



• © Т.А. Терещенко, канд. хім. наук, пров. наук. співр. (ДерждорНДІ)

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ГАРЯЧОГО РЕСАЙКЛІНГУ ДОРОЖНЬОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Анотація. Розглянуто сучасні завдання технологій гарячого ресайклінгу дорожнього асфальтобетону й основні аспекти виконання процесів гарячого ресайклінгу в установках циклічної і періодичної дії. Також наведено результати досліджень регеноерованого асфальтобетону з високим вмістом ВБС, модифікованого органічними або хімічними добавками.

Ключові слова: асфальтобетонне покриття, гарячий ресайклінг, установки циклічної дії, установки безперервної дії, регеноерований асфальтобетон, добавки для гарячого ресайклінгу при знижених температурах.

Аннотация. Рассмотрены современные задачи технологий горячего ресайклинга дорожного асфальтобетона и основные аспекты проведения процессов горячего ресайклинга в установках циклического и периодического действия. Также приведены результаты исследований регенерированного асфальтобетона с высоким содержанием ВБС, модифицированного органическими или химическими добавками.

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие, горячий ресайклинг, установки циклического действия, установки непрерывного действия, регенерированный асфальтобетон, добавки для горячего ресайклинга при пониженных температурах.

Annotation. This paper reviews the contemporary tasks of hot asphalt concrete recycling technologies and also the basic aspects of batch and drum hot plant recycling. The paper presents also the results of investigation of high RAP asphalt concrete modified by organic or chemical additives.

Key words: asphalt pavement, hot mix recycling, batch plant, drum plant, recycled asphalt concrete, additives for hot recycling at reduced temperatures.

Вступ

Ефективним рішенням проблем економії природних ресурсів і утилізації відходів є впровадження процесів ресайклінгу – повторного використання відпрацьованих матеріалів. Одним із важливих об'єктів ресайклінгу є матеріал асфальтобетонних покриттів. Згідно з даними [1], щорічний обсяг ресайклінгу асфальтобетону у США перевищує загальний обсяг ресайклінгу інших стратегічно важливих матеріалів – алюмінію, пластичних мас, паперу, скла.

Матеріал видалених асфальтобетонних покриттів може бути використаний при виконанні робіт з реконструкції і капітального ремонту автомобільних доріг в якості заповнювача, проте стратегічним напрямом ресурсозбереження в дорожній галузі є застосування такого матеріалу в технологіях гарячого ресайклінгу при виготовленні регеноерованих асфальтобетонних сумішей – РАС. Механічна переробка асфальтобетону дозволяє отримувати високоякісний кондиційний матеріал, який складається з мінеральної частини і бітум-

ного в'язучого і слугує вторинною сировиною, що вміщує бітум (ВБС) для виготовлення РАС. У США у 2011 р обсяг гарячого ресайклінгу асфальтобетону сягнув 66,3 млн т, що забезпечило збереження 3,3 млн т дорожнього бітуму [2].

Протягом тривалого часу рекомендований вміст ВБС у РАС з економічних причин було обмежено значенням 25 %; у деяких випадках – наприклад, при виконанні масштабних проектів – такі обмеження становили 15 %. Поряд із цим у більшості випадків РАС не були рекомендовані для влаштування верхнього шару асфальтобетонних покриттів [3]. У зв'язку зі значним зростанням цін на бітуми (2006 – 2008 рр) і утворенням дефіциту якісних мінеральних матеріалів для дорожнього будівництва пріоритетним завданням технологій гарячого ресайклінгу стало отримання стандартних асфальтобетонів різних марок з підвищеним вмістом ВБС [4].

Розвиток транспортної інфраструктури і необхідність впровадження ресурсозберігаючих технологій в дорожній галузі підвищує актуальність



розглянутих питань для України, у зв'язку із чим у запропонованій статті розглянуто зарубіжний досвід впровадження технологій гарячого ресайклінгу асфальтобетону з виготовленням асфальтобетонних сумішей на заводському обладнанні.

Особливості технологій гарячого ресайклінгу асфальтобетону з виготовленням РАС в установках циклічної і безперервної дії

Ресайклінг дорожнього асфальтобетону з виготовленням РАС на заводському обладнанні (далі – гарячий ресайклінг) надає можливість повного відновлення експлуатаційних властивостей автомобільних доріг з максимальною економією матеріальних і енергетичних ресурсів. Гарячий ресайклінг призначають при виконанні робіт із реконструкції і капітального ремонту доріг. Повний цикл робіт із застосуванням гарячого ресайклінгу складається зі стадій видалення і складування асфальтобетону старого покриття, виготовлення асфальтобетонного грануляту (АГ), виготовлення, укладання й ущільнення РАС [3, 5]. До складу робіт включають також аналіз проб ВБС і підбір складу РАС, характеристики якої повинні задовольняти нормативні вимоги щодо гарячих асфальтобетонних сумішей необхідних марок.

Процедуру підбору складу регенованого в'язучого встановлюють в залежності від вмісту ВБС [6]:

- ВБС < 15 % – показники властивостей регенованого в'язучого прирівнюють до таких показників нового бітуму;
- ВБС 15 – 25 % – новий бітум повинен бути на марку нижчий за потрібну марку регенованого в'язучого (класифікація згідно вимог системи “Superpave” – зниження марки передбачає застосування більш пластичного бітуму);
- ВБС > 25 % – здійснюють підбір складу регенованого в'язучого за спеціальною процедурою.

Виготовлення РАС здійснюють в установках циклічної або безперервної дії. Вихідною сировиною для виготовлення РАС в технологіях гарячого ресайклінгу, які давно застосовуються є кам'яні матеріали, бітум, АГ, за необхідності – добавки-пластифікатори – важкі продукти переробки нафти.

При виготовленні РАС процес встановлення теплової рівноваги, тобто набування однакової температури всіма складовими в змішувачі, потребує інтенсивного теплообміну в зв'язку з високою в'язкістю вторинного бітуму і необхідністю видалення надлишку вологи зі вторинної сировини. У залежності від конструкції в установках для виготовлення РАС реалізується кондуктивний або більш ефективний конвективний теплообмін; у першому випадку теплоносієм є перегрітий кам'яний матеріал, у другому – гарячий газ

(існують також конструкції установок зі змішаним типом теплообміну) [3].

В установках циклічної дії теплоносієм є фракції нового кам'яного матеріалу. Особливістю виготовлення РАС в установках циклічної дії є необхідність надлишкового нагріву кам'яних матеріалів, температура яких повинна забезпечувати розігрів і випаровування вологи із АГ, а також дотримання певних температур виготовлення і вивантаження РАС. Різновиди технологічних схем такого виробництва базуються на різних схемах введення АГ. Одна з впроваджених технологічних схем передбачає попереднє змішування холодного АГ і гарячих кам'яних матеріалів; ця суміш подається до бункера-дозатора змішувача після проходження через грохот, проте стадія просівання знижує максимально можливий вміст АГ і значно обмежує допустимий вміст вологи в ньому в зв'язку з налипанням АГ на сита грохота [3].

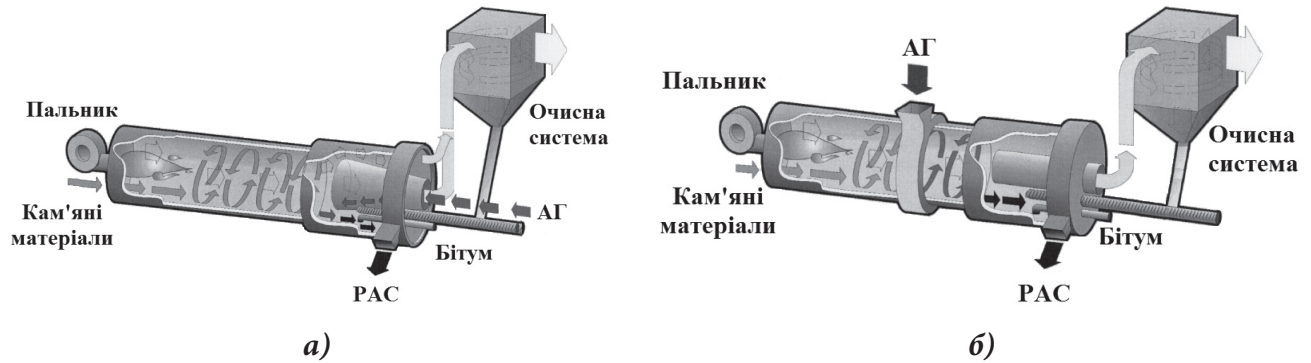
Існує також технологічна схема з дозованою подачею малих порцій холодного АГ безпосередньо до змішувача через бункер-дозатор. Кожна порція АГ завантажується протягом 20 – 30 с. Така схема значно спрощує задачу відведення перегрітої пари зі змішувача, проте збільшує загальну тривалість повного технологічного циклу.

Ефективною є також технологічна схема (“*Maplewood Method*”) з подачею АГ до бункера-дозатора змішувача в послідовності: “гарячий кам'яний матеріал/АГ/гарячий кам'яний матеріал” [3]. У бункері-дозаторі шар АГ прогривається між шарами кам'яних матеріалів перед завантаженням до змішувача. Дана схема також спрощує відведення перегрітої пари зі змішувача, проте технологічний цикл потребує пролонгованого знаходження матеріалів у бункері-дозаторі.

Процес із попереднім розігрівом АГ є найбільш витратним, проте забезпечує максимально можливий вміст АГ при виготовленні РАС в установках циклічної дії.

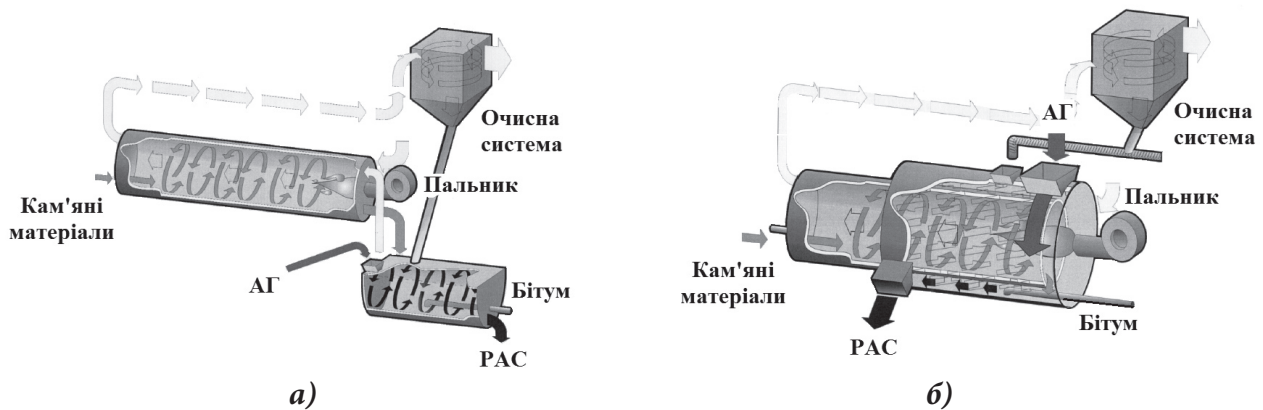
Згідно з даними [3], у зв'язку з введенням вторинної сировини до технологічного процесу, основних конструктивних змін потребує наступне обладнання типових асфальтобетонних заводів циклічної дії:

- сушарки для кам'яних матеріалів і система вентиляції сушарок, які потребують додаткового захисту від впливу високих температур;
- система постачання в'язучого до змішувача, яка має бути обладнана системою подачі добавок;
- бункер для холодних сипких матеріалів, призначений для АГ, конструкція якого має запобігати злежуванню й утворенню поверхневого склепінчастого шару грануляту;
- системи вентиляції бункера-дозатора і змішувача, які потребують додаткового захисту від перегрітої пари, що виділяється при нагріванні АГ.



а) – установка з протилежно спрямованими потоками кам'яних матеріалів і вторинної сировини; б) – установка з односпрямованими потоками кам'яних матеріалів і вторинної сировини

Рис. 1. Схеми основних матеріальних потоків при виготовленні РАС в однобарабаних установках безперервної дії



а) – установка з окремим розташуванням барабанів; б) – установка з розташуванням сушильної і змішувальної секцій за принципом “барабан в барабані” (Double Barrel)

Рис. 2. Схеми основних матеріальних потоків при виготовленні РАС в установках безперервної дії з роздільними секціями сушарки і змішувача

До технологічних факторів, які обмежують максимальний вміст ВБС при виготовленні РАС в установках циклічної дії, належать температура і вологість АГ, а також значення температур виготовлення і вивантаження РАС, які в сукупності потребують певної температури нагріву кам'яних матеріалів. Наприклад, згідно з даними [3] необхідне значення температури нагріву кам'яних матеріалів, що відповідає вмісту АГ 10 %, вологості АГ 0 %, температурі вивантаження РАС 104 °С, становить 121 °С¹. При вмісті АГ 50 %, вологості АГ 5 %, температурі вивантаження РАС 138 °С необхідна температура нагріву кам'яних матеріалів становить 438 °С. Згідно з рекомендаціями *ARRA* (Асоціації з регенерації і відновлення асфальтобетонних покриттів, *Asphalt Recycling & Reclaiming Association*), максимальний вміст ВБС при виготовленні РАС в установках циклічної дії слід обмежувати значеннями 30 % [3].

Виготовлення РАС в установках безперервної дії характеризується низкою переваг:

- застосування більш ефективного теплоносія – газу – уможливіє введення збільшеної кількості АГ;
- продуктивність виробництва не залежить від відносної кількості АГ; на відміну від цього, при циклічній технології збільшення відносної кількості АГ потребує підвищення температури нагріву кам'яних матеріалів і, відповідно, збільшення часу охолодження бункерів гарячих кам'яних матеріалів перед завантаженням нової партії;
- РАС, виготовлені в установці безперервної дії, є більш однорідними, оскільки тривалість перемішування є більшою.

Нижче наведено загальні приклади окремих конструктивних рішень і схеми основних матеріальних потоків для установок безперервної дії. Операції нагрівання і змішування компонентів

¹Значення температури розігріву кам'яних матеріалів наведені для теплових втрат між сушаркою і змішувачем 11 °С.



Таблиця 1

Склад РАС згідно з [9]

№ п.п.	Вміст ВБС, % за масою	Вміст в'язучого, % за масою	Склад, марка нового бітуму*	Вміст вторинного бітуму в регенованому в'язучому, % за масою	Діапазон температур роботи регенованого в'язучого в покритті, °С
1	20	5,6	PG 76-22	18,2	78,1 –30,3
2	20	5,8	PG 67-22	17,6	74,2 –29,7
3	45	4,9	PG 52-28	42,7	74,1 –30,2
4	45	5,1	PG 67-22	41,0	80,9 –26,2
5	45	5,0	PG 76-22	41,9	85,5 –25,7
6	45	4,9	PG 76-22 + 1,5 % Sasobit	42,7	86,3 –24,3

Примітка. *Марки бітуму наведені відповідно до класифікації системи "Suprgrave". Числа є значеннями діапазону температур роботи в'язучого в покритті. Друге число є від'ємним.

в установках безперервної дії суміщають в одному барабані або виконують у роздільних барабанах. В однобарабаних установках пальник газу-теплоносія і лоток завантаження нових кам'яних матеріалів розташовані у верхній частині барабана. Кам'яні матеріали поєднуються з потоком АГ в нижній (рис. 1 а) або у серединній (рис. 1 б) частині барабана.

Змішування гарячих компонентів з новим бітумом і, за необхідності, пластифікатором, а також вивантаження готової суміші відбувається в нижній частині барабана.

У системах з роздільними секціями сушарки і змішувача кам'яні матеріали, розігріті в барабанній сушарці потоком газу-теплоносія, суміщають із холодним або попередньо розігрітим АГ і бітумом в барабані змішувача. З конструкційної точки зору роздільні барабани можуть бути розташовані окремо (рис. 2 а), проте найбільш продуктивною й екологічно безпечною є конструкція "Double Barrel" – "барабан в барабані" (рис. 2 б).

В установці "Double Barrel" кам'яні матеріали нагріваються протилежно спрямованим потоком газу-теплоносія у внутрішньому рухомому барабані і змішуються з АГ і бітумом у зовнішньому статичному барабані. До важливих переваг конструкції "Double Barrel" слід віднести:

- відсутність прямого контакту АГ з газом-теплоносієм, що приводить до значного зниження виділень летких нафтових фракцій бітуму;
- утворення неагресивного середовища водяної пари в змішувальній секції, що значно уповільнює процес окиснення бітуму;
- додаткову теплоізоляцію барабана-сушарки, завдяки чому максимальна температура нагріву кам'яних матеріалів становить ~ 340 °С – на відміну від максимального значення 260 °С для інших конструкцій установок безперервної дії.

Згідно з рекомендаціями *ARRA*, максимальний вміст ВБС при виготовленні РАС в установках безперервної дії становить 50 %, проте положення Кіотського протоколу обмежують впровадження таких технологій [7].

Сучасні завдання технологій гарячого ресайклінгу асфальтобетону

Ключовим напрямом робіт у сфері гарячого ресайклінгу є отримання стандартних асфальтобетонів із вмістом ВБС > 25 %, що потребує вирішення низки завдань, пов'язаних із високим вмістом високов'язкого вторинного бітуму:

- забезпечення інтенсифікації теплообміну при виготовленні РАС;
- забезпечення суміщення нового і вторинного бітумів, що певним чином досягається підвищенням тривалості процесу виготовлення РАС;
- забезпечення належних показників ущільнення асфальтобетону.

Можливості інтенсифікації теплообміну шляхом підвищення температури теплоносія є обмеженими. Альтернативним підходом є зниження технологічної в'язкості в'язучих без підвищення температури виготовлення РАС; відповідне рішення полягає в поєднанні технологій гарячого ресайклінгу і технологій виготовлення гарячих асфальтобетонних сумішей при знижених температурах, які базуються на застосуванні органічних або хімічних добавок² [8].

Хімічні добавки знижують технологічну в'язкість в'язучих без зміни лінійного характеру залежності в'язкості від температури; до них віднесені поверхнево-активні речовини (ПАР) і сполучення ПАР з емульгаторами (добавки *Rediset WMX*, *Evotherm ET*, *Evotherm DAT*, *Evotherm 3G*).

Органічні добавки знижують технологічну в'язкість бітумних в'язучих і змінюють лінійний

²Технології, які базуються на збільшенні об'єму (спінюванні) бітумних в'язучих і таким чином забезпечують покриття поверхні мінеральних матеріалів в'язучим при знижених температурах виготовлення РАС, у статті не розглядаються.



характер залежності в'язкості від температури; добавки цього класу є переважно синтетичними восками. У технологіях гарячого ресайклінгу найбільш дослідженою є добавка марки *Sasobit* (виробник – *Sasol Wax*) – синтетичний віск, який відрізняється від парафінових восків у складі бітумів більш високою молекулярною масою і температурою плавлення³.

У 2006 – 2012 рр у Національному центрі технології асфальтобетону, США (*National Center for Asphalt Technology, NCAT*), було виконано проект з дослідження властивостей асфальтобетонів із підвищеним вмістом ВБС [9], у тому числі модифікованих добавкою *Sasobit* (табл. 1), і влаштовано експериментальні секції з укладанням РАС з максимальним розміром зерен мінеральної частини 12,5 мм у верхній шар асфальтобетонних покриттів; значення температур вивантаження РАС із змішувача становили від 143 °С до 160 °С.

У ході лабораторних досліджень згідно з [10] було показано, що асфальтобетони з вмістом ВБС 45 %, у тому числі модифіковані “*Sasobit*”, характеризуються закономірно високими значеннями динамічних модулів пружності E^* при підвищених температурах, а також, за результатами натурних випробувань, забезпечують належні показники IRI і високу колієстійкість покриттів – при накладанні 9,4 млн циклів одноосового навантаження на покриття середньочислові значення глибини колії становили від 1,1 мм до 2,0 мм.

При влаштуванні покриттів було визначено ущільнювальність РАС у вигляді залежності густини асфальтобетону (виміряної на дорозі радіоізотопним методом і обчисленої у відсотках щодо теоретичної густини) від кумулятивного контактного тиску робочого органу котка (рис. 3).

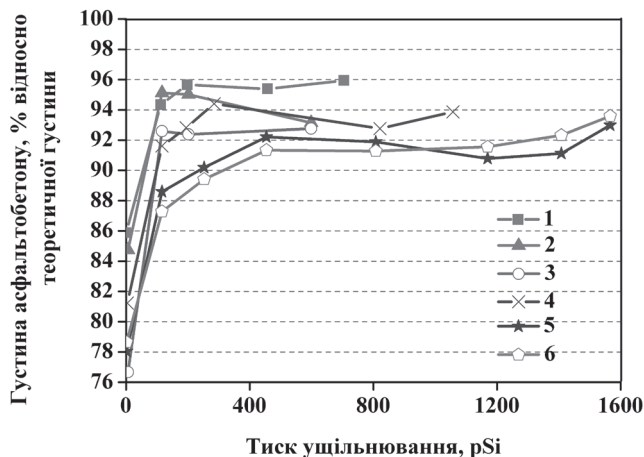


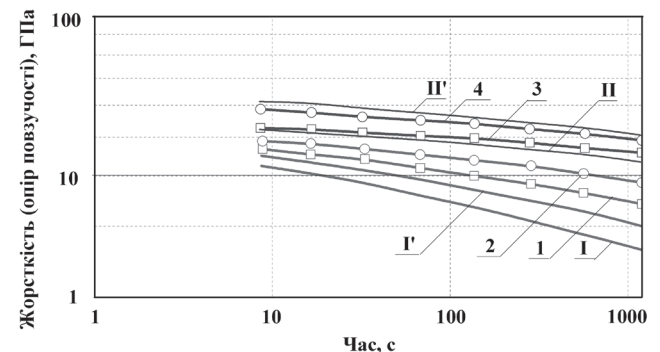
Рис. 3. Залежність густини асфальтобетону від кумулятивного контактного тиску при ущільнюванні РАС №№ 1 – 6 (табл. 1)

³Добавка *Sasobit* в установках циклічної дії вводиться безпосередньо до системи циркуляції бітуму; в установках безперервної дії – через систему подачі АГ або через бункер-дозатор (рекомендовано використання бункерів-дозаторів фібри) у зоні ін'єктування бітуму.

Підвищення вмісту ВБС до 45 % погіршує ущільнювальність РАС і потребує більшої кількості проходів котка для досягнення максимального ущільнення (рис. 3, криві 4; 5; 6); введення “*Sasobit*” в кількості 1,5 % (№ 6, табл. 1) практично не впливає на ущільнювальність РАС (рис. 3, крива 6). За результатами виконання робіт [9] було надано висновок, що при виготовленні РАС з вмістом ВБС > 25 % необхідно використовувати пластичні (м'які) бітуми, оскільки модифікація в'язких бітумів органічними добавками не вирішує важливої проблеми ущільнювальності таких РАС.

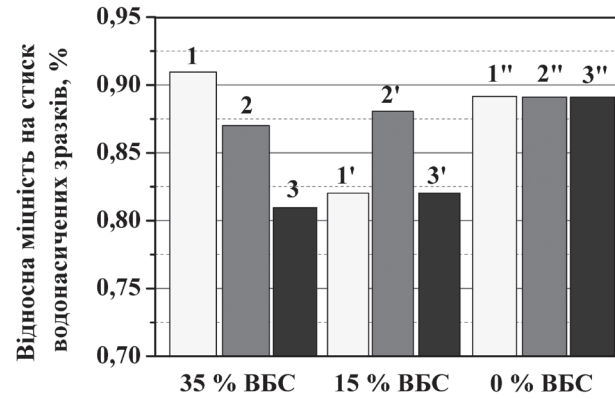
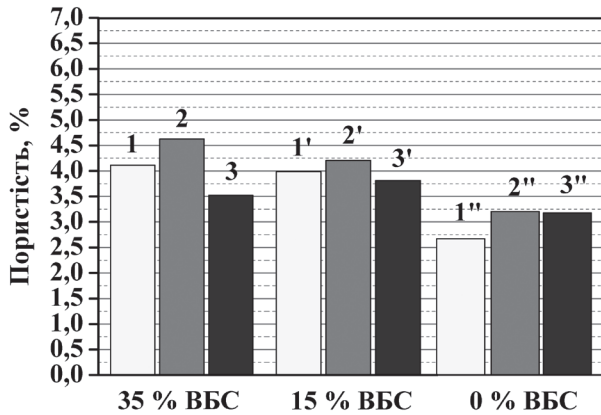
При виконанні проекту [11] (США, шт. Міссісіпі) були досліджені властивості асфальтобетонів з вмістом ВБС 25 % і 50 %, отриманих із застосуванням більш пластичного бітуму марки PG 67-22, модифікованого “*Sasobit*” в кількості 1,0 %. РАС були виготовлені й ущільнені при температурі 160 °С; максимальний розмір зерен мінеральної частини становив 9,5 мм. Випробування методом [12] показали, що при розрахунковій зимовій температурі покриття мінус 24 °С (прийнятій для даного штату) матеріали з вмістом ВБС 25 % і 50 % (рис. 4, криві 3 і 4) задовольняють нормативні вимоги щодо жорсткості (опору повзучості) стандартних гарячих асфальтобетонних сумішей; при температурі мінус 6 °С жорсткість матеріалів (рис. 4, криві 1 і 2) перевищує максимальні допустимі значення.

Показники колієстійкості досліджуваних асфальтобетонів, за умовами підбору складу призначених для середньої інтенсивності транспортного навантаження, задовольняють вимоги до показників



1; 2 – 25 % ВБС і 50 % ВБС при температурі мінус 6 °С, де I; I' – відповідні граничні нормовані значення показника жорсткості; 3; 4 – 25 % ВБС і 50 % ВБС при температурі мінус 24 °С, де II; II' – відповідні граничні нормовані значення показника жорсткості

Рис. 4. Результати визначення жорсткості (опору повзучості) зразків асфальтобетонів, модифікованих “*Sasobit*”, з різним вмістом ВБС при різних від'ємних температурах



1; 1'; 1'' – 0 % модифікаторів (контрольні); 2; 2'; 2'' – 0,4 %; 0,5 %; 0,6 % “Evotherm” відповідно; 3; 3'; 3'' – 1,5 %; 1,75 %; 2,0 % “Sasobit” відповідно

Рис. 5. Вплив складу і вмісту модифікаторів на пористість (а) і відносну міцність на стиск водонасичених зразків (б) регенованих асфальтобетонів з варійованим вмістом ВБС

колієстійкості при високій інтенсивності транспортного навантаження. Водостійкість асфальтобетонів, визначена як відношення значень міцності на стиск зразків у водонасиченому і сухому стані [13], становить 97 – 98 %, що задовольняє нормативну вимогу до цього показника для стандартних гарячих асфальтобетонних сумішей – не нижче ніж 80 %.

Також у ході цього проекту при виконанні випробувань згідно з [14, 15] були досліджені асфальтобетони з вмістом ВБС 50 % на основі бітуму PG 67-22, модифікованого 0,5 % “Evotherm 3G”; було показано, що асфальтобетони такого складу забезпечують належні показники шорсткості та коефіцієнта поздовжнього зчеплення покриття на стадії введення об'єкта до експлуатації. За результатами виконання проекту [11] було надано висновок, що регеновані асфальтобетони з вмістом ВБС 25 % і 50 %, отримані із застосуванням бітуму марки PG 67-22, модифікованого органічними або хімічними добавками, можуть бути рекомендовані для влаштування верхнього

шару асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів нежорсткого типу.

При виконанні проекту [16] були досліджені властивості асфальтобетонів з вмістом ВБС 0 %, 15 % і 35 %, отриманих із застосуванням пластичного бітуму марки PG 64-22, модифікованого варійованою кількістю “Sasobit” або “Evotherm”. Температура виготовлення й ущільнення модифікованих асфальтобетонних сумішей становила 132 °С і 121 °С відповідно, контрольних асфальтобетонних сумішей – 147 °С і 138 °С; максимальний розмір зерен мінеральної частини становив 9,5 мм. Загальні дані щодо складу асфальтобетонних сумішей наведено у табл. 2. Метою цієї роботи було визначення можливості отримання стандартних асфальтобетонів з підвищеним вмістом ВБС без зміни усталеної процедури підбору складу гарячих асфальтобетонних сумішей. При випробуваннях згідно з [17] було встановлено, що підвищення кількості “Sasobit” має позитивний вплив на ущільнювальність РАС, як це видно з порівняння гістограм 1 і 3, 1' і 3' (рис. 5 а). Розбіжність між значеннями пористості модифікованих

Таблиця 2

Склад асфальтобетонних сумішей згідно з [16]

Вміст ВБС, % за масою	Вміст вяжучого, % за масою	Вміст модифікатора, % від маси бітуму
0	5,8	0,4 % Evotherm
		1,5 % Sasobit
		0 %, контрольні
15	5,6	0,5 % Evotherm
		1,75 % Sasobit
		0 %, контрольні
35	5,8	0,6 % Evotherm
		2,0 % Sasobit
		0 %, контрольні



та контрольних зразків становила $\pm 0,5 \%$ при рекомендованому максимальному відхиленні $\pm 0,75 \%$.

Модифіковані асфальтобетони характеризуються належною водостійкістю за показником відносної міцності на стиск (визначено згідно з [13] як відношення значень міцності на стиск в діаметральному напрямку зразків у водонасиченому та сухому стані), нормоване значення якого становить не нижче ніж 0,8; результати таких випробувань наведено на **рис. 5 б**. За результатами цієї роботи було надано висновок щодо можливості отримання модифікованих стандартних асфальтобетонів з підвищеним вмістом ВБС без зміни установленої процедури підбору складу гарячих асфальтобетонних сумішей, а також показано позитивний вплив добавки *Sasobit* на ущільнювальність РАС при застосуванні пластичних бітумів.

Висновки

При розгляді питань впровадження технологій гарячого ресайклінгу у вітчизняній галузі дорожнього будівництва необхідно вирішити такі завдання:

- визначити максимально допустимий вміст ВБС, який дає змогу отримувати стандартні асфальтобетони різних марок без зміни вимог щодо бітумних в'язучих, без застосування пластифікаторів;
- визначити максимально допустимий вміст ВБС, який дає змогу отримувати стандартні асфальтобетони різних марок без зміни вимог щодо бітумних в'язучих, із застосуванням пластифікаторів на основі важких продуктів переробки нафти;
- визначити ефективність застосування різного типу установок для виготовлення РАС опрацьованих складів.

При опрацюванні складу РАС без пластифікаторів доцільно провести дослідження з визначення впливу органічних і хімічних добавок на властивості РАС і регенованих асфальтобетонів.

При опрацюванні складу пластифікованих РАС доцільно визначити можливість пластифікації сумішей шляхом застосування менш в'язких (ніж прийнято для даної марки асфальтобетону) бітумів.

Всі наведені в цьому огляді дані іноземних джерел характеризують регеновані матеріали на основі вторинних дистиляційних бітумів, які можуть відрізнятися за показниками властивостей від вторинних окиснених бітумів. У зв'язку із цим доцільно також провести дослідження з виділенням і випробуванням вторинного і регенованого в'язучого і відпрацювати методику випробувань ВБС у вигляді кондиційної сировини – фракціонованого асфальтобетонного грануляту.

При підборі складу РАС слід враховувати, що характеристики регенованого в'язучого в процесі виготовлення РАС відрізняються від характеристик в'язучого, визначених при лабораторних

випробуваннях, оскільки при виготовленні РАС суміщення первинного та вторинного бітумів є неповним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Santucci, L. Recycling Asphalt Pavement – A Strategy Revisited // Tech Topic, No 8. – P. 1-12.
2. Acott, M. Reclaiming acclaim. Asphalt industry still leads the way in green practice // Roads & Bridges – 2013, February. – P. 4-5.
3. Kandhal P., Mallick R. Pavement Recycling Guidelines for State and Local Governments. FHWA publ. No FHWA-SA-98-042. 1997 (www.fhwa.dot.gov).
4. NCHRP Report No 752. Improved Mix Design, Evaluation, and Materials Management Practices for Hot Mix Asphalt with High Reclaimed Asphalt Pavement Content. National Cooperative Highway Research Program. Project 09-46. Washington DC. – 2013. – 162 p.
5. Сюньи Г.К., Усманов К.Х., Файнберг Э.С. Под ред. проф. Г.К. Сюньи. Регенерированный дорожный асфальтобетон. – М.: Транспорт, 1984. – 118 с.
6. AASHTO M 323 – 04 Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design
7. D'Angelo J., Harm E., Bartoszek J., Baumgardner G., Corrigan M., Cowser J., Harman T., Jamshidi M., Jones W., Newcomb D., Prowell B., Sines R., and Yeaton B. Warm-Mix Asphalt: European Practice. Report No FHWA-PL-08-007. – 2008. – 68 p.
8. Prowell, B.D., Hurley, D.C. Warm-Mix asphalt: Best Practices // National Asphalt Pavement Association. Quality improvement series 125. – 2007. – 45 p.
9. West R., Kvasnak A., Nam Tran, Powell B., Turner P. Testing of Moderate and High Reclaimed Asphalt Pavement Content Mixes. Laboratory and Accelerated Field Performance Testing at the National Center for Asphalt Technology Test Track // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2126, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. – 2009. – P. 100-108.
10. AASHTO TP 62-03: Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot-Mix Asphalt Concrete Mixtures – 13 p.
11. Doyle J.D., Howard, I.L. Laboratory investigation of high RAP content Pavement surface layers. Final Report FHWA/MS-DOT-RD-10-212. – 2010. – 326 p.
12. ASTM D6648:01 Standard Test Method for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer (BBR). – 14 p.
13. AASHTO T 283-03 Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage.
14. ASTM E 2157-09 Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotecture Properties Using the Circular Track Meter.
15. ASTM E 1911 – 09 ae 1 Standard Test Method for Measuring Paved Surface Frictional Properties Using the Dynamic Friction Tester.
16. Solaimanian M., Milander S., Boz I., Stoffels S. Development of Guidelines for Usage of High Percent RAP in Warm-Mix Asphalt Pavements. Report No FHWA-PA-2011-013-PSU 032. – 2011. – 126 p.
17. AASHTO T 340-10 Standard Method of Test for Determining the Rutting Susceptibility of Hot Mix Asphalt Using the Asphalt Pavement Analyzer (APA). American Association of State and Highway Transportation Officials. – 2010. – 14 p.