

УДК 625.85

Б.Ю. Ольховий

Національний транспортний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ЗА РАХУНОК ДОБАВОК, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ УКЛАДАННЯ І УЩІЛЬНЕННЯ ГАРЯЧИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

У даній статті досліджено проблеми, що виникають при укладанні асфальтобетонних шарів при низьких температурах навколишнього середовища. Показано на основі теоретичних і експериментальних даних можливість виникнення значних температурних напружень, що можуть виникати одразу після завершення укладання асфальтобетонних шарів і викликати пошкодження асфальтобетонного шару. Розглянуто способи вирішення цих проблем, зокрема за рахунок використання спеціальних добавок.

Ключові слова: довговічність, теплі асфальтобетонні суміші, температурна сегрегація, структуруючі добавки, укладання асфальтобетонних шарів при низьких температурах повітря.

Актуальність

Технологічність укладання і ущільнення гарячих асфальтобетонних сумішей в першу чергу зумовлено можливістю розподілу, попереднього ущільнення вібротрамбуючими органами асфальтоукладальника та остаточного ущільнення котками асфальтобетонного шару до необхідного рівня. Ущільнення до необхідного рівня можливе лише за умов, що технологічні операції укладання і ущільнення асфальтобетонної суміші будуть здійснені при відповідних температурах, що сприятимуть формуванню структури асфальтобетону необхідної щільності.

Як показує досвід експлуатації асфальтобетонного покриття однією з не вирішених проблем на сьогоднішній день залишається передчасне викришування та утворення ямковості. Поява ямковості значно знижує безпеку і комфортність руху, а також впливає на суттєве зниження довговічності всієї конструкції дорожнього одягу.

Сучасні дослідження свідчать [5], що передчасна ямковість на асфальтобетонному покритті у більшості випадків з'являється внаслідок недоущільнення покриття, що є причиною зменшення міцності та недостатньої водо- і морозостійкості асфальтобетону. Так зменшення щільності асфальтобетону на 4% може зменшувати міцність асфальтобетону до 40% [5]. За даними багатьох вчених різних країн більше 50% таких руйнувань пояснюється недостатнім ущільненням асфальтобетону, зумовленим низькою температурою асфальтобетонної суміші [6, 3].

Температурна сегрегація асфальтобетонних сумішей як основний чинник недоущільнення асфальтобетонного покриття

Під час транспортування асфальтобетонної суміші в кузові самоскида її поверхневий шар та суміш в місцях контакту її з металевим кузовом значною мірою остигає швидше ніж середня частина суміші. За рахунок цього відбувається нерівномірне охолодження у вигляді своєрідного температурного розшарування. Це явище має характер технологічної спадкоємності і впливає відповідним чином на подальші технологічні операції та якість асфальтобетонного покриття. Такий ефект температурного розшарування названо температурною сегрегацією [11, 15, 22]. Так температура в кузові автосамоскида в різних точках може мати перепад до 50°C (Рис. 1). Низька теплопровідність асфальтобетонної суміші приводить до того, що охолоджені до температури 70 - 80°C конгломерати асфальтобетонної суміші, попадаючи під плиту асфальтоукладача, не розігріваються до температури основної маси асфальтобетонної суміші (Рис. 2). Це призводить до нерівномірного ущільнення асфальтобетонної суміші. Такі недоущільнені місця в подальшому будуть мати схильність до збільшеного водонасичення, зменшеної морозостійкості і довговічності, а через 1-2 роки експлуатації можуть утворювати вибоїни [11, 22]. Крім того, під час укладання суміші може відбуватися суттєве швидке охолодження крайок суміжних смуг, що укладаються декількома укладачами (в прохолодну та вітряну погоду). Це також є фактором, що призводить до температурної сегрегації укладеного шару і створює місця з температурою суміші, нижче якої не досягається її повноцінне ущільнення.

На практиці явище температурної сегрегації намагаються уникати за рахунок застосування великовантажних транспортних засобів з кузовами, що обігріваються, а також шляхом закриття кузовів технічними засобами, що запобігають охолодженню асфальтобетонної суміші під час

транспортування. В той же час такі заходи не завжди ефективні та не повною мірою забезпечують однорідність температури при укладанні асфальтобетонної суміші, особливо, коли суміш транспортується на значні відстані. Також у випадках, коли укладання здійснюється в стиснених умовах без закриття руху на автомобільній дорозі, або у міських умовах при заторах на дорогах та вулицях, відбувається неритмічне постачання суміші автосамоскидами та створюються довгі черги перед асфальтоукладачами. Довготривале перебування асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида під час заторів та довгих черг створює оболонку суміші різної товщини з температурою, що є нижче допустимої для укладання. Потрапляння такої оболонки в асфальтоукладач практично не дозволяє вирівняти температуру суміші за рахунок переміщення і перемішування суміші шнеками асфальтоукладача. Зменшенню таких проблем сприяє застосування перевантажувачів асфальтобетонної суміші, які в певній мірі дозволяють краще вирівняти неоднорідні температурні поля в асфальтобетонній суміші, що укладається [11, 15, 22]. Однак неритмічність постачань і значні проміжки при заповненні бункерів асфальтоукладача сумішшю призводять до температурної сегрегації укладеної суміші (Рис. 2).

Таким чином, температурна сегрегація є майже постійним супутником укладання асфальтобетонних сумішей і потребує застосування додаткових більш радикальних заходів для уникнення недоуцільнення асфальтобетонного покриття під час його влаштування.

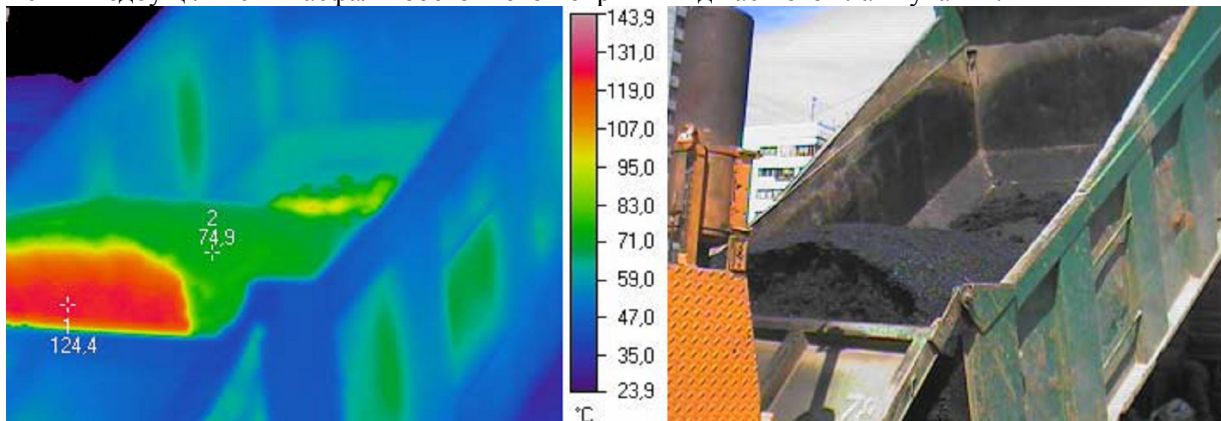


Рис. 1. Перепад температур в асфальтобетонній суміші в кузові автосамоскида[22]

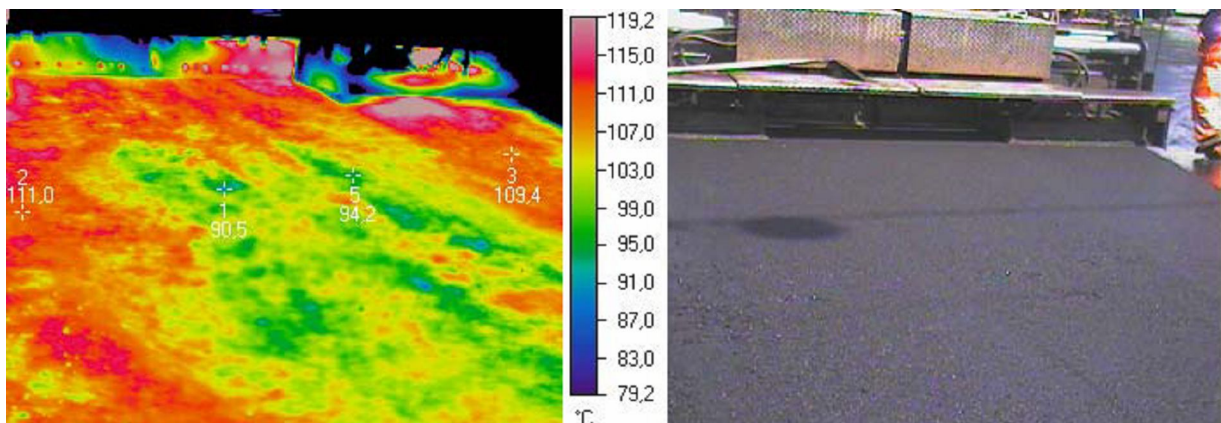


Рис. 2. Температурна сегрегація в укладеному шарі[22]

Особливості влаштування асфальтобетонного покриття при низьких температурах навколишнього середовища

Особливо гостро проблема недоуцільненості асфальтобетонних шарів проявляється коли асфальтобетонні суміші укладаються при несприятливих погодних умовах. Укладання при понижених температурах навколишнього середовища значно скорочує час ущільнення, що не дає можливості встигнути ущільнити асфальтобетонну суміш до необхідних коефіцієнтів ущільнення [5].

Дослідженнями В.Б. Пермякова [8] встановлено, що навіть при досягненні коефіцієнтів ущільнення 0,995 – 0,996 за допомогою важких котків при ущільненні остиглої нижче норми асфальтобетонної суміші, асфальтобетон не буде мати необхідної міцності. Вірогідніше всього, що

це пов'язано із порушенням структури асфальтобетону за рахунок дезінтеграції зерен мінеральної частини.

На тривалість допустимого укладання і ущільнення асфальтобетонної суміші впливає багато факторів таких як початкова температура суміші, температура основи, товщина шару, температура навколишнього середовища, сила вітру та інші. Так, наприклад, збільшення швидкості вітру до 15 м/с при влаштуванні шару товщиною 5 см може зменшити час для укладання і ущільнення на 50% [5].

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 погодних 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 [2]. Крім того пропонувалися і інші заходи, такі наприклад, як: попереднє прогрівання основи перед укладанням асфальтобетонної суміші в холодний період, укривання поверхні брезентом та ін.

Однак деякі з таких заходів є недостатньо технологічними, потребують значних витрат та не завжди дають позитивні результати на практиці. Так, наприклад, укладання асфальтобетонного покриття значної товщини при низьких температурах дозволяє встигнути ущільнити верхню частину шару, яка одночасно швидко і охолоджується. Для подальшого ущільнення середньої і нижньої частини цього шару необхідно здійснити додаткові проходи котків, які можуть руйнувати ущільнену і охолоджену оболонку на не ущільненому і податливому шарі асфальтобетонної суміші, що ще має високу температуру. На рис. 3 показано руйнування верхньої оболонки покриття у вигляді волосяних мікротріщин при укладанні шару із гарячого асфальтобетону (температура початку ущільнення 160 °С) товщиною 12 см при температурі навколишнього середовища мінус 12 °С в м. Києві при влаштуванні тимчасового проїзду транспортної розв'язки на перетині бульвару Дружби народів та Наддніпрянського шосе.



Рис 3. Руйнування верхньої оболонки покриття у вигляді волосяних мікротріщин

Застосування добавок, що забезпечують технологічність укладання і ущільнення гарячих асфальтобетонних сумішей для підвищення якості асфальтобетонного покриття

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 так званого теплого асфальтобетону. Як відомо, такі асфальтобетони з'явилися останні роки завдяки використанню спеціальних речовин, які при технологічних температурах дозволяють значно знизити консистенцію в'язкого бітуму або бітуму модифікованого полімерами. Інформація про такі матеріали вже широко висвітлена в публікаціях Б.С. Радовського, Е.І. Кошмана, С.В. Кіщинського, Н.В. Радькова, О.І. Старостіної, Т.А. Числової, А.В. Бусела та багатьох інших [7, 10, 12].

Традиційну гарячу асфальтобетонну суміш на в'язких бітумах виготовляють при температурі 140 – 170 °С. Суміш укладають і починають ущільнювати при 120 – 150 °С, коли вона

ще рухлива. При використанні сумішей на в'язкому, модифікованому добавками полімерів бітумі, зазначені температури на 20 - 40 °С вище. Технології теплих асфальтобетонів дозволяють знизити технологічні температури асфальтобетонної суміші, що готується на в'язкому модифікованому або не модифікованому бітумі на 20 – 50 °С без погіршення характеристик міцності покриття в порівнянні з традиційним гарячим асфальтобетоном, приготованим на тих же бітумах. Це дає можливість істотно зменшити темпи охолодження суміші при низьких температурах і встигнути провести повноцінне ущільнення асфальтобетонних сумішей за рахунок розширення температурного діапазону ущільнення в бік більш низьких температур.

Ефект зниження технологічних температур досягається за рахунок використання різних підходів, способів і технологій, серед них: введення органічних добавок, що знижують в'язкість, в бітумне в'язуче або безпосередньо у асфальтобетонну суміш; використання піноутворювачів; використання бітумних емульсій.

В Україні найбільшого розповсюдження набуло використання спеціальних добавок, що мають широкий спектр дії, таких як структуруючі добавки на основі органічних кислот та їх похідних [9]. Для забезпечення ефективності застосування таких добавок основний компонент – віск, повинен бути твердим при найбільш високій температурі експлуатації асфальтобетонного покриття, але при температурі, що вище за максимальну температуру експлуатації, такий віск повинен плавитися і ставати рідким, досягаючи текучого стану з в'язкістю близько 10^{-2} Па·с. При цьому, це зменшує в'язкість суміші, таким чином забезпечуючи виробництво і укладання асфальтобетонних сумішей при нижчих для традиційних гарячих асфальтобетонів температурах [18]. Охолоджуючись в процесі ущільнення та вистигання, добавки кристалізуються і виконують роль відносно маломіцного наповнювача [9].

Серед органічних добавок для пониження технологічних температур асфальтобетону на ринку представлені наступні: Licomont BS 100, Sasobit, Asphaltan B, CECABASE RT, Rediset WMX 8017. Licomont BS 100 (виробник німецька компанія Clariant) - це низькомолекулярний модифікатор на основі жирних кислот, амідний віск, тобто продукт реакції суміші довголанцюгових жирних кислот з аліфатичними діамінами. Температура плавлення знаходиться в межах 141-146°C. Оптимальною кількістю модифікатора є 3% від маси бітуму [20, 27]. Sasobit (виробництво Sasol Wax, Південно африканська республіка) – це синтетичний парафіновий віск, кристалічний аліфатичних вуглеводень, який отримується при газифікації вугілля в процесі синтезу Фішера-Тропша (ФТ). Існує деяка різниця між бітумінозними восками природного походження і восками ФТ в їх структурі і фізичних властивостях. Віск ФТ має більші довжини ланцюгів і більшу чистоту кристалічної решітки. Довжина ланцюгів вуглеводнів в Sasobit знаходиться в діапазоні 40-115 вуглеводневих атомів, в той час як довжини ланцюгів натуральних бітумінозних парафінів в бітумі від 22 до 45 вуглеводневих атомів. Це призводить до того, що воски ФТ мають більшу температуру плавлення. Точка плавлення Sasobit знаходиться в межах 99°C, він повністю розчиняється в бітумі при температурах вище 115°C. При температурах нижчих за точку плавлення Sasobit формує структуру кристалічної решітки у в'язучому. Рекомендоване дозування Sasobit 3% від маси бітуму [27]. Asphaltan B (компанія Romonta GmbH, Німеччина) □ це суміш речовин, основана на буровугільному воску і більш високих вуглеводнях. Точка плавлення Asphaltan B приблизно 99°C. Дія Asphaltan B подібна до дії восків Фішера-Тропша [27]. CECABASE RT (CECA, філіал концерну ARKEMA, Франція) – це поверхнево активні полімерні добавки [14, 21, 23]. Rediset WMX 8017(компанія Akzo Nobel, Швеція) – це комплексна добавка на основі синтетичного воску, катіонних ПАВ та модифікаторів. Температура плавлення 80-90 °С. Рекомендоване дозування 1-3%.

Досвід показує, що використання теплового асфальтобетону вимагає ретельного проектування його складу із додатковою перевіркою параметрів температурного режиму ущільнення, а також його стійкості до накопичення залишкових деформацій при високих літніх температурах. З цією метою в Україні використовується стандарт «Укравтодору» СОУ 45.2-00018112-020:2007 «Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій» [13].

Для успішного застосування технологій теплих асфальтобетонів в Україні для системи «Укравтодор» розроблений нормативний ГБН В.2.3-218-547:2010 «Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах» [1]. В цьому документі передбачено використання добавок, що дають можливість отримувати теплі асфальтобетони, особливо, коли це стосується робіт з укладання асфальтобетонних шарів при низьких температурах навколишнього середовища.

Одним з таких прикладів є укладання асфальтобетонних шарів для тимчасового проїзду транспортної розв'язки на перетині бульвару Дружби народів та Наддніпрянського шосе. Роботи виконувались 28-30 січня 2012 року. Під час укладання були заміряні температури асфальтобетонного шару в процесі укладання, а також протягом остигання асфальтобетонного шару до температури навколишнього середовища. Температура замірялася в трьох точках: на поверхні шару, в середині шару, на межі укладеного шару і основи.

Отримані дані темпів охолодження асфальтобетонних шарів (Рис. 4) показують хорошу кореляцію із даними графіків програмного засобу MultiCOOL [25], а також даними досліджень [5]. Найкраще темп охолодження гарячих асфальтобетонних сумішей незалежно від складу, сили вітру і температури повітря описується експоненційними залежностями. Отриману експериментально криву охолодження гарячої асфальтобетонної суміші порівнювали із темпом охолодження теплового асфальтобетону, початкова температура якого 90 °С.

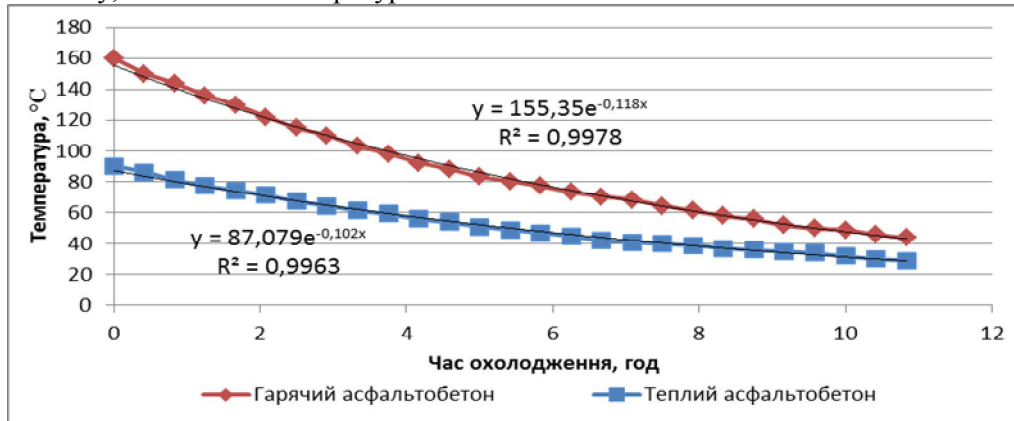


Рис. 4. Темп остигання асфальтобетонних шарів в залежності від початкової температури

Високі темпи охолодження можуть викликати значні температурні напруження в асфальтобетонному шарі, що може призвести до виникнення мікротріщин, макротріщин і пошкодженості структури асфальтобетону. Для того щоб спрогнозувати можливі температурні напруження в асфальтобетонному шарі, що охолоджується скористалися інтегралом Больцмана-Вольтера, що є найбільш загальною формою зв'язку між напруженням, деформацією і часом в теорії термо-в'язко-пружності. На основі цієї залежності і отриманих експериментально функцій релаксації асфальтобетону були знайдені температурні напруження (Рис. 5), що виникають в шарі щойно укладеного асфальтобетону при його остиганні до температури навколишнього середовища.

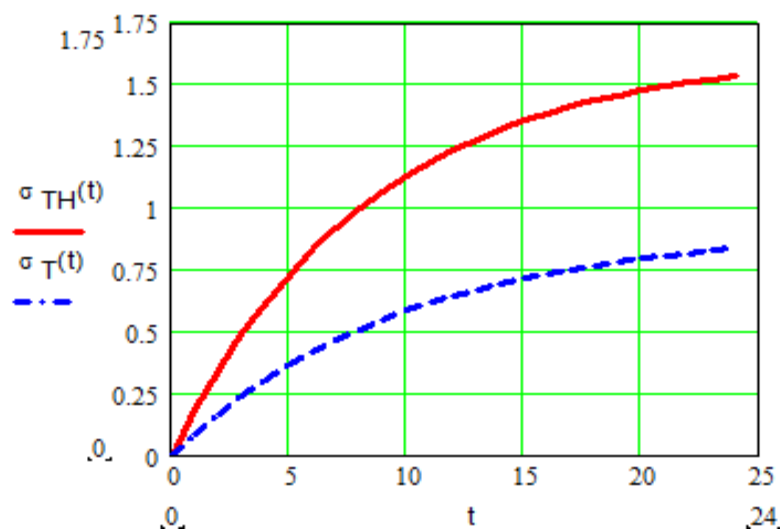


Рис. 5. Виникаючі температурні напруження при охолодженні шару асфальтобетону до температури навколишнього середовища: — — — температурні напруження в покритті із гарячого асфальтобетону при початковій температурі 160 °С ($\sigma_{ТН}(t)$); - - - температурні напруження в покритті із гарячого асфальтобетону при початковій температурі 90 °С ($\sigma_{Т}(t)$)

Отримані результати свідчать, що можливі температурні напруження у шарі асфальтобетону, який охолоджується від початкової температури 160 °С, в 1,8 рази більші за температурні напруження, які виникають в шарі асфальтобетону, що охолоджується від початкової температури 90 °С. Таким чином, зменшивши початкову температуру остигання асфальтобетону, тобто зменшивши темпи остигання шару, можна досягти менших температурних напружень у шарі.

Висновки

Як показує досвід, однією з невирішених проблем на сьогодні залишається виникнення передчасної ямковості асфальтобетонного покриття, що є наслідком недоуцільнення асфальтобетону. Однією з причин недоуцільнення є температурна сегрегація асфальтобетонних сумішей, що постійно супроводжує процес укладання асфальтобетонних шарів, особливо під час виконання робіт за умов понижених температур навколишнього середовища. Іншою причиною передчасного руйнування асфальтобетонних шарів може бути виникнення температурних напружень внаслідок високих темпів охолодження асфальтобетонного шару.

Одним із найбільш ефективних способів вирішення таких проблем є застосування спеціальних добавок, що забезпечують технологічність укладання і ущільнення гарячих асфальтобетонних сумішей. Гарячі асфальтобетони із застосуванням таких добавок прийнято називати теплими. Їх застосування при влаштуванні покриття автомобільних доріг може давати ряд технічних переваг в порівнянні із застосуванням традиційних гарячих асфальтобетонних сумішей [16, 17, 19, 24, 26].

Технології теплих асфальтобетонів дають можливість отримувати якісні і довговічні асфальтобетонні покриття, а також зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Технології теплих асфальтобетонів потребують також подальших досліджень і апробацій. При дослідженнях потрібно звернути увагу на те, що кожен вид технології, а також кожна добавка повинна бути сумісна із вихідним бітумом, кам'яними матеріалами, а також з іншими можливими модифікаторами.

1. ГБН В.2.3-218-547:2010 «Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах» - К.:2010
2. Губа В.В. Удосконалення технології будівництва асфальтобетонних шарів дорожнього одягу за способом „термоса”//Дис. канд. техн. Наук. Київ, 2006, — 198с.
3. Жданюк В.К., Шевченко В.П., Масюк Ю.А., Завадський М.В., Павловський С.Ц., Бублик А.Ф. Особливості технології аварійного ремонту асфальтобетонних покриттів у зимовий період із застосуванням холодних ремонтних сумішей // Автошляховик України. – 2007. - № 1. С. 25 – 28.
4. Золотарев В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов. Х.:Вища школа. 1977,116с
5. Зубков А.Ф., Однолько В.Г. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. М.: Машиностроение, 2009. – 224с.
6. Как уплотняют асфальтобетон. П.В. Рапопорт, Н.В. Рапопорт, О.Г. Таскаев// Автомобильные дороги. - 2009. - N 8. - С. 56-60
7. Мозговий В.В., Герасимов В.В., Онищенко А.М., Аксьонов С.Ю. Досвід застосування вітчизняного модифікатора бітуму К-1, який покращує якість асфальтобетонного покриття// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво.-2008.-Вип.75 - С.40-45.
8. Пермяков, В.Б. Обоснование величины контактных давлений для уплотнения асфальтобетонных смесей / В.Б. Пермяков, А.В. Захаренко // Строительные и дорожные машины. – 1989. – № 5. – 12–13 с.
9. Р В.2.7-218-02071168-740:2008 Рекомендації по використанню в бітумних в'язучих енергозберігаючих добавок для виготовлення та ущільнення асфальтобетонних сумішей.
10. Радовский Б.С. Прогресс технологий производства теплого асфальтобетона в США// Автомоб. дороги. - 2011. - №8. - С. 29-39.
11. Радовский Б.С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США// Дорожная техника 2007 с.26-40.
12. Радовский Б.С. Технология теплого асфальтобетона в США// Дорожная техника 2008 с.24-28.
13. СОУ 45.2-00018112-020:2007 «Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій» - К.:2007
14. Сташира Р. Специальные добавки для повышения эффективности применения асфальтобетонов за счет снижения энергозатрат и температур при производстве и укладке с.280-284 СБ ТРУД к 80 БЕЛДОРНИИ.
15. Blazejowski K. SMA. Teoria i praktyka. Rettenmaier Polska sp. z o.o., Warszawa, 2007, 620p.

16. J. Keith Davidson P.Eng. Warm asphalt mix technology an overview of the process in Canada. Warm Asphalt Technology as a Sustainable Strategy for Pavements Session Of the 2008 Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Toronto, Canada 2008.
17. Koenders, B.G., D.A. Stoker, C. Bowen, P. de Groot, O. Larsen, D. Hardy & K.P. Wilms. Innovative processes in asphalt production and application to obtain lower operating temperatures. 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona, Spain September 2000.
18. Soenen, H., Tanghe, T., Redelius, P., De Visscher, J., Vervaecke, F. and Vanelstraete, A. (2008). A laboratory study on the use of waxes to reduce paving temperatures, 4th Eurasphalt and Eurobitume Congress, Copenhagen.
19. Tejash Gandhi. Effects of warm asphalt additives on asphalt binder and mixture properties, In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy Civil Engineering, 2008
20. Модификатор асфальта Licomont BS 100 "Строительство и недвижимость". 15 февраля 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.advis.ru/cgi-bin/new.pl?24010465-82E7-5548-AA6E-54719E4C3B05>.
21. Отчет по научно-исследовательской работе: «Использование добавок SECABASE RT BIO и SECABASE RT 945 для снижения температуры уплотнения асфальтобетона», [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ceca.fr/pdf/EN/bitumen_additives/cecabase_cyrillique/homologation_omsk_seka_rt.pdf.
22. Повышение долговечности дорожных покрытий на основе внедрения технологии применения антисегрегационных перегружателей Shuttle buggy, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.roadtec.ru>
23. Cecabase RT® Warm Mix Asphalt, [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.arkema.com/sites/group/en/innovation/our_solutions/cecabase_rt_warm_asphalt_mix.page.
24. John D' Angelo, Eric Harm, John Bartoszek, eds. U.S. Department of Transportation American Association of State Highway and Transportation Officials National Cooperative Highway Research Program "Warm-Mix Asphalt: European Practice", <http://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl08007/pl08007.pdf> (accessed July 16, 2011)
25. Multilayer Pavement Cooling Simulator, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hotmix.org/images/stories/multicool.zip>
26. Olof Kristjansdottir, "Warm Mix Asphalt for Cold Weather Paving", <http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/650.1.pdf> (accessed July 16, 2011).
27. Warm mix asphalt: european practice. Publication no. FHWA-PL-08-007, US Federal Highway Administration, February 2008 [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.international.fhwa.dot.gov.