температурі +20 ⁰ С, МПа	2,4	2,4	2,6
Стиск при температурі +50 ⁰ С, МПа	1,3	1,4	1,1
Стиск у водонасиченому стані, МПа	2,9	2,8	2,9
у віці 14 діб			
Стиск при температурі +20 ⁰ С, МПа	2,7	2,6	2,9
Стиск при температурі +50 ⁰ С, МПа	1,4	1,5	1,3
Стиск у водонасиченому стані, МПа	3,1	2,9	3,1
Середня густина, г/см ³	2,24	2,26	2,22
Водонасичення, %	10,4	10,5	8,1
Коефіцієнт набухання, %	0	0	0

Встановлено, що склади асфальтобетонних сумішей у віці 7 діб при вмісті 20% (склад І) і 25% (склад ІІ) відпрацьованого асфальтобетону мають практично однакові показники міцності на стиск при +20⁰С. При температурі +50⁰С міцність зразків із вищевказаних сумішей знижується в 1,8 раз (табл.3). Аналогічна картина спостерігається і через 14 діб випробувань зразків. Склад ІІІ асфальтобетонної суміші, що містить 15% відпрацьованого асфальтобетону має дещо вищу міцність на 7 і 14 добу випробувань, але при підвищенні температури до +50⁰С міцність на стиск знижується порівняно із складами І і ІІ. Як видно із даних випробувань (табл.3), набухання зразків асфальтобетону відсутнє, а водонасичення зростає із підвищенням кількості відпрацьованого асфальтобетону. Слід зазначити, що одночасне використання в асфальтобетонних сумішах портландцементу та органічного в'язучого забезпечує формування такої структури бетону, яка характеризується коагуляційними і кристалізаційними зв'язками. При цьому наявність жорстких та еластичних зв'язків в такому асфальтобетоні зменшує залежність міцності на стиск від температури при відсутньому набуханні при водонасиченні.

Графічна залежність міцності на стиск (7 діб) зразків асфальтобетону представлена на рис.1. Досліджено, що введення до складу суміші відпрацьованого асфальтобетону в кількості 20-25% та

портландцементу (5%) не суттєво впливає на міцність на стиск зразків при +20°C. Середня густина ущільненого матеріалу зростає при збільшенні кількості відпрацьованого асфальтобетону.

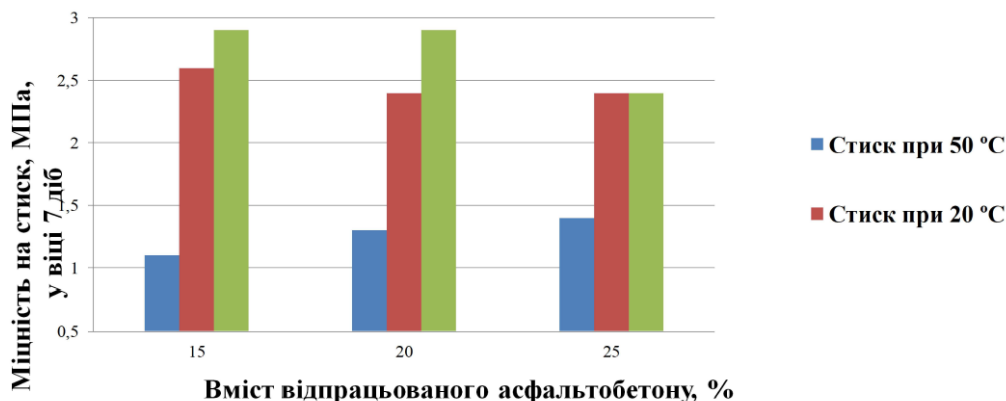


Рис. 1. Залежність границі міцності на стиск (7 діб) від вмісту відпрацьованого асфальтобетону

Результати випробувань зразків із дослідних сумішей комбінованого холодного асфальтобетону порівнювали з нормативними показниками (табл.4). Показано, що вони відповідають вимогам нормативних документів за винятком показника водонасичення у складах із сумішей I і II, що пов'язано із підвищеною пористістю зразків вказаних складів асфальтобетону.

Таблиця 4

Результати випробувань холодного асфальтобетону за нормативними вимогами

Показники	Дослідні суміші			Вимоги за ДСТУ Б В.2.7-119-2011		Вимоги за СОУ 45.2-00018112-061:2011		
	I	II	III	Марка I	Марка II	М 40	М 20	
Водонасичення, %	10,4	10,5	8,1	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 8	
Коефіцієнт набухання, %	0	0	0	≤ 1,0	≤ 1,2	не нормується		
Границя міцності на стиск, МПа (7 діб)	при +20°C	2,4	2,4	2,6	≥ 1,6	≥ 1,5	≥ 4	≥ 2
	при +50°C	1,3	1,4	1,1	≥ 1,9	≥ 1,8	≥ 1,0	≥ 0,8
	у водо-насиченому стані	2,9	2,8	2,9	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 2,8	≥ 1,3

Таким чином, запроектовані та отримані комбіновані холодні асфальтобетонні суміші можуть містити у своєму складі від 15 до 25% регенованого асфальтобетону, потребують подальших досліджень і рекомендуються для ямкового ремонту верхніх шарів асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг, в тому числі, і при від'ємних температурах навколишнього середовища.

Висновки. Запроектовано оптимальні склади комбінованого холодного асфальтобетону із використанням відпрацьованого асфальтобетону (15-25 мас.%) та портландцементу (5 мас.%). Розроблено методику досліджень отриманих складів асфальтобетонної суміші.

Визначено показники границі міцності на стиск зразків-циліндрів із запроектованої суміші та вивчено його властивості (середня густина, коефіцієнт набухання та водонасичення). Знайдена залежність міцнісних характеристик асфальтобетонів у віці 7 та 14 діб від вмісту відпрацьованого асфальтобетону. Наведено результати випробувань дослідних асфальтобетонних сумішей за нормативними показниками.

Повторне застосування регенованого асфальтобетону дає можливість зменшити витрати на придбання бітуму і транспортування дорожньо-будівельних матеріалів на значні відстані. Його використання, як вторинної сировини, може служити додатковим джерелом матеріалів для будівництва дорожніх основ і покриттів та є економічно обґрунтованим. Такі суміші доцільно

застосовувати протягом року, в тому числі і при низьких температурах повітря та підвищеній вологості навколишнього середовища.

Список використаних джерел:

1. Регенерированный дорожный асфальтобетон / Под ред. Сюньи Г.К. – М.: Транспорт, 1984. – 119 с.
2. Sybilski D. Challenges of pavement rehabilitation in Central and Eastern Europe region // Seminar on road pavement recycling. – Warsaw. – Poland. – 2002.
3. Богуславский А.М. Регенерация старого асфальтобетона // Автомобильные дороги. – 1984. – №9. – 12 с.
4. Бычков Р.А., Дараган Н.С., Петрусенко А.С. Утилизация старого асфальтобетона // Автомобильные дороги. - 1983. - №11 - 5с.
5. Жданюк В.К., Володько В.П., Даценко В.М., Даценко В.О., Думанський А.М., Говоруха О.В. Холодні бітумомінеральні суміші для будівництва конструктивних шарів дорожніх одягів // Автошляховик України. – 2005. – №5. – С.37-39.
6. Жданюк В.К., Гнатів М.Я., Говоруха О.В., Іваниця Ю.П. Улаштування шарів дорожнього одягу із застосуванням фрезерованого асфальтового дрібняку // Автошляховик України.- 2003. – №2. – С.30-31.
7. Рекомендації з приготування холодних органо-мінеральних сумішей для цілорічного ямкового ремонту Р В.2.7-03450778-820:2013. – Київ, 2013.
8. ТУ В.2.7-45.2-00018112-240:2004. Суміші холодні дорожні із фрезерованого асфальтобетону. Технічні умови. – К.: Укравтодор, 2005. –15 с.

Рецензенти:

Марущак Уляна Дмитрівна – к.т.н., доцент кафедри будівельного виробництва ІБД, НУ «Львівська політехніка»

Бабаджанова Ольга Федорівна – к.т.н., доцент кафедри цивільного захисту та комп'ютерного моделювання екогеофізичних процесів Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2019