УДК 625.7/8

Онищенко А. М.

Онищенко А. М., к. т. н., доцент,
Національний транспортний університет,
вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010,
тел.: +38(068) 777-18-99, e-mail: artur_onish@bigmir.net

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ КОЛІЙНОСТІ В ЛИТОМУ АСФАЛЬТОБЕТОНІ «ГУСАСФАЛЬТ»

В статті наведені результати аналізу експериментальних досліджень накопичення залишкових деформацій у вигляді колії в асфальтобетонах литих «Гусасфальт» з максимальною крупністю 10 мм та 15 мм на бітумі нафтовому дорожньому та бітумі модифікованому різними полімерами. Запропонована умову граничного стану за критерієм глибини колії для оцінки асфальтобетонів.

Ключові слова: *литий асфальтобетон, накопичення залишкових деформацій у вигляді колії.*

Постановка проблеми

В останні роки в зарубіжних країнах та Україні спостерігається тенденція до збільшення обсягів будівництва та ремонту дорожніх покриттів з використанням литого асфальтобетону. Це обумовлює тим, що покриття з литого асфальтобетону водонепроникні, мають високу корозійну стійкість та зносостійкість. З усіх різновидів асфальтобетонних покриттів покриття з литого асфальтобетону є найстійкішим до впливу кліматичних факторів. Як відомо однією з основних проблем на асфальтобетонних покриттях дорожньої галузі і в багатьох країнах світу є колійність. Причиною накопичення залишкових незворотних деформацій у вигляді колії в покритті є дія багаторазового впливу колісного навантаження транспортних засобів та високої температури. Дана проблема призводить до зниження терміну служби покриття, а також створює загрозу дорожньому руху транспортним засобам. Тому є актуальним питанням у дослідженні литого асфальтобетону «Гусасфальт» на колійність в лабораторних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відповідно до [1] асфальтобетонне покриття проїзду на сталевій плиті мостів не дозволяється виконувати із застосуванням звичайного асфальтобетону. Для покриття завтовшки від 4 см слід застосовувати водонепроникні конструкції з мастикасфальту, гуссасфальту, епоксиасфальту або інші з проектним строком служби 15 років і більше.

Для підвищення теплостійкості в литому асфальтобетоні було збільшено кількість щебеню в складі до 55 % за рахунок зменшення кількості асфальтов'яжучої речовини з метою запобігання його видавлювання на поверхню шару покриття. Такі зміни привели до покращення зчеплення колеса з покриттям та до підвищення стійкості до утворення пластичних деформацій [2, 3]. Аналіз чинного в Україні нормативного документу [4] показує, що максимальний розмір зерен щебеню не перевищує 15 мм, який призначений для влаштування верхніх шарів покриття автомобільних доріг, аеродромів, мостів, шляхопроводів, вулиць населених пунктів, площ, проїздів, доріг, майданчиків промислових та сільськогосподарських підприємств [4]. Максимальний розмір зерен мінерального матеріалу традиційно пов'язаний з товщиною шару. Загалом використання крупного заповнювача здійснюється з метою підвищення колієстійкості. Однак, зі збільшенням максимального розміру зерен у порівнянні з товщиною шару, значно зростає ймовірність сегрегації суміші.

В даний час не існує єдиної точки зору по відношенню необхідної кількості полімеру в бітумі [5-7], оскільки це пов'язано з складом бітуму і властивостями полімеру, тобто можливістю змінювати властивості в'яжучого, за рахунок створення в ньому структурної сітки.

Вміст полімеру відповідним чином відображається на колієстійкості асфальтополімербетонів. В роботі [8] була визначена глибина колії асфальтополімербетону, в залежності від кількості.

Виклад основного тексту

Для виготовлення литих асфальтобетонних сумішей використовували бітум нафтовий дорожній БНД 60/90 та бітум модифікований різними полімерами типів SBS (Kraton D1101) – 3%, SBR (Butonal NS 198)-4% та EVA (Elvaloy 4170) - 1,5% та комплексного бітумного в'яжучого «Полігум».

Результати фізико-механічних властивостей бітуму та бітуму модифікованого різною кількістю полімеру, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Фізико-механічні властивості вихідного бітуму та бітуму модифікованого полімером

Найменування, склад та час модифікації	Показники властивостей при 6 годинах модифікації			
	П25, 0,1 мм	Тр, °С	Д25, см	Е25, %
БНД 60/90	86	46	>100	25
КПБВ «Полігум»	58	79	60	97
БНД 60/90 + 3% Kraton D1101	49	66	63	84
БНД 60/90 + 4% Butonal NS 198	59	56	62	77
БНД 60/90 + 1,5% Elvaloy 4170	65	58,5	65	80,5

Зернові склади на асфальтобетон литий «Гусасфаль» запроектовані у відповідності технічних умов [4]. Результати запроектованих гранулометричний склад литого асфальтобетону з максимальною крупністю щебеню 10 мм та 15 мм наведено в таблиці 2 та рис. 1, 2.

Таблиця 2.

Запроектований гранулометричний склад литого асфальтобетону

Найменування матеріалу	Суміш асфальтобетонна лита для ЛА-10	Суміш асфальтобетонна лита для ЛА-15
Щебінь фр. 10 – 20 мм	-	8,7
Щебінь фр. 5 – 10 мм	26,8	24,9
Відсів фр. 0,5 мм	17,7	15,5
Річковий пісок	19,8	16,5
Мінеральний порошок	27,5	26,9
Бітумне в'яжуче	8,2	7,5

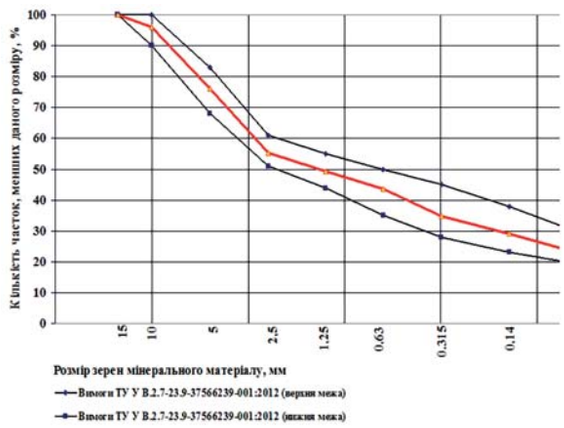

Рисунок 1. Розрахунок зернового складу асфальтобетону литого ЛА-10

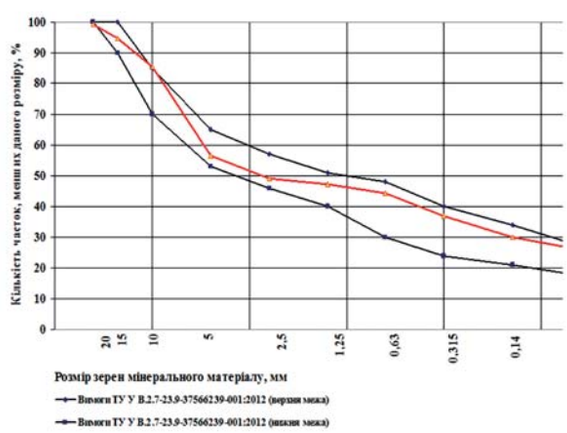

Рисунок 2. Розрахунок зернового складу асфальтобетону литого ЛА-15

Результати фізико механічних властивостей наведені в таблиці 3.

Результати випробувань ЛА-10 та ЛА-15 (табл. 2) межі міцності на стиск R20 при температурі 20 °С при модифікації бітуму полімером показали наступні результати: збільшення показника R20 для ЛА-10 відбулося на 11 % при вмісту 3 % полімеру Kraton D1101 в БМП, при вмісту 4 % полімеру Butonal NS 198 в БМП збільшення на 12 % відповідно, при 1,5 % полімеру Elvaloy 4170 в БМП збільшення на 14 % відповідно, а при випробуванні на КПБВ «Полігум» межа міцності при стиску зросла на 65 % порівняно з ЛА-10 на чистому бітумі марки БНД 60/90.

Випробування ЛА-15 при модифікації бітуму полімерами показали наступні результати: збільшення показника R20 на 18 % відповідно при вмісту 3 % полімеру Kraton D1101 в БМП, при вмісту 4 % полімеру Butonal NS 198 в БМП збільшення на 9 %, при вмісту 1,5 % полімеру Elvaloy 4170 в БМП збільшення на 11 %, а при випробуванні на КПБВ «Полігум» межа міцності при стиску зросла на 60 % порівняно з ЛА-15 на чистому бітумі марки БНД 60/90.

При використанні полімерів в досліджуваних в литих асфальтобетонах, спостерігається вагоме підвищення показника коефіцієнта довготривалої водостійкості Кдов.вд.. В деяких випадках цей показник досягає максимально можливого значення, яке наближене до 1,0. Це свідчить про те, що при використанні полімерів Kraton D1101, Butonal NS 198, Elvaloy 4170 та КПБВ «Полігум» підвищується стійкість асфальтобетонів до дії атмосферних факторів та можливих наслідків від них.

Наступним етапом проведено дослідження на колійність литих асфальтобетонів. Методика полягає у випробуванні на стійкість до накопичення залишкових деформацій зразка-плити литого асфальтобетону (табл. 2 та рис 1, 2) при підвищених температурах шляхом циклічного його навантаження через випробувальне колесо. Зразок у формі розташовують на рухомій платформі, що здійснює зворотно-поступальний рух [9]. На зразок встановлюють спеціальний навантажувальний пристрій у вигляді випробувального колеса та пристрій для вимірювання глибини колії. Випробування здійснюються шляхом повторного прокочування завантаженого колеса по поверхні підготовленого зразка-плити при заданій температурі з послідуючим вимірюванням глибини колії як характеристики стійкості литого асфальтобетону до накопичення залишкових деформацій. Підготовлені зразки-плити з досліджуваних асфальтобетонів термостатували (табл. 2 та рис 1-2) при температурі +50 °С та випробовували на секторному пресі (рис. 3-4) у відповідності до [9] при проходженні металевого колеса до 4000 циклів і навантаженні 700 Н. Результати випробувань наведені в таблиці 4.

Таблиця 3.

Фізико-механічні властивості литого асфальтобетону

Шифр асфальтобетону	Межа міцності на стиск, МПа			Коеф. довг. вод. $К_{дов.вд}$	Водонасичення, %
	R_{20}, МПа	$R_{20дов.вд}$ МПа	R_{50}, МПа		
ЛА-10 (БНД 60/90)	2,23	2,16	0,74	0,97	0,27
ЛА-10 (КПБВ «Полігум»)	3,67	3,67	1,17	1,0	0,13
ЛА-10(БНД 60/90 + 3 % Kraton D1101)	2,69	2,66	0,95	0,99	0,17
ЛА-10(БНД 60/90 + 4 % Butonal NS 198)	2,49	2,47	0,88	0,99	0,22
ЛА-10(БНД 60/90 + 1,5 % Elvaloy 4170)	2,53	2,50	0,91	0,99	0,17
ЛА-15(БНД 60/90)	2,65	2,60	0,81	0,98	0,29
ЛА-15 (КПБВ Полігум)	4,26	4,26	1,32	1,0	0,12
ЛА-15(БНД 60/90 + 3 % Kraton D1101)	3,12	3,09	1,07	0,99	0,21
ЛА-15(БНД 60/90 + 4 % Butonal NS 198)	2,89	2,86	0,99	0,99	0,24
ЛА-15(БНД 60/90 + 1,5 % Elvaloy 4170)	2,93	2,90	1,03	0,99	0,21

Рисунок 3. Секторний прес для випробування на колійність щебенево-мастикового та литого асфальтобетону

Рисунок 4. Випробуваний на колійність зразок-плита асфальтобетону литого ЛА-15 та ЛА-10 з максимальною крупністю зерен 15 мм та 10 мм

Аналіз результатів визначення накопичення залишкових деформацій у вигляді колії для ЛА-10 при температурі + 50°С, навантаженні 700 Н та 4000 проходів колеса по одному сліду показав, що при 3 % полімеру Kraton D1101 в БМП колія зменшилася у 1,94 рази, при 4 % полімеру Butonal NS 198 у 1,62 рази, при 1,5 % полімеру Elvaloy 4170 у 1,73 рази, при випробуванні на КПБВ «Полігум» у 2,53 рази відповідно, у порівнянні з ЛА-10 на бітумі БНД 60/90.

Визначення накопичення залишкових деформацій у вигляді колії для ЛА-15 при температурі + 50 °С, навантаженні 700 Н та 4000 проходів колеса по одному сліду показав, що при 3 % полімеру Kraton D1101 в БМП колія зменшилася у 2,0 рази, при 4 % полімеру Butonal NS 198 у 1,56 рази, при 1,5 % полімеру Elvaloy 4170 у 1,63 рази, при випробуванні на КПБВ «Полігум» у 2,41 рази відповідно, у порівнянні з ЛА-15 на бітумі БНД 60/90.

Результати випробувань показали, що асфальтобетон литий ЛА-15 з максимальною крупністю зерен 15 мм після 4000 проходів колеса по одному сліду більш стійкий до накопичення залишкових деформацій, у порівнянні до асфальтобетону литого ЛА-10 з максимальною крупністю зерен 10 мм. Так, глибина утворення колії на чистому бітумі БНД 60/90 у асфальтобетону литого ЛА-15 в 1,41 рази менша від ЛА-10, при 3 % полімеру Kraton D1101 в БМП глибина колії у ЛА-15 в 1,45 рази менша від ЛА-10, при 4 % полімеру Butonal NS 198в БМП глибина колії у ЛА-15 в 1,35 рази менша від ЛА-10, при 1,5 % полімеру Elvaloy 4170 в БМП глибина колії у ЛА-15 в 1,37 рази менша від ЛА-10, а при випробуванні на КПБВ «Полігум» глибина колії у ЛА-15 в 1,32 рази менша від ЛА-10 відповідно.

Таблиця 4.

Результати накопичення залишкових деформацій у вигляді колії в литому асфальтобетону $\omega_{екс}$

№ п/п	Шифр асфальтобетону	Кількість проходів колеса по одному сліду				
		500	1000	2000	3000	4000
1	ЛА-10 (БНД 60/90 – 7,9%)	2,5	3,8	6,4	7,6	9,9
2	ЛА-10 (КПБВ «Полігум» – 8,1 %)	1,2	1,8	2,5	3,3	3,9
3	ЛА-10 (БНД 60/90 + 3 % Kraton D1101 – 8,2 %)	1,7	2,3	3,2	4,3	5,1
4	ЛА-10 (БНД 60/90 + 4 % Butonal NS 198 – 8,3 %)	2,0	3,1	4,5	5,2	6,1
5	ЛА-10 (БНД 60/90 + 1,5 % Elvaloy 4170 – 8,1 %)	1,9	2,8	3,9	4,8	5,7
6	ЛА-15 (БНД 60/90 – 7,8%)	2,3	3,8	4,9	5,4	7,0
7	ЛА-15 (КПБВ «Полігум» – 8,0%)	0,9	1,5	2,2	2,5	2,9
8	ЛА-15 (БНД 60/90 + 3 % Kraton D1101 – 8,1 %)	1,4	1,9	2,4	2,7	3,5
9	ЛА-15 (БНД 60/90 + 4 % Butonal NS 198 – 8,2 %)	2,0	2,8	3,6	4,0	4,5
10	ЛА-15 (БНД 60/90 + 1,5 % Elvaloy 4170 – 8,0 %)	1,7	2,6	3,1	3,6	4,2

Висновок

Отримані результати свідчать, що литий асфальтобетон ЛА-15 з максимальною крупністю зерен 15 мм більш стійкий до утворення колії в 1,3 – 1,4 рази, у порівнянні з ЛА-10 з максимальною крупністю зерен 10 мм.

На колієстійкість литого асфальтобетону суттєво впливає в'язкість бітумного в'яжучого. З експериментальних результатів можна відмітити те, що у литого асфальтобетону ЛА-10, ЛА-15 на в'яжучому «Полігум» глибина колії найменша ніж у асфальтобетонів, які виготовлені на в'яжучих згідно таблиці 1.

Отримані результати досліджуваних литих асфальтобетонів «Гусасфальт» під номерами № 2, 7, 8, 9, 10 відповідно таблиці 4 показали відповідність за критерієм глибини колії $\omega_{екс} \leq \omega_{норм}$.

Умовою граничного стану колії в асфальтобетоні вважають, експериментально отримане значення глибини колії $\omega_{екс}$, яке повинне бути менше або дорівнювати ≤ нормативному критерію глибини колії $\omega_{норм}$, тоді вважається, що асфальтобетон є колієстійким, якщо умова інша $\omega_{екс} \geq \omega_{норм}$ то такий асфальтобетон заборонено використовувати в якості покриття на автодорожніх мостах і автомобільних дорогах. За нормативний критерій глибини колії $\omega_{норм}$ для асфальтобетонів різної гранулометрії приймається 5 мм.

Література:

1. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування: ДБН В.2.3–22:2009. – [Чинні від 2010–03–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Schoirer A. Литой асфальт в дорожном строительстве. Bitumen, 1966 – №1 (Перевод с немецкого языка).
3. Smidt H.B. – Gussasphalt und Asphalt beton im Stadstrassenban, 1968 – №9.
4. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон литі «Гусасфальт»: ТУ У В.2.7-23.9-37566239-001:2012./ Укравтодор. – Офіц. вид. – К. : Укравтодор, 2012. – 26 с. – (Нормативний докумет Укравтодору).
5. Полимерно-битумные вяжущие материалы на основе СБС для дорожного строительства / [Гохман Л.М., Гурарий Е.М., Давыдова А.Р., Давыдова К.И.]. – М.: Информавтодор, 2002. – 113 с.
6. Золотарев В.А. Об информативности показателей качества битумов / Золотарев В.А. // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2005. – № 3. – с. 38-42.
7. Золотарев В.А. Битумы, модифицированные полимерами типа СБС: особенности состава, структуры и свойств: доклад на Международной научно-технической конференции «Проблемы повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли» (Минск, май 2003г.) – Харьков: 2003. – 17 с.
8. Mechanistic Evaluation of the Georgia Loaded Wheel Tester for Superpave Asphalt mixtures: Technical report (final) / The University of Akron, Department of Civil Engineering, College of Engineering; report № FHWA / OH- 2004/008; contract № 14751(0). – A., 2004. – 347 p.
9. Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій: СОУ 45.2–00018112–020:2009 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2009. – 13 с. – (Нормативний документ Укравтодору).