УДК 625.852

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТИКСОТРОПІЇ НА ЯКІСТЬ ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

С.А. Баран, асист., В.М. Бондар, асп.,
Національний транспортний університет, м. Київ

Анотація. *Наведено методику оцінювання впливу тиксотропії на якість щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей. Подано результати випробувань, на основі яких розроблено додаткові вимоги до показника стікання в'яжучого ЩМАС залежно від часу витримування в накопичувачі й часу транспортування.*

Ключові слова: *щебенево-мастикова асфальтобетонна суміш, тиксотропія, показник стікання в'яжучого.*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТИКСОТРОПИИ НА КАЧЕСТВО ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

С.А. Баран, ассист., В.Н. Бондар, асп.,
Национальный транспортный университет, г. Киев

Аннотация. *Приведена методика оценки влияния тиксотропии на качество щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Представлены результаты испытаний, на основе которых разработаны дополнительные требования к показателю стекания вяжущего ЩМАС в зависимости от времени выдержки в накопителе и времени транспортирования.*

Ключевые слова: *щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь, тиксотропия, показатель стекания вяжущего.*

EVALUATION OF THE EFFECT OF THIXOTROPY ON THE QUALITY OF TISSUE-MASTIC ASPHALT CONCRETE MIXTURES

S. Baran, T. Asst., V. Bondar, P. G.,
National Transport University, Kyiv

Abstract. *The method of estimating the influence of thixotropy on the quality of crushed stone mastic mixes of asphalt concrete are describes in the given article. The results of the tests on the basis of which additional requirements to the indicator of dripping of the SCMAS binder are developed, depending on the storage time in the drive and the time of transportation.*

Key words: *stone mastic asphalt concrete mixture, thixotropy, indicator of binder drainage.*

Вступ

Відомо, що явище тиксотропії проявляється в розрідженні систем із коагуляційною дисперсною структурою при механічній дії та їх загущенні після її припинення. Тобто це зміна реологічних параметрів системи в часі від інтенсивності дії зсуву або деформації [1].

Саме таке явище при укладанні та ущільненні щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей (ЩМАС) позитивно впливає на ці процеси, а при витримуванні в накопичувачах та при транспортуванні може відігравати негативну роль. Це пов'язано з тим, що мастикова частина має підвищену кількість бітумного в'яжучого і за високих технологічних температур дія гравітації при зберіганні

в накопичувачах та вібрації під час транспортування призводить до її стікання з поверхні щебеню. Внаслідок цього відбувається розшарування суміші та утворення дефектів на покритті (рис. 1). Це може, у свою чергу, призводити до колієутворення на покритті у місцях надлишку в'яжучого, а в місцях його недостачі – до погіршення водо- і морозостійкості [2].

Рис. 1. Стан покриття із ЩМАС при розшаруванні суміші

Для запобігання розшаруванню ЩМАС за складом додають спеціальні структуруючі (стабілізуючі) добавки, які утримують гарячий бітум на поверхні зерен мінерального матеріалу під час їх проміжного зберігання і транспортування, що дозволяє підвищити товщину плівок в'яжучого. Ефективність застосування стабілізуючих добавок оцінюють на основі зарубіжного досвіду і методів випробувань щодо впливу добавок на комплекс показників фізико-механічних властивостей ЩМАС, а також за результатами випробування з визначення показника розшарування суміші та стікання в'яжучого [3–6]. Існуючі методи дозволяють оцінити здатність ЩМАС утримувати бітумне в'яжуче при недовготривалому зберіганні в накопичувальних бункерах і при транспортуванні на відстані до 50 км, однак вони не враховують тиксотропних властивостей, які мають місце за динамічних коливань під час транспортування ЩМАС.

Аналіз публікацій

Для оцінювання розшарування суміші при зберіганні і транспортуванні в різних країнах застосовують кілька видів тестів, серед них: тест на стікання в'яжучого за Шелленбергом і фон дер Веппеном; за американськими нормами AASHTO T 305-97; за Європейськими нормами PN-EN 12697-18; за ZW-SMA – 2001; за ДСТУ Б В.2.7-127 [7, 8].

Випробування на стікання в'яжучого за методом Шелленберга і фон дер Веппена застосовують для оцінювання розшарування суміші при зберіганні, транспортуванні й укладанні. Методика випробувань полягає в тому, що суміш (близько 1 кг) витримують у скляному стакані (800 мл) за температури 170 °С протягом 60 хв у сушильній шафі. Після чого вміст стакана видаляють. Мірою розшарування суміші під час випробувань за даним методом є різниця між початковою і кінцевою вагою наважки суміші, виражена у відсотках відносно початкової ваги.

Американський метод визначення показника стікання в'яжучого, згідно з AASHTO T305-97, застосовують не тільки для ЩМАС, а також для пористих асфальтобетонних сумішей [8]. Випробування виконують шляхом витримування суміші в сушильній шафі за двох температур: за температури виготовлення ЩМАС та за температури на 15 °С вище за температуру виготовлення протягом 60 ± 5 хв. За цим методом показник стікання визначають як відсоток в'яжучого, що залишився в лотку, від загальної маси суміші.

У той же час Європейський стандарт PN-EN 12697-18 передбачає два методи визначення показника стікання [9]: метод кошика і метод Шелленберга.

Метод кошика, відповідно до PN-EN 12697-18 [8], використовують в основному для дослідження показника стікання пористої асфальтобетонної суміші. Враховуючи маленькі отвори перфорації кошика, за цим методом визначають тільки показник стікання в'яжучого, а не мастики. Більше того, при випробуванні з причини зчеплення мастики з волокнами-стабілізаторами забиваються отвори у плиті й випробування стає неможливим. Тому цей метод має обмежене застосування для визначення показника стікання.

Метод Шелленберга, відповідно до PN-EN12697-18 [8], використовують для визначення показника стікання пористих асфальтобетонних сумішей, що містять волокна, та інших гарячих сумішей. Також цей метод застосовують для визначення показника стікання ЩМАС.

Суть методу визначення показника стікання в'яжучого за ДСТУ Б В.2.7-127 [7] полягає у зважуванні залишку бітумного в'яжучого після перекидання склянки із сумішшю, яка перед тим була витримана в сушильній шафі протягом 60 хв за температури 170 °С. Мірою стікання є маса залишків бітуму на склянці після видалення з нього ЩМАС, виражена у відсотковому співвідношенні до маси ЩМАС.

Показник стікання також визначають за методикою згідно ZW-SMA-2001 [8]. Зразки масою близько 1000 г термостатують протягом 60 хв за температури 170 °С. Методика випробування є аналогічною методиці Шелленберга.

Мета і постановка завдання

Мета роботи полягає в експериментальному дослідженні впливу тиксотропії на якість щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей.

Експериментальне визначення впливу вібрації на показник стікання

Мастична частина ЩМАС (суміш бітумного в'яжучого і мінерального порошку і піску та стабілізуючих волокон) являє собою композитний матеріал, що складається з бітумної матриці й відповідних наповнювачів та проявляє характерний для структурованих систем тиксотропні властивості [10–12], внаслідок впливу динамічних коливань при транспортуванні.

Аналіз літературних даних показав, що частота коливання кузова вантажного автомобіля залежно від характеру нерівностей може змінюватися від 2 до 25 Гц, а прискорення може становити від 0,2 до 4 і більше значень прискорення вільного тяжіння [13–15].

Дослідження передбачали вивчення впливу динамічних коливань, що імітують транспортування розшарування та спричиняють тиксотропію щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей.

Методика експерименту полягала в тому, що для аналізу впливу умов транспортування на розшарування суміші були проведені дослідження, які імітували коливання проб ЩМАС, подібні до коливань суміші в кузові транспортного засобу.

Зерновий склад і якість всіх складових матеріалів відповідали вимогам чинних нормативних документів, як стабілізуючі добавки використовувалися целюлозні волокна. Приготування асфальтобетонних сумішей виконували з дотриманням стандартної послідовності технологічних операцій.

Для дослідження впливу динамічних коливань при транспортуванні ЩМАС на її розшарування використовували стандартну методику визначення показника стікання в'яжучого за ДСТУ Б В.2.7-127 [7] з деякими удосконаленнями, які дають можливість імітувати вібрації, схожі за своїми амплітудно-частотними характеристиками на коливання кузова транспортного засобу. Під час проведення випробувань, з метою імітації часу транспортування, створювали відповідний час впливу динамічних коливань протягом різних часових періодів. Амплітудно-частотні характеристики коливання проби ЩМАС змінювали за допомогою амортизаційної системи платформи, на якій закріплювався теплоізольований стакан із пробою ЩМАС. Вимірювання амплітудно-частотних характеристик вібрації виконували за допомогою пристрою вимірювання прискорення і тензометричного комплексу. Під час випробувань застосовували найбільш характерні параметри коливань проб ЩМАС, відповідно до коливань завантаженого кузова автомобіля: частота коливань – від 6 до 10 Гц, макси-

мальне прискорення становить близько 4–5 g. Показник стікання сумішей, які зазнали впливу коливань, визначали згідно зі стандартною методикою [7].

Аналіз результатів випробувань свідчить про вплив на показник стікання як тривалості часу витримки ЩМАС у статичних умовах, так і, особливо, режиму витримки за динамічних коливань. Часову залежність коефіцієнта тиксотропії ЩМАС, приготовленого з використанням бітуму БНД 60/90, наведено на рис. 2.

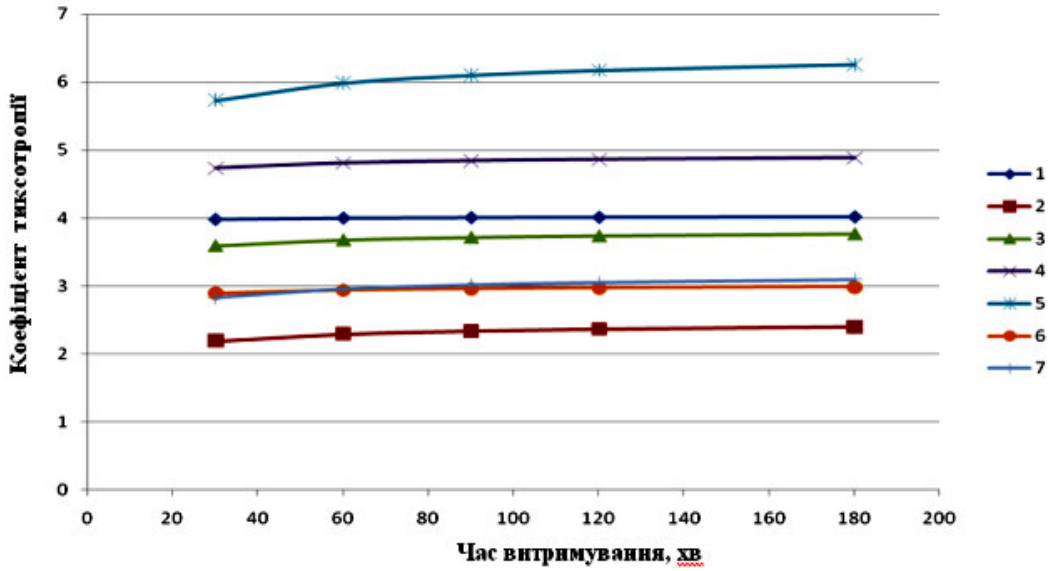

Рис. 2. Залежність коефіцієнта тиксотропії ЩМАС від часу для різних складів ЩМА на бітумі БНД 60/90:1 – ЩМА 10, 7% в'яжучого БНД 60/90; 2 – ЩМА 20, 7 % в'яжучого БНД 60/90; 3 – ЩМА 20, 7 % в'яжучого БНД 60/90 + 3 % Sasobit; 4 – ЩМА 10,7 % в'яжучого БНД 60/90 + 1,5 % Iterlow-T; 5 − ЩМА 20, 7 % в'яжучого БНД 60/90 + 3 % RedisetWMX; 6 − ЩМА 20, 7 % в'яжучого БНД 60/90 + 1,5 % Iterlow-T; 7 − ЩМА 20,7 % в'яжучого БНД 60/90 + 0,3 % WarmMix

За коефіцієнт тиксотропії взято відношення показника стікання в'яжучого протягом певного часу витримки, отриманого за вдосконаленою методикою ($В_{дин}$), до показника стікання за того ж часу витримки, отриманого за стандартною методикою ($В_{ст}$)

$$К_{тст} = В_{дин} / В_{ст,}. \quad (1)$$

Проведені дослідження дозволили розробити додаткові вимоги (включаючи максимальні терміни зберігання в накопичувальному бункері дві години, згідно [7], і взявши максимальний час транспортування годину) до показника розшарування в'яжучого ЩМАС залежно від часу витримування в накопичувачі й часу транспортування, які наведені в табл. 1.

На додачу до цього було використано нову методику. Був виготовлений металевий циліндричний короб висотою 100 см, діаметром 11 см. Потім попередньо термоізольований короб заповнювали ЩМАС за температури випробування. Після чого короб із ЩМАС піддавали впливу динамічних коливань.

Таблиця 1 Вимоги до значення показника стікання в'яжучого залежно від часу витримування в накопичувачі й часу транспортування

Час витримування суміші в накопичувачах, год	Час транспортування суміші, год	Показник стікання в'яжучого, % за масою, не більше
0,5, не більше	0,5, не більше	0,20
0,5, не більше	від 0,5 до 1,0 включно	0,16
від 0,5 до 1,0 включно	0,5, не більше	0,16
від 0,5 до 1,0 включно	від 0,5 до 1,0 включно	0,12
від 1,0 до 2,0 включно	0,5, не більше	0,13
від 1,0 до 2,0 включно	від 0,5 до 1,0 включно	0,09

Після динамічних дій короб розбирався, і суміш у ньому ділилася на верхню і нижню частини, які видалялись із короба. Ці дві частини суміші далі випробовували, щоб визначити показник стікання за стандартною методикою.

Результати визначення показника стікання показали, що показник стікання нижньої частини ЩМАС більше показника стікання верхньої частини ЩМАС і, залежно від гранулометричного складу, вмісту бітуму і стабілізуючих волокон, значення показника стікання нижньої частини збільшується в межах 1,05–1,8 рази, порівняно з верхньою частиною. За результатами випробувань були отримані значення збільшення в 1,05, 1,08, 1,17, 1,23 і 1,8 рази.

Отримані результати експериментальних досліджень свідчать про те, що при транспортуванні деяка частка мастичної складової переміщається в нижню частину суміші, тим самим створюючи неоднорідну суміш за кількістю в'яжучого, що може створити локальні місця з бітумними плямами на поверхні покриття.

Проведені таким чином дослідження впливу динамічних факторів на показник стікання підтверджують роль тиксотропних властивостей мастичної частини на збільшення показника стікання при транспортуванні.

Крім цього, запропоновано визначати однорідність щебенево-мастичної асфальтобетонної суміші за показником стікання, а саме за методом статистичної обробки значень показника стікання в'яжучого щебенево-мастичної асфальтобетонної суміші, який повинен бути не більше 0,20 % за масою. Для цього відбирали 10 локальних проб сумішей в окремих місцях кузова автосамоскида вагою від 2 кг до 3 кг кожна. Для кожної проби визначали показник стікання в'яжучого [7], після чого визначали коефіцієнт варіації для оцінки однорідності щебенево-мастичної асфальтобетонної суміші. Такий метод оцінки однорідності доцільно використовувати як показник однорідності при підборі складу суміші і для періодичного контролю якості. Він є досить інформативним і більш оперативним, порівняно з методом, наведеним у нормативному документі [7].

Оскільки показник стікання характеризує ступінь розшарування суміші, то уточнення і нормування його величини від часу витримки в накопичувачі й часу транспортування дозволить продовжити терміни служби дорожніх покриттів із щебенево-мастичного асфальтобетону, завдяки усуненню таких дефектів, як бітумні плями, викришування і лущення та, як наслідок, збільшити міжремонтні терміни, що забезпечить значну економію фінансових і матеріальних ресурсів.

Висновки

Існуюча методика оцінювання однорідності за показником стікання не повною мірою відображає реальні умови зберігання і транспортування ЩМАС. Методи Шелленберга і фон дер Веппена, що для цього застосовуються, передбачають витримування суміші в нерухомому стані за температури приготування. Це фактично імітує тільки певною мірою умови зберігання ЩМАС і не враховує умов транспортування. Проведені дослідження дозволяють усунути ці недоліки традиційних методик. Згідно з результатами досліджень основна маса бітумної мастики стікає за 30–60 хв при стандартному способі проведення випробування, а потім швидкість зміни стікання від часу значно зменшується.

Виявлено, що на розшарування істотно впливає час транспортування ЩМАС за рахунок явища тиксотропії через вплив вібрації і струшувань при транспортуванні ЩМАС на великі відстані. З цієї причини необхідно встановлювати підвищені вимоги до показника стікання.

Запропоновано заходи щодо підвищення довговічності щебенево-мастичного асфальтобетонного покриття за рахунок зменшення розшарування асфальтобетонної суміші. Уточнення показника розшарування щебенево-мастичної суміші врахуванням термінів зберігання і транспортування суміші дозволить продовжити терміни служби дорожніх покриттів із щебенево-мастичного асфальтобетону, завдяки усуненню таких дефектів, як бітумні плями, викришування і лущення, та збільшити міжремонтні терміни, що забезпечить значну економію фінансових і матеріальних ресурсів.

Література

1. Рейнер М. Реология / М. Рейнер. – М.: Наука, 1965. – 224 с.
2. Баран С.А. Выбор энергосберегающих добавок для расширения строительного сезона при устройстве поверхностного водоотвода из щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей на мостах / С.А. Баран, Б.Ю. Ольховый, В.В. Мозговой // Науково-технічний збірник. – 2013. – Вип. 21 (Ч. 1). – С. 51–54.
3. Оев А.М. Щебнемастичный асфальтобетон для тонкослойных покрытий / А.М. Оев, Б.Б. Каримов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2006. – № 2. – С. 24–25.
4. Кирюхин Г.Н. Опыт устройства дорожных покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона в России / Г.Н. Кирюхин // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2006. – Вып. 34–35. – С. 52–54.
5. Хученройтер Юрген Щебеночно-мастичный асфальтобетон: основные понятия, структура, состав, свойства, опыт применения / Юрген Хученройтер, Томас Вернер // Автомобильные дороги. – 2002. – №4. – С. 40–42.
6. Кирюхин Г.Н. Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона / Г.Н. Кирюхин, Е.А. Смирнов. – М.: Элит, 2009. – 176 с.
7. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-127-2015. – [Чинний від 2015-08-14]. – К.: Мінрегіон, 2015. – 37 с.
8. Blazejowski K. Stone Matrix Asphalt: Theory and Practice / K. Blazejowski.- CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011. –293 p.
9. Dijkink J.-H. A new dripping test for stone-mastic asphalt / J.-H. Dijkink, A.S.M. Houtepen, F. van Gorkum // Proceedings of the 1st Eurasphalt & Eurobitume Congress; 1996 May 7–10; Strasbourg, France. Brussels: Eurasphalt & Eurobitume Congress; 1996: Paper No. 4077.
10. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів: навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів / В.І. Братчун, В.О. Золотарьов, М.К. Пактер, В.Л. Беспалов; за ред. д.т.н. В.І. Братчуна. – 2-е вид., перероб. і доповн. – Макіївка-Харків: ДонНАБА, 2011. – 336 с.
11. Коллоидная химия и физико-химическая механика цементних бетонов / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Л.В. Трикози и др. – К.: Наукова думка, 2011. – 330 с.
12. Золотарев В.А.Технические, реологические и поверхностные свойства битумов. Избранные труды. Том 1 / В.А. Золотарев. – 1-е изд. – Санкт-Петербург: Славутич, 2012. – 148 с.
13. Богомолов В.О. Моделювання коливань кузова автомобіля у процесі гальмування на дорожніх нерівностях / В.О. Богомолов, В.О. Гелло // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2011. – Вып. 29. – С. 33–35.
14. Гелло В.О. Розробка просторової моделі коливання кузова автомобіля під час його гальмування / В.О. Гелло // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2011. – Вып. 29. – С. 51–52.
15. Духанин П.В. Разработка предложений по учету воздействия современного парка многоосных транспортных средств при проектировании нежестких дорожных одежд / П.В. Духанин // Отчет о НИР. – ДортрансНИИ, Ростов на Дону, 2011. – 194 с.

Рецензент: В.О. Золотарьов, професор, д.т.н., ХНАДУ.