

УДК 625.7

Савенко В. Я., д-р техн. наук, Мудриченко А. Я.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ З ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛИХ СУМІШЕЙ

**Анотація:** В статті досліджують питання розширення будівельного сезону за рахунок використання теплих асфальтобетонів, які забезпечують достатнє ущільнення при низьких температурах і зменшують пошкодження структури завдяки меншим швидкостям охолодження.

Представлено аналіз впровадження бітуму, модифікованого добавками Sasobit, Evotherm та ін., розроблених для приготування теплих асфальтобетонних сумішей.

**Ключові слова:** бітум, добавки, Sasobit, Evotherm, теплі асфальтобетонні суміші, енергоефективність.

**Abstract:** The article is dedicated to study of the issue of extending of pavement season applying warm asphalt mixtures based on solid hydrocarbons that provide adequate compacting at low temperatures and reduce damage of the structure due to the lower cooling rate.

Presents the implementation of bitumen modified by Sasobit, Evotherm and etc., additives developed for warm asphalt mixes preparation.

**Key words:** bitumen, additives, Sasobit, Evotherm, warm asphalt mixes, energy efficiency.

### Вступ

Існуючі тенденції в будівництві автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям свідчать про економічну доцільність розширення будівельного сезону, а також потребу у завершенні об'єктів будівництва до початку несприятливих погодно-кліматичних умов. У зв'язку з тим, що асфальтобетонне покриття влаштовується на завершальній стадії будівництва автомобільних

доріг, період часу їх влаштування в багатьох випадках припадає на холодніші періоди будівельного сезону. Зменшення впливу швидкого охолодження асфальтобетонної суміші при укладанні асфальтобетонного покриття в холодні періоди будівельного сезону багато дослідників пропонували компенсувати за рахунок влаштування асфальтобетонних шарів збільшеної товщини [1]. Крім того пропонувалися і інші заходи, такі наприклад, як: попереднє прогрівання основи перед укладанням асфальтобетонної суміші в холодний період, укриття поверхні брезентом та ін. Однак деякі з таких заходів є недостатньо технологічними, потребують значних витрат та не завжди дають позитивні результати на практиці.

Одним із способів вирішення питання виконання укладання асфальтобетонних сумішей в холодний період року за допомогою асфальтобетону на в'язких бітумах, а також на бітумах, модифікованих полімерами, які будуть забезпечувати необхідну деформативність при низьких температурах і стійкість утворення залишкових деформацій від дії важких транспортних засобів при високих літніх температурах є використання теплих асфальтобетонів, які забезпечують достатнє ущільнення при низьких температурах і зменшують пошкодження структури за рахунок менших швидкостей охолодження.[4,5]

## **Основна частина**

### **1. Спінювання в'язкого холодною водою або парою**

В основу усіх технологій даної підгрупи покладено процес спінювання шляхом введення холодної води або пари в гарячий в'язкий бітум. Існують декілька способів спінювання бітумів [7]:

- спінювання і розпилення бітуму гарячою водою або парою, отриманими в парогенераторах чи централізовано по системі теплопостачання (диспергаційний спосіб);

- спінювання і розпилення попередньо обводненого бітуму за рахунок збільшення тиску при його нагріванні до температури вище 100 °С в спеціальному герметичному підігрівачі перед подачею в мішалку; в цьому випадку можуть бути використані і необезводнені бітуми (конденсаційний спосіб);

- спінювання і розпилення бітуму гарячою водою і (або) паром, приготування яких здійснюється паралельно з нагріванням бітуму в бітумоплавильному агрегаті пропусканням води по трубчастому теплообміннику.

Для кожного із наведених способів використовується спеціальне обладнання. При реалізації кожного із способів утворюється велика кількість бітумної піни з відносно тривалим періодом розпаду, якого цілком достатньо, щоб забезпечити повне та рівномірне обволікання зерен мінеральних матеріалів тонкими бітумними плівками.

### **Double Barrel Green, Ultrafoam GX, Aquablack WMA, Warm Mix Asphalt System**

У всіх цих технологіях використовуються форсунки певного типу для введення холодної води в бітум. Технологічне обладнання для кожної розроблено різними компаніями. Робота усіх форсунок контролюється комп'ютером для отримання потрібної кількості піни. Введена вода перетворюється на пар, частинки якого швидко проникають в бітум, що призводить до спінення та значного збільшення органічного в'язучого в об'ємі. В процесі цього суттєво знижується в'язкість бітуму, тому рівномірне обволікання частинок мінерального матеріалу може проводитись при нижчих температурах [8].

### **Low Energy Asphalt**

Дана технологія передбачає використання вологого дрібного заповнювача. Економія енергоресурсів реалізується за рахунок того, що для перетворення води на пару необхідно в п'ять разів більше енергії ніж для нагріву мінерального матеріалу до температури 100 °С. Крупні мінеральні матеріали та частина дрібних нагріваються до температури приблизно 150 °С, як і при виготовленні гарячих асфальтобетонних сумішей, а потім перемішуються з органічним в'язучим, яке містить добавки, що покращують адгезію та якість обволікання. Після цього в отриману суміш вводиться холодний та вологий дрібний заповнювач, виконується змішування. Волога, що міститься в дрібних частинках мінерального матеріалу призводить до спінювання в'язучого. Утворена піна забезпечує якісне обволікання бітумом частинок дрібного заповнювачу [8]. Така технологія широко застосовується протягом останніх декількох років, але, не

зважаючи на досить гарні результати, все ж бракує даних по характеру поведінки таких покриттів в країнах з більш помірним кліматом.

### **Low Emission Asphalt**

Дана технологія є подальшим розвитком технології Low Energy Asphalt. В ній застосовується поєднання процесів спінювання з використанням води та хімічних домішок. Технологічна схема процесу наступна: крупні мінеральні матеріали змішуються із органічним в'язучим, яке містить певні хімічні домішки, потім в суміш вводиться вологий пісок, що призводить до утворення піни [9].

### **WAM-Foam**

Наступна технологія дещо відрізняється від інших. В ній реалізована система, що використовує бітуми двох різних марок. В процесі приготування почергово використовуються бітум невисокої в'язкості та спінений високов'язкий бітум. Мінеральні матеріали нагріваються до температури близько 130 °С, потім вводиться бітум невисокої в'язкості, частка якого від загальної кількості органічного в'язучого становить, як правило, 20-30%. Високов'язкий спінений бітум (спінення виконується водою в кількості 2-5% від маси в'язкого бітуму) вводиться в отриману суміш при температурі, що становить близько 180 °С. Обробка кам'яних матеріалів малов'язким бітумом сприяє якісному адсорбуванню в'язучого на поверхні мінеральних матеріалів, що є проблемним для в'язких бітумів при понижених температурах [10].

### **LT Asphalt**

За даної технології процес спінення бітуму реалізується з використанням спеціальних форсунок безпосередньо перед введенням в'язучого в змішувальну установку, в якій знаходяться нагріті до температури 90 °С мінеральні матеріали. Для того, щоб контролювати процес перетворення зв'язаної вологи на піну, вводиться спеціальна гідрофільна добавка в кількості 0,5-1,0% [10].

## **2. Застосування органічних добавок**

В цій групі технологій органічні добавки використовуються для зниження температурних режимів приготування та укладання асфальтобетонної суміші шляхом зниження в'язкості бітуму. В'язкість зменшується при нагріванні вище температури плавлення восків, які вводяться у якості добавки. Це робить можливим приготування сумішей за нижчих температур. При охолодженні і,

відповідно, кристалізації віск підвищує жорсткість бітуму, а отже і опір пластичним деформаціям асфальтобетону.

Дані технології дозволяють суттєво покращити якість отриманого асфальтобетону, тому що в загальному всі технології даної групи передбачають утворення в асфальтобетоні додаткової структурної решітки, яка покращує пружні властивості матеріалу. Крім того, завдяки зниженню температури приготування суміші знижується і рівень окислення в'язучого, що дозволяє підвищити термін служби асфальтобетонного покриття.

Слід серйозно підійти до питання вибору типу воску. Його температура плавлення повинна бути більшою ніж очікувана максимальна температура покриття при експлуатації, в той же час необхідно мінімізувати крихкість асфальтобетону при низьких температурах [10].

### **Sasobit**

Sasobit виробництва компанії «SASOL WAX» являє собою аліфатичний вуглеводень, в якому довжина ланцюга молекул становить 40-115 атомів вуглецю. На відміну від Sasobit довжина молекулярних ланцюгів парафінів, що зазвичай присутні в бітумах, становить 22-45 атомів вуглецю. Цим пояснюється суттєва відмінність фізичних властивостей продукту Sasobit від парафінів, які присутні в бітумах. Температура плавлення становить 85-115 °С. Також для нього характерна висока в'язкість при низьких температурах та низька при високих. В процесі охолодження кристалізація воску починається при температурі 105 °С і закінчується при 65 °С [10].

Об'єднання органічного в'язучого із структуруючою добавкою Sasobit призводить до отримання нового в'язучого, для якого характерний новий комплекс властивостей, що відрізняють його від звичайного бітуму. Отриманий бітум характеризується наявністю в ньому просторової структурної решітки, що утворюється молекулами добавки. Наявність даної решітки обумовлює підвищену еластичність та міцність матеріалу в широкому діапазоні температур.

Добавка Sasobit введена в бітум в кількості 3% з масою бітуму знижує температуру його розм'якшення на 20-35 °С, а penetрація знижується на 15-25·1/10 мм.

### **Asphaltan A та Romonta N**

Asphaltan A та Romonta N – це так звані воски Монтан з температурою твердіння 78 °С та 125 °С відповідно. Це важкі воски, які отримуються в

результаті розчинення певних видів кам'яного та бурого вугілля. Вони мають схожий з воском Фішера-Тропша вплив на асфальтобетонну суміш. Застосовувалися в Німеччині в якості добавки для масткового асфальтобетону, тому що можуть в значній мірі змінювати консистенцію бітуму та покращувати адгезію між органічним в'язучим та мінеральними матеріалами [11].

### **Asphaltan B**

Це очищений віск Монтан, змішаний із амідами жирних кислот. Температура плавлення нижче 100°C [10]. Подібно до восків Фішера-Тропша ця добавка зменшує в'язкість бітуму при низьких температурах, хоча і в меншій мірі, ніж воски Фішера-Тропса. Згідно заявам виробника введення даної домішки дозволяє покращити зручність укладання суміші, покращити опір до коліс утворення та опір до негативного впливу вологи.

### **Licomont BS 100**

Licomont BS 100 – це амід жирних кислот. Ця добавка виробляється штучно шляхом взаємодії амінів та жирних кислот. Температура плавлення як правило становить 140-145 °С, а температура затвердівання – 105-115 °С. Згідно [11] введення даної добавки в органічне в'язуче в кількості 3% підвищує його температуру розм'якшення на 40-45 °С. В процесі охолодження амід жирних кислот також утворюють кристали, які надають бітуму підвищеної жорсткості, а penetрація зменшується на 10-15·1/10 мм [10].

## **3. Використання спеціальних хімічних речовин**

### **Evotherm ET**

В технології Evotherm ET застосовується комплекс хімічних речовин, який складається із емульгаторів та спеціальних добавок, основна задача яких покращити якість обволіканні мінеральних матеріалів, зручноукладальність та ущільнювальність суміші. Добавка Evotherm складає до 30% від маси бітуму і сприяє зниженню його в'язкості при понижених температурах змішування, забезпечуючи повне обволікання мінеральних матеріалів. Ця технологія реалізується з використанням бітумної емульсії. Для мінеральних матеріалів різного походження виробляються різні за своїм складом комплекси хімічних речовин. Основна кількість води, яка наявна в емульсії випаровується в процесі змішування із мінеральними матеріалами. Ця технологія дозволяє зменшити температуру приготування суміші на 30% [10].

### **Evotherm DAT**

За технології Evotherm DAT застосовується той же набір хімічних речовин, але розбавлений невеликою кількістю води, яка вводиться в органічне в'язуче перед змішувальною камерою. Ця технологія дозволяє знизити в'язкість бітуму при понижених температурах змішування, що дозволяє забезпечити повне та рівномірне обволікання мінеральних матеріалів в'язучим. Зниження температури може складати до 30% [10].

### **Evotherm 3G**

Ця технологія є різновидом технології Evotherm, але в своєму складі зовсім не містить води. Добавка "Evotherm-3G" дозволяє випускати асфальтобетон McAsphalt-Evotherm за температури на 50° С нижчій, ніж при приготуванні гарячих асфальтобетонних сумішей, а також замінювати до 45 % мінеральної складової суміші старим подрібненим асфальтобетоном із зношених покриттів [12].

Рекомендовані виробником температури приготування McAsphalt-Evotherm складають 115 - 130 ° С, укладання – 110 - 125 ° С, ущільнення – 105 - 115 ° С. Допускається зниження вказаних температур відповідно до 98 ° С, 92 ° С та 90 ° С.

При використанні стандартного щебеню, піску та мінерального матеріалу вміст добавки "Evotherm-3G" складає 0,3 % від маси бітуму, при частковій заміні мінерального матеріалу старим асфальтобетоном – 0,5 % [12].

Добавка вводиться в бітум за температури 150-165 ° С та перемішується з ним протягом 30 хвилин [12].

Окрім знижених температур та додаткових операцій по додаванню добавки і подаванню подрібненого старого асфальтобетону технологія приготування Evotherm 3G аналогічна приготуванню гарячого асфальтобетону [12].

### **Rediset WMX**

Rediset WMX - це модифікатор реологічних властивостей органічного в'язучого на основі катіонних поверхнево-активних речовин та органічних домішок. Використання цієї технології дозволяє покращити адгезію між в'язучим та мінеральним матеріалом. Інші компоненти даної домішки знижують в'язкість бітуму при нижчих температурах виготовлення суміші. Rediset WMX постачається у вигляді гранулята і не містить в своєму складі води. При введенні даної домішки в кількості 1,5-2% за масою бітуму досягається зниження

температури приготування суміші порівняно із гарячими асфальтобетонними сумішами на 15-30 °С без погіршення їх властивостей.

### **REVIX**

REVIX – це хімічна добавка, яка для зниження температури приготування та ущільнення суміші не використовує спінення, або зниження в'язкості органічного в'язучого. Дана технологія заснована на використанні великої кількості поверхнево-активних речовин, восків, технологічних кислот, полімерів та інших речовин. Вона дає можливість досягти зниження температури в порівнянні із гарячими сумішами на 15-27 °С.

### **Висновки**

Використання технологій теплих асфальтобетонів, що дозволяють знизити температуру приготування гарячих асфальтобетонних сумішей на 20-40°С без погіршення міцнісних характеристик покриття в порівнянні з традиційним гарячим асфальтобетоном, що приготовлений на тому ж бітумі. Це досягається за рахунок відносно нових фізико-хімічних ефектів, що приводять до зниження опору суміші зсуву під час її приготування та ущільнення.

Використання технологій теплих асфальтобетонів дає ряд переваг:

- екологічні аспекти та питання економії енергоресурсів, тобто зниження витрат енергії та зниження викидів CO<sub>2</sub>;
- можливість укладати дорожнє покриття при нижчих температурах і при цьому забезпечувати необхідну щільність покриття;
- можливість транспортувати суміші на довші відстані і при цьому зберігати рухомість при укладанні та ущільненні;
- можливість ущільнювати суміш з меншим зусиллям (за типових умов, а не в холодну погоду або при тривалому транспортуванні);
- включати більшу кількість фрезерованого матеріалу в суміш;
- укладати товсті шари і забезпечувати відкриття дороги для транспорту в найкоротші терміни;
- покращені умови праці робітників, особливо працюючих з литим або мастиковим асфальтобетоном.



### Перелік посилань

1. Губа В.В. Удосконалення технології будівництва асфальтобетонних шарів дорожнього одягу за способом „термоса”//Дис. канд. техн. Наук. Київ, 2006, — 198с.
2. ГБН В.2.3-218-547:2010 «Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах» - К.:2010
3. СОУ 45.2-00018112-020:2007 «Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій» - К.:2007.
4. Радовский Б.С. Прогресс технологий производства теплого асфальтобетона в США// Автомоб. Дороги. – 2011. - №8. – С29-39.
5. Радовский Б.С. Технология теплого асфальтобетона в США// Дорожная техника 2008 с.24-28.
6. Радовский Б.С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США// Дорожная техника 2007 с.26-40.
7. С.Кіщинський, Л. Кириченко, Н.Бондар, Е.Гнатюк, Н.Любченко, Л.Гончар, В.Жданюк, М.Бевзюк Звіт про науково-дослідну роботу “Розробити технологію приготування полімерасфальтобетону з використанням спінених модифікованих бітумів”. Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна, Київ 2007.
8. Perkins, Steven. Synthesis of warm mix asphalt paving strategies for use in Montana highway construction. Montana : the state of Montana, department of transportation, November 2009. final report.
9. Low Emission Asphalt. product home page [http://www.mcconnaughay.com/lowemissionasphalt\\_intro.php](http://www.mcconnaughay.com/lowemissionasphalt_intro.php).
10. D'Angelo, John, et al. Warm-Mix Asphalt: European Practise. American Trade Initiatives. Washington, DC : U.S. Department of Transportation, February 2008.
11. Drüschner, Lotar. Experience with Warm Mix Asphalt in Germany. Sønderborg: NVF-rapporter, 2009. guest report in conference.
12. Кіщинський, Л. Кириченко, І.В. Волошина, Н.Любченко, Н.А. Бондар, Е.Гнатюк Висновок про властивості теплого асфальтобетону McAsphalt-Evotherm з добавкою ”Evotherm-3G”, Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна, Київ 2009.