

УДК 625.855.3

к.т.н., доцент Л.О. Талах,
М.І. Коваль, Р.А. Митілка
Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРНО-БІТУМНИХ В'ЯЖУЧИХ НА ВЛАСТИВОСТІ ДОРОЖНІХ БІТУМІВ

У роботі виконано дослідження впливу полімерно-бітумних в'язучих на властивості дорожніх бітумів, розглянуті їх технічні характеристики, порівнювалися показники властивостей полімерних добавок, що використовуються.

Ключові слова: бітум, полімер, полімерно-бітумне в'язуче, penetрація, температура розм'якшення, дуктильність, еластичність.

Протягом довгого періоду використання полімерно-бітумних в'язучих (ПБВ) в Україні носило епізодичний характер. Найбільшим успіхом у цьому відношенні можна вважати влаштування полімерасфальтового покриття на ортотропній плиті «Північного» моста через р.Дніпро в Києві у 1976 році [1]. Полімербітумне в'язуче, яке було використане на цьому об'єкті, було отримане шляхом вводу в бітум маткового розчину дивінілстирильного термоеластопласту. Ці роботи були виконані під керівництвом завідуючого лабораторіями органічних в'язучих СоюздорНДІ Л.М.Гохмана за участю кафедри дорожно-будівельних матеріалів ХАДІ.

З літа 1997 року будівництвом дорожніх покриттів на магістральних вулицях Харкова та Києва було покладено початок системному використанню полімерів у асфальтобетонних сумішах в Україні. При цьому виникли дві проблеми: перша – в Україні немає власного виробництва полімерів; друга – дорожні організації України не мали змішувальних установок для безпосереднього суміщення бітуму з полімерами. Аналіз західного і особистого досвіду роботи з ПБВ показав, що використання технології попереднього розчинення полімеру і використання маткового розчину, який широко використовується в Росії, є недоцільним.

В Україні, останнім часом, у дорожньому будівництві використовують такі ПБВ, як Бутанол, Елвалой, Кратон, квалітекс та інші. Широке використання бітумів, модифікованих термоеластопластами, термопластами, адгезійними добавками WETFIX BE та іншими добавками або модифікаторами стало можливим завдяки їх здатності забезпечувати високу зсувостійкість асфальтобетонних покриттів та їх підвищену стійкість під багаторазовим

навантаженням від транспортних засобів. Окрім того, полімери, які введені в вихідний бітум, не знижуючи його температури крихкості, сприяють підвищенню його консистенції, тобто переводять вихідний бітум з марки з більшою пенетрацією при 25 °С, в марку з меншою пенетрацією (наприклад при введенні 3 % термоеластопласту типу SBS бітум марки БНД 130/200 може перейти у марку БНД 60/90). При цьому, росте його когезій на міцність, а температура крихкості залишається такою як у вихідного бітуму. Тобто, в такий спосіб одержують бітум з підвищеною здатністю тріщиностійкості при низьких температурах і більш широким, ніж у звичайного бітуму тієї ж марки інтервалом пластичності. Така сутність механічної поведінки бітуму модифікованого полімерами і його вплив на якість асфальтополімербетону.

Проте, механічні властивості асфальтобетону, взагалі, та асфальтополімербетону, зокрема, забезпечуються не тільки його міцністю при високих температурах, деформативністю, але й зчепленням в'язучого з поверхнею кам'яних матеріалів. У сухому стані адгезій на міцність на границі розподілу фаз вища за когезійну міцність в'язучого у контактній зоні. У вологому стані навпаки адгезійний контакт руйнується водою, що призводить до передчасного руйнування асфальтобетонного покриття за рахунок луцення та викришування [2,3].

Втім питання ефективності використання поверхнево-активних речовин (ПАР) у бітумах, модифікованих полімерами, до цього часу зовсім не розглядалось на теренах колишнього Радянського Союзу. На разі не можливо знайти відповідь на таке питання і в літературних джерелах країн Європейської співдружності. В зв'язку з цим актуальним є експериментальні дослідження з метою визначення виявлення ПАР своєї поверхневої активності у бітумополімерному середовищі, яке на відміну від чисто бітумного, є більш в'язким та має більш складну спряжену асфальтополімерну структуру [4].

Для з'ясування поставленого питання необхідно було провести експериментальні дослідження з цього питання.

У 2003-2004 роках лабораторією з контролю якості виробництва Служби автомобільних доріг у Волинській області, під керівництвом завідувача лабораторією М.Ф. Гаць були проведені випробування бітуму з добавкою термопластичного еластомеру «Кратон Д». Випробування проводилися згідно методики [6, розділ 8].

Перше випробування. За вихідну сировину був взятий бітум Дрогобицького нафтопереробного заводу марки БНД 90/130.

В обезводнений, нагрітий до температури 185-195 °С бітум подавався при постійному перемішуванні із швидкістю не більше, як 139 г/сек термоеластопласт «Кратон Д». Суміш бітуму з полімером перемішувалась

вручну при температурі 185-195 °С протягом 60 хв. від початку дозування лолімеру.

Після цього брали проби для двох значень кількості термоеластопласту «Кратон Д» - 2% і 3%. Результати випробувань наведені в таблиці 1.

Друге випробування. Вихідна сировина - бітум марки БНД 90/130 АБЗ Голишів.

В обезводнений, нагрітий до температури 185-195 °С бітум подавався із швидкістю не бшьше, як 139 г/сек термоеластопласт «Кратон Д». Бітумополімерне в'язуче було поміщено у сушильну шафу з постійним підтримуванням температури 185-195 °С протягом всього періоду приготування (без постійного перемішування).

Були взяті проби для двох значень кількості термоеластопласту «Кратон Д» - 2 % і 3 %. Результати випробувань наведі в таблиці 2.

При дозуванні «Кратону Д» понизилась марка бітуму з БНД 90/130 на БНД 60/90. Основний показник по температурі розм'якшення при 25 °С збільшився на 5,8 °С.

У процесі приготування бітумополімерного в'язучого контролюють: якість бітуму, точність дозування бітуму та полімеру, швидкість введення полімеру у бітум, тривалість і температурний режим перемішування в'язучого, якість готового БПВ.

Основними контрольними випробуваннями БПВ є: визначення температури розм'якшення, пенетрації при 25 °С, еластичності, зчеплення з поверхнею скла (за ДСТУ Б.В.2.7-81-98).

Тривалість зберігання БПВ у бітумоплавильних котлах при температурі 160-170 °С не повинна перевищувати 48 год. БПВ, яке при зберіганні втратило однорідність, перед застосуванням необхідно повторно перемішати.

Аналогічні випробування бітуму проводилися із термопластом Елвалою АМ.

Основною перевагою Елвалою є його відмінна сумісність з бітумом в найпростіших змішувальних установках. У багатьох випадках це дозволяє готувати бітум, модифікований Елвалоєм в тих змішувальних установках, які є на багатьох АБЗ, а також і безкомпресорних установках [2, 3].

Вивчення технічних властивостей бітумів, модифікованих Елвалоєм, вперше в Україні проводилося кафедрою технології дорожньо-будівельних матеріалів у 1999 році Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Другий етап дослідження було проведено у 2002 році.

Таблиця 1

Результати випробувань бітуму із термопластични еластомером «Кратон Д»
(Дрогобицький нафтопереробний завод)

№ п/п	Назва показника	Вихідний бітум БНД 90/130		Норма для марки БПВ 60/90	Результати випробувань		Методи випробувань
		вимоги ГОСТ 22245- 90	Результати випробувань		2 %	3 %	
1.	Однорідність			не повинна мати згустків, грудок і крихт	однорідне		Згідно методики [6, розділ 8]
2.	Пенетрація при 25 °С, 0,1 мм	91-130	90	60-90	68	60	ГОСТ 11501
3.	Температура розм'якшення по КІК, °С	більше 43	44	більше 59	49	50	ГОСТ 11506
4.	Дуктильність, см	більше 65	100	більше 30	49	54	ГОСТ 11505
5.	Еластичність, %			більше 75	60	70	Згідно методики [6, розділ 8]

Таблиця 2

Результати випробувань бітуму із термопластични еластомером «Крагон Д» (АБЗ Голишів, без перемішування

№ п/п	Назва показника	Вихідний бітум БНД 90/130		Норма для марки БПВ 60/90	Результати випробувань БПВ 60/90		Методи випробувань
		вимоги ГОСТ 22245-90	Результати випробувань		2 %	3 %	
1.	Однорідність			не повинна мати згустків, грудок і крихт	однорідне		Згідно методики [6, розділ 8]
2.	Пенетрація при 25 °С, 0,1 мм	91-130	105	60-90	52	40	ГОСТ 11501
3.	Температура розм'якшення по КІК, °С	більше 43	43	більше 58	46	48	ГОСТ 11506
4.	Дуктильність, см	більше 65	75	більше 30	49	54	ГОСТ 11505
5.	Еластичність, %			більше 75	60	70	Згідно методики [6, розділ 8]

Для дослідження в'язучих використовувалися традиційні і спеціальні методи. До традиційних відноситься: пенетрація при 25 і 0 °С, дуктильність при 25 і 0 °С, еластичність при 25 і 0 °С, температури розм'якшення і крихкості, а також стійкість проти старіння. До спеціальних відноситься: когезія бітуму в шарі товщиною 200 мкм при температурі 20 °С і швидкості зсуву $\gamma = 1 \text{ с}^{-1}$, а також адгезія, визначена, вираженою в % площею бітуму, що залишився на скляній пластині після витримки у воді протягом 35 хв. при температурі 85 °С.

У 2004 - 2005 роках лабораторією з контролю якості виробництва Служби автомобільних доріг у Волинській області також були проведені випробування бітуму з добавкою термопласту Елвалоя АМ. Вихідна сировина - бітум марки БНД 90/130 АБЗ Голишів. Результати випробувань наведені в таблиці 3.

У відповідності з завданням ТзОВ «Пролог ТД» від 15.07.2005р кафедра технології дорожньо-будівельних матеріалів ХНАДУ, під керівництвом д.т.н., професора В.О. Золотарьова виконала дослідні роботи, метою яких було вивчення властивостей бітумів, що містять у своєму складі полімери та адгезійну добавку WETFIX BE. Колективом кафедри ТДБМ були досліджені бітумополімерні в'язучі, які містили бітум, полімер та поверхнево-активну добавку. За вихідний бітум прийнято було бітум марки БНД 130/200 Кременчуцького НПЗ, в якості полімерів - Кратон Д 1101 (СБС - Голландія) та Бутонал NS-198 (латекс - США), за поверхнево-активну речовину - WETFIX BE (Швеція). В'язуче складалось з бітуму з 3 % Кратону або 3,5 % Бутоналу і змінного вмісту WETFIX BE від 0,4; 0,7 та 1,0% [5].

В'язуче виготовляли за схемою примусового змішування у змішувачі бітуму з полімером протягом 60-90 хв при температурі 165-180 °С та наступного введення в нього WETFIX BE і змішування останнього з БМП протягом 15 хв.

Оцінка якості отриманого в'язучого здійснювалась за значеннями показників: пенетрації при 25 °С, температури розм'якшення, температури крихкості, розтяжності при 25 °С, еластичності та зчеплення з поверхнею скла (за ДСТУ Б В.2.7-81-98 «Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Метод визначення показника зчеплення з поверхнею скла та кам'яних матеріалів»). Для цілей цього дослідження показник зчеплення має пріоритетне значення. Результати дослідження 12 об'єктів наведено у таблиці 4.

Аналіз стану дорожнього покриття на автомобільних дорогах державного значення показує, що у більшості випадків на них утворюється колійність у літній період та ямковість у зимово-весняний період. Це викликало насамперед незадовільними показниками фізико-хімічними характеристиками нафтових бітумів, які використовуються для влаштування дорожніх покриттів.

Таблиця 3

Результати випробувань бітуму із термопластом «Елвалою АМ» (АБЗ Голишів)

№ п/п	Назва показника	Вихідний бітум БНД 90/130		Норма для марки БПВ 60/90	Результати випробувань			Методи випробувань
		вимоги ГОСТ 22245-90	Результати випробувань		1,5 %	2 %	2,5 %	
1.	Однорідність			не повинна мати згустків, грудок і крихт	однорідне			Згідно методики [6, розділ 8]
2.	Пенетрація при 25 °С, 0,1 мм	91-130	129	60-90	85	77	68	ГОСТ 11501
3.	Температура розм'якшення по КІК, °С	більше 43	42	більше 58	53,5	59,5	62,0	ГОСТ 11506
4.	Дуктильність, см	більше 65	73	більше 30	75	75	75	ГОСТ 11505
5.	Еластичність, %			більше 75	76	86	89	Згідно методики [6, розділ 8]

Як показав досвід з випробування органічних в'язучих з полімерними добавками (Бутанол NS 198, Елвалой АМ, Кратон, Квалітес, WETFIX BE), що їх застосування значно підвищує теплостійкість бітуму, розширює інтервал пластичності, поліпшує адгезійні властивості, надає еластичності, що повинно забезпечувати відповідно покращення якості асфальтобетону, див. таблицю 5.

З аналізу вище викладеного видно, що Елвалой добре розчиняється у бітумі, невеликий вміст добавки, значне збільшення в'язкості і температури розм'якшення. Недоліком є висока вартість, тривалий час перемішування з бітумом (до 9 годин), зменшення розтяжності при 25 °С і еластичності. Кратон – приготування не перевищує 50-60 хв. Недоліком є великий відсоток добавки, висока температура модифікації бітуму, після 48 год. зберігання розшаровується, майже не покращує адгезію. Бутанол – покращує адгезію. Недолік – незначне збільшення в'язкості і велике піноутворення. Квалітекс – великий відсоток добавки.

При влаштуванні асфальтобетонного покриття на дорозі державного значення на ділянці Устилуг-Луцьк-Рівне км 128+000-130+000 використовували бітум модифікований полімером WETFIX BE. При огляді, після двохрічної експлуатації на цій ділянці ямковість, хвилі, напливи не появлялись. Такий результат свідчить про те, що з метою покращення якості дорожніх покриттів на дорогах державного значення та підвищення їх стійкості та довговічності, зменшення руйнувань та колієутворення при експлуатації необхідно застосовувати полімерну добавку WETFIX BE 0,5%.

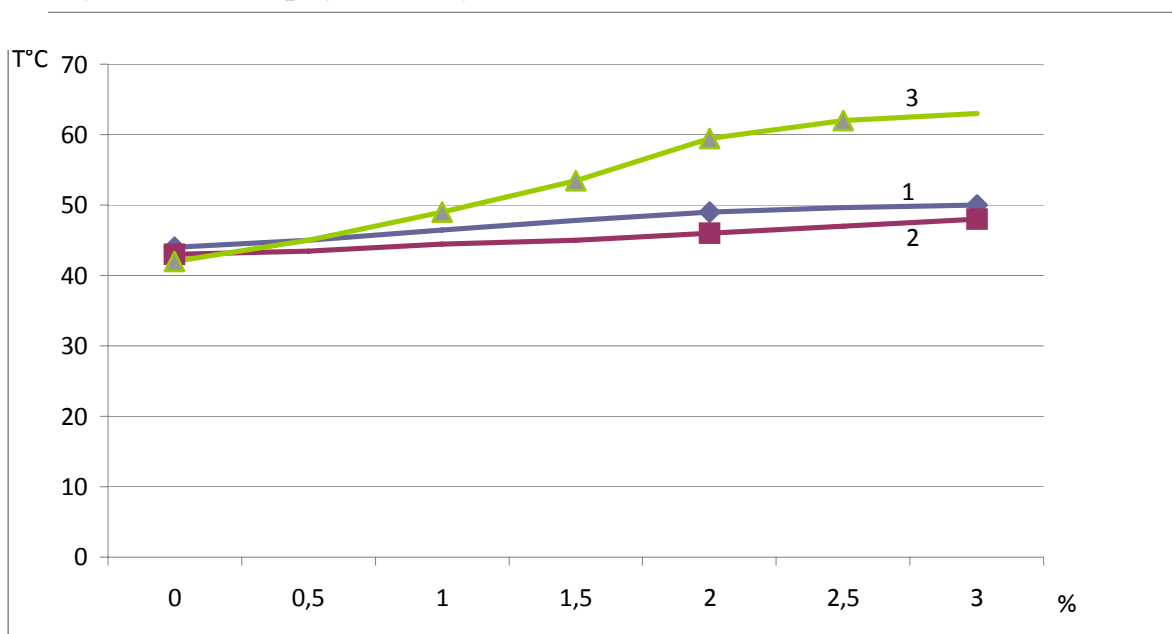


Рис.1. Залежність між температурою розм'якшення в'язучого і вмістом полімера:

- 1 – для термоеластопласту «Кратон Д» (Дрогобицький нафтопереробний завод);
- 2 - для термоеластопласту «Кратон Д» (АБЗ Голишів);
- 3 – термопласт Елвалой АМ (АБЗ Голишів)

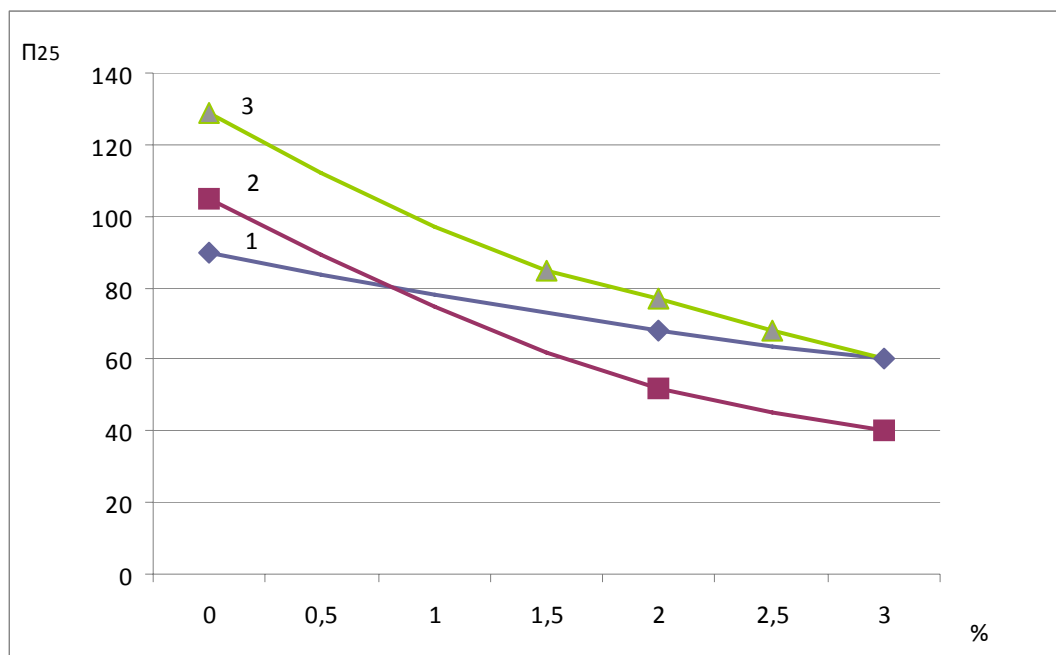


Рис.2. Залежність між пенетрацією (глибиною проникнення голки при 25 °С) і вмістом полімера:

- 1 – для термоеластопласту «Кратон Д» (Дрогобицький нафтопереробний завод);
- 2 - для термоеластопласту «Кратон Д» (АБЗ Голишів);
- 3 – термопласт Елвалой АМ (АБЗ Голишів)

Таблиця 4

Вплив адгезійної добавки WETFIX VE на властивості бітумів та бітумополімерів

№ п/п	Склад в'язучого	Показники властивостей					
		П ₂₅ , 0,1 мм	T _p , °С	T _{кр} , °С	Д ₂₅ , см	E ₂₅ , %	C, %
1.	БНД 130/200 (бітум)	168	41,3	-21,0	>100	-	10
2.	БНД+3,0 % КР(Кратон)	80	49,6	-20,5	62	82	20
3.	БНД+0,4 % ВЕ (WETFIX VE)	162	41,7	-	>100	-	88
4.	БНД+0,7 % ВЕ	160	41,2	-20	>100	-	98
5.	БНД+1,0 % ВЕ	154	41,3	-	>100	-	99
6.	БНД+3 % КР+0,4 % ВЕ	81	48,0	-18	63	-	94
7.	БНД+3 % КР+0,7 % ВЕ	80	48,0	-20	70	72	98
8.	БНД+3,5 % КР+1 % ВЕ	84	49,0	-19	71	-	97
9.	БНД+3,5 % БТ (Бутанол)	110	46,1	-19	>100	69	55
10.	БНД+3,5 % БТ+0,4 % ВЕ	122	46,6	-21	>100	-	83
11.	БНД+3,5 % БТ+0,7 % ВЕ	127	46,5	-20	>100	70	93
12.	БНД+3,5 % БТ+1 % ВЕ	111	46,2	-19	>100	-	98

Примітка. Умовні позначення: T_p – температура розм'якшення; $T_{кр}$ – температура крихкості; P_{25} , – пенетрація при 25 °С; E – еластичність; D_{25} – дуктильність при 25 °С; C – зчеплення

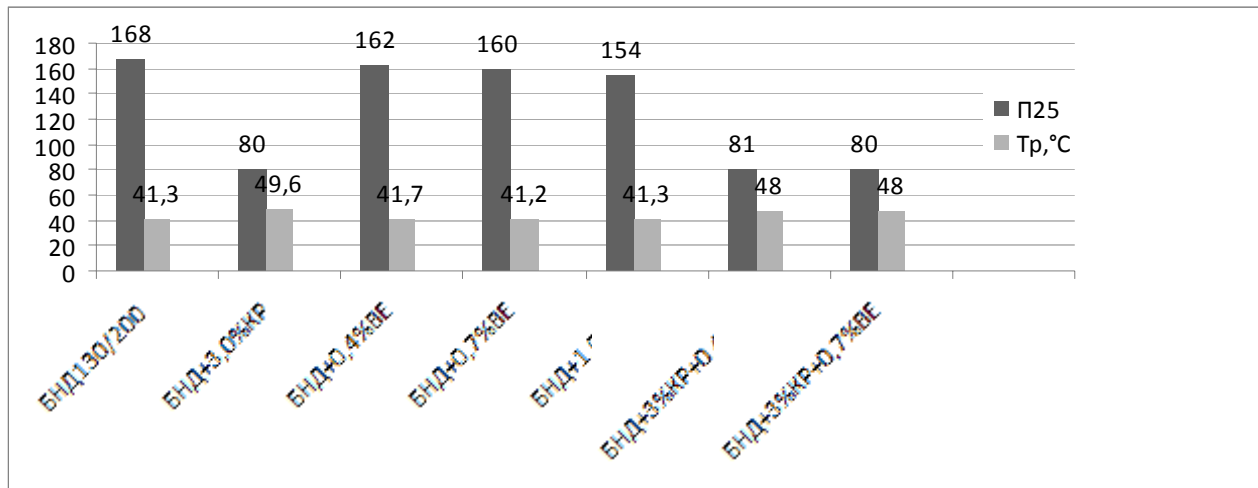


Рис.3. Вплив полімерів і добавок на температуру розм'якшення та пенетрацією

Таблиця 5

Порівняльна таблиця показників властивостей бітумо-полімерних в'язучих

№ п/п	Склад в'язучого	Показники властивостей					Орієнтовна вартість грн./кг
		$P_{25}, 0,1 \text{ мм}$	$T_p, ^\circ C$	$T_{пр}, ^\circ C$	$D_{25}, \text{ см}$	$E_{25}, \%$	
1.	БНД 90/130 (бітум)	129	42	0	73	-	
2.	БНД+1,5 % Е (Елвалой)	85	53,5	11,5	62	76	43-45
3.	БНД+2 % Е	62	59,5	17,5	>100	86	
4.	БНД+2,5 % Е	68	62	20	>100	89	
5.	БНД+3,0 % КВ (Квалітекс)	84	54	12	>100	34	
6.	БНД+4,0 % КВ	73	56	14		42	
7.	БНД+5,0 % КВ	66	58	16		57	
8.	БНД+2 % КР (Кратон)	62	45,8	3,8	-	50	19-24
9.	БНД+3 % КР	48	52	10		67,8	
10.	БНД+2 % БТ (Бутанол)	104	51	9	>100	48	19-22
11.	БНД+2,5 % БТ	89	52,3	10,5	>100	57	
12.	БНД+3 % БТ	78	54	12	>100	65	
13.	БНД+4,5 % БТ	62	57	15	>100	-	

Примітка. Умовні позначення: T_p – температура розм'якшення; $T_{пр}$ – приріст температур розм'якшення при введенні полімерів; P_{25} , – пенетрація при 25 °С; E – еластичність; D_{25} – дуктильність при 25 °С

Висновки

1. Модифікація бітумів полімерами призводить до підвищення адгезійної активності в'язучого. Ступінь такого підвищення залежить від адгезійних властивостей самого в'язучого та полімеру і їх співвідношення. Для кожної пари (бітум-полімер) необхідно визначати величину зчеплення, що сприятиме прогнозуванню водостійкості асфальтобетону.

2. Введення Елвалоя в межах 2,5 % у початковий бітум приводить до практично лінійного підвищення температури розм'якшення полімербітумного в'язучого. При цьому ступінь наростання температури при рівній кількості Елвалоя тим вище, чим нище в'язкість початкового бітуму. В той же час температура крихкості залишається практично незмінною, розтяжність при 25°С істотно знижується, виявляється слабка еластичність, істотно росте когезія, підвищується зчеплення з скляною поверхнею. По суті, введення полімеру приводить до перекладу початкового бітуму у в'язкішу марку з набагато кращими показниками властивостей і збереженням температури крихкості на рівні менш в'язкого початкового бітуму.

3. Додавання ПАР WETFIX BE у чистий бітум та бітумополімер практично не змінює їх технічних властивостей: пенетрацію, температуру розм'якшення та крихкості. Дуктильність в'язучого, що містить ПАР, може дещо зменшуватись у порівнянні з вихідним в'язучим.

4. Введення поверхнево-активної добавки WETFIX BE принципово зміцнює адгезійну активність бітуму, збільшуючи її у багато разів. Цей загальновідомий факт підтверджено наведеними тут результатами випробування малов'язкого та гранично малоактивного бітуму БНД 130/200.

Використання ПАР WETFIX BE для підвищення адгезійної здатності бітумів, модифікованих полімерами Кратон Д 1101 та Бутонал NS-198, супроводжується істотним підвищенням зчеплення зі склом: з 20 % до 98 % у випадку Кратона та з 55 % до 98 % у випадку Бутонала NS-198. Відчутне підвищення зчеплення відповідає 0,4 % вмісту ПАР у БМП, а практично максимальне - 0,7 % вмісту ПАР.

5. У трійчій системі бітум, полімер, ПАР - кожна добавка виконує свою функцію. Головна роль полімеру зводиться до того, що він посилює бітум, знижуючи його пенетрацію, при збереженні низькотемпературної деформативності вихідного бітуму та надає йому еластичності (у випадку використання термоеластопластів або каучуків чи латексів). Підвищення зчеплення в'язучого за рахунок використання полімерів є його вторинною

функцією, прояв якої залежить від хімічного складу полімеру. Поверхнево-активна добавка, відповідного класу, поліпшує зчеплення модифікованого в'язучого з мінеральною поверхнею. При цьому досягається ефект еквівалентний тому, що має місце у випадку введення ПАР до бітуму, призначеного для модифікації. Таким чином, ефективність дії ПАР є практично інваріантною по відношенню до полімерного модифікатора.

6. Приймаючи до уваги низьку адгезійну активність бітумів, які використовуються в дорожній галузі України, використання катіонактивних ПАР у бітумополімерних в'язучих, що використовуються для виготовлення асфальтобетонних сумішей, призначених для доріг вищих категорій, має бути узагальненою практикою.

Література

1. Гохман Л.М., Золотарев В.А., Гезенцевей Л.Б. Исследование деформационной устойчивости асфальтобетона с применением ПБВ в статистическом и динамическом режимах деформирования: Труды СоюздорНИИ, 1977. - № 89. -С. 68-87.
2. Золотарьов В.О., Столярова Л.В., Гончаренко Ю.Ф. Полімербітумне в'язуче для асфальтобетону // Автошляховик України. -№ 2.-2000. -С. 30-32.
3. Гнатенко Г.Ф., Фесенко В.І., Галкін А.В., Жданюк В.К., Золотарьов В.О. Досвід приготування полімербітумного в'язучого у безкомпресорній установці // Автошляховик України. - № 1. -2001. -С. 39-42.
4. Золотарев В.А. Исследование структурно-механических свойств асфальтобетона. - Автомобильные дороги и дорожное строительство. -1964.- Вып. 1. - С. 90-96.
5. Золотарьов В.О. Звіт по темі № 38-15-05 «Проведення лабораторних випробувань адгезійної добавки WETFIX VE та інших добавок або модифікаторів для покращення властивостей дорожніх бітумів»/
6. Рекомендації по технології приготування бітумів, модифікованих термопластичними еластомерами «Кратон Д», та влаштування асфальтобетонних покриттів на їх основі. Управління науково-технічної політики Державної служби автомобільних доріг України.- Харків, 2002.- 15 с.

Аннотация

В работе выполнены исследования влияния полимерно-битумных вяжущих на свойства дорожных битумов, рассмотренные их технические характеристики, сравнивались показатели свойств полимерных добавок, которые используются.

Annotation

Researches of influence of polymeric-bituminous astringent on property travelling bitumens, considered them technical descriptions, are in-process executed, the indexes of properties of polymeric additions which are utilized were compared.