УДК 625.7.06

С.В. Кіщинський

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ БІТУМІВ

З усіх складових асфальтобетону бітум є найбільш чутливим до дії транспорту та погодно-кліматичних умов. Саме його властивості вирішальним чином впливають на строки служби покриттів. Розм'якшення бітумів при підвищених температурах влітку та крихкість взимку в поєднанні з нездатністю до зворотних деформацій призводить до утворення на покриттях колій, хвиль, зсувів та тріщин.

Модифікація полімерами знижує чутливість бітуму до змін температури та тривалого навантаження, надає йому високої пружності, збільшує когезійну міцність та теплостійкість з одночасним поліпшенням низькотемпературної поведінки.

Обсяги застосування модифікованих бітумів в промислово розвинутих країнах постійно зростають. Так, в США відсоток модифікованих бітумів від загального їх обсягу зріс з 5 % в 1993 році до 15 % в 2005 році. Сьогодні бітуми, модифіковані різними полімерами, складають біля 10 % усіх бітумів, що застосовуються у світі в дорожньому будівництві .

В загальному обсязі полімерів, що використовуються за кордоном в дорожньому будівництві, біля 75 % складають термоеластопласти (СБС,СБР,СБ,СІС та інші), приблизно 15 % - термопласти (ЕВА, ЕБА,ЕГМА, тощо) і не більше 10 % інші види полімерів.

Висока популярність термоеластопластів обумовлена широким діапазоном їх дії. Вони надають бітумам високої еластичності (60-90 %), що дозволяє бітумам працювати в пружній стадії з мінімальною залишковою деформацією, збільшують когезійну міцність та температуру розм'якшення бітумів і одночасно покращують низькотемпературну поведінку в'яжучого: збільшують розтяжність та пенетрацію при 0 °С, зберігають або знижують температуру крихкості.

Вплив термопластів більш вузький. Вони збільшують когезійну міцність та температуру розм'якшення бітумів, надають їм помірної еластичності (до 60 %).

Термопласти побудовані на основі етиленового ланцюга, до якого приєднані різні типи функціональних груп або їх комбінації: гліцидил-, вініл-, метил-, акрилат- тощо.

Так, структура термопластів забезпечує утворення стабільної однорідної структури в'яжучого, яке не розшаровується навіть при тривалому зберіганні за робочої температури. Крім того насичена етиленова основа забезпечує підвищену стійкість бітумів до окислення та старіння.

Головною причиною, що стримує широке застосування модифікованих бітумів, є висока вартість полімерів. Так в Україні модифікатори коштують від 15 до 30 гривень за кілограм, що призводить до подорожчання бітуму в 1,5...2 рази.

Тому зниження вартості модифікованого бітуму за рахунок використання більш дешевих вітчизняних полімерів є важливою та актуальною проблемою, вирішення якої дозволить значно збільшити обсяги використання модифікованих бітумів і таким чином підвищити експлуатаційну надійність покриттів мережі доріг України.

На сьогодні в Україні нема ефективного та недорогого полімерного модифікатору бітуму.

Ще за часів колишнього СРСР з усієї полімерної промисловості в Україні набула розвитку лише хімія полістиролу, полівінілхлориду та поліетилену.

Полістирол та полівінілхлорид практично не суміщаються з нафтовими бітумами.

Більш придатним матеріалом для модифікації бітумів є поліетилен.

Він розчиняється або набрякає в продуктах нафтопереробки, і тому є перспектива суміщення його з дорожніми бітумами.

Поліетилен - твердий полімер білого кольору, має формулу $(-CH_2-CH_2-)_n$, конформація карбонового ланцюга - плоский зигзаг. В промислових умовах отримують з етилену $CH_2=CH_2$ полімеризацією за радикальним механізмом при високому тиску поліетилен високого тиску або низької густини ($П_{вт}$), за іонно-

координаційним механізмом на каталізаторах Циглера при низькому тиску – поліетилен низького тиску ($П_{нт}$) та за іонним механізмом на металоокисних каталізаторах при середньому тиску ($П_{ст}$). Поліетилени, що отримують двома останніми способами, називають ще поліетиленами високої густини.

Фізико-механічні властивості поліетиленів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Фізико-механічні властивості поліетиленів

Показники	Поліетилен		
	високого тиску ($П_{вт}$)	низького тиску ($П_{нт}$)	середнього тиску ($П_{ст}$)
Молекулярна маса	18000-35000	50000-800000	50000-500000
Число відгалужень на 1000 атомів вуглецю	20-50	5-15	3-15
Густина, г/см^3	0,92-0,93	0,94-0,96	0,96-0,97
Ступінь кристалічності, %	55-70	80-90	85-90
Температура плавлення, °С	105-110	120-130	128-130
Температура крихкості, °С	мінус 120 - мінус 80	мінус 150 - мінус 70	мінус 140 - мінус 70
Водопоглинання за 30 діб при 20 С, %	0,040	0,030-0,040	0,005
Границя міцності при розтягуванні, кг/см^2	120-160	220-280	270-340
Відносне подовження при розриві, %	150-600	200-900	100-700

Поліетилени за температури вище 80 °С розчиняються в багатьох розчинниках, особливо добре в ароматичних (бензол, ксилол, толуол) та аліфатичних вуглеводнях (CCI_4, нафтовому та кам'яновугільному сольвентах, соляровому маслі). Ступінь набрякання та розчинення зростає зі зменшенням густини та молекулярної маси [1]. Виходячи з цього, краще з бітумами суміщається поліетилен високого тиску і низької густини ($П_{вт}$).

Можливість використання $П_{вт}$ в ролі модифікатора бітумів підтверджується тим, що майже всі модифікатори класу термопластів виробляються на основі поліетиленів.

Суміщення $П_{вт}$ з бітумом можливе при нагріванні суміші до температури 280...300 °С внаслідок частковій деструкції або при значно нижчих температурах (біля 200 °С) за умови введення пластифікаторів. Це пояснюється нестачею у бітумі парафінонафтенових вуглеводнів, здатних пластифікувати або розчиняти поліетилен [3]. Існують два підходи до того, яким повинен бути склад пластифікатора. За одним пластифікатори повинні вміщувати переважно парафінонафтенові вуглеводні, в яких краще розчиняється $П_{вт}$. За другим - нафтеноароматичні та ароматичні вуглеводні, які забезпечують не тільки розчинення $П_{вт}$, але й краще його суміщення з бітумом.

Введення $П_{вт}$ в бітум поліпшує фізико-механічні властивості в'яжучого при високих температурах і практично не впливає на його поведінку при низьких [2, 3, 5, 6].

$П_{вт}$ застосовують також у щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішах замість целюлозних стабілізуючих добавок [4, 8]. В цьому випадку зростає модуль жорсткості та зменшується термочутливість сумішей, що дозволяє підвищити зсувостійкість шарів дорожнього одягу. Використовувати поліетилен рекомендується в областях з помірними зимовими температурами [3, 9, 10].

Більш придатними для модифікації бітумів є відходи $П_{вт}$. При аналогічному впливі на властивості бітумів та асфальтобетонів вони набагато дешевші і краще суміщаються внаслідок деструкції, яка відбувається при експлуатації виробів з $П_{вт}$ [11]. В цьому випадку суміщення можливе без пластифікатора.

Дослідженнями, виконаними у Варшавському технологічному університеті, доведена можливість отримання однорідної суміші бітуму зі значним вмістом нафтових компонентів та відходів $П_{вт}$ при температурі суміщення 220 °С. Показано, що введення 2 % відходів поліетилену приводить до підвищення температури розм'якшення бітумів на 20 % [12].

У Франції відходи поліетилену додають в асфальтобетони в кількості 0,4-1,0 % від маси мінеральної частини з метою армування сумішей, підвищення в'язкості в'яжучого, заповнення

пустот мінерального остову. Як структуруюча добавка відходи поліетилену збільшують жорсткість та знижують термочутливість асфальтобетону при високих температурах, таким чином підвищуючи зсувостійкість покриттів [4, 16, 17].

В Національному університеті “Львівська політехніка” запропонована технологія отримання будівельних бітумів шляхом окислення суміші гудрону з відходами поліетилену [13].

Недоліками відходів $П_{вт}$ є їх неоднорідність та забрудненість, що вимагає попередньої підготовки: сортування, миття, подрібнення (агломерація) тощо.

Більш придатний для модифікації, так званий, вторинний поліетилен.

Вторинний поліетилен – продукт переробки відходів виробів з $П_{вт}$: сільськогосподарської плівки, плівкової тари, оболонки телефонного кабелю, і одночасно він є сировиною для повторного виготовлення продукції.

Під час переробки відходи $П_{вт}$ піддаються додатковій термоокислювальній та механохімічній дії, що призводить до локальних розривів полімерних ланцюгів та зростання їх активності. Як результат, вторинний поліетилен краще суміщається з бітумом, ніж непереробленні відходи $П_{вт}$ [11]. Вторинний поліетилен має вигляд крихт розміром 2...15 мм або гранул розміром 2...6 мм, що робить його більш технологічним, ніж відходи $П_{вт}$.

Вторинний поліетилен може використовуватись як армуюча добавка до теплого асфальтобетону. Введення 2...3 % армуючих волокон довжиною 5...40 мм і діаметром 0,5...3,0 мм збільшує міцність асфальтобетону на стиск при 20 °С на 20 % і при 50 °С – на 35 % [14].

Зміна властивостей асфальтобетону при його модифікації вторинним поліетиленом у вигляді крихт пов’язана з ефектом структурування бітуму. Максимальна міцність на стиск асфальтобетонної суміші на основі в’язкого бітуму (БНД 60/90) досягалась при введенні 2 % вторинного поліетилену. Для асфальтобетонів на малов’язкому бітумі (БНД 130/200) міцність зростала пропорційно збільшенню вмісту добавки до 5 %. Оптимальний вміст вторинного поліетилену для асфальтобетону на основі бітуму марки БНД 90/130 становить 0,8...1,5 % від маси

мінеральної частини. При цьому міцність на стиск збільшується на 25...30 % при 20 °С та на 30...35 % при 50 °С [14].

Суміщення 5 % вторинного поліетилену з бітумом марки БНД 60/90 за температури 220 °С протягом 1 год. збільшує температуру розм'якшення на 20 °С з пенетрацією при 25 °С 50...55·0,1 мм. При вмісті 10 % вторинного поліетилену і збільшенні температури гомогенізації до 280 °С пенетрація при 25 °С збільшується до 60...65·0,1 мм, температура розм'якшення зростає до 70 °С, а температура крихкості знижується до мінус 28 °С. При збільшенні вмісту поліетилену до 12...15 % утворюється суцільна полімерна сітка, що супроводжується подальшим збільшення теплостійкості та зниженням температури крихкості [14].

Обмежений характер впливу $П_{вт}$ та вторинного поліетилену на властивості бітуму обумовлює необхідність підвищення ефекту модифікації шляхом додаткового використання термоеластопластів, які мають більш широкий спектр дії. Це підтверджує закордонний досвід.

Так, у Франції, Іспанії та інших західноєвропейських країнах для підвищення температури розм'якшення та еластичності бітумів, що вміщують термопласти на основі поліетилену (EVA) використовують більш дорогі термоеластопласти типу СБС [4, 19].

M.Merfy, N.O'Mahony та інші [20] вивчали можливість використання сумішей різних відходів полімерів, в тому числі і $П_{вт.}$ для модифікації бітумів. Перевірялась лише зміна в'язкості та температури розм'якшення.

Встановлено, що модифікація бітуму 6 % суміші (відходи $П_{вт}$ (2 %) $_+$ EVA (4 %) дозволяє отримати в'яжуче, яке за пенетрацією при 25 °С (95·0,1 мм) та температурою розм'якшення (70 °С) наближається до бітуму, модифікованого 5 % СБС.

При модифікації бітуму сумішшю полімерів, яка складається з 4 % СБС та 3 % відходів $П_{вт,.}$ було отримано в'яжуче, що при тій же в'язкості має температуру розм'якшення, яка не поступається температурі розм'якшення бітуму, модифікованого 5 % СБС (72 °С) [20].

Професор Веренько А.А. (БНТУ) [15] з метою зниження вартості модифікованого бітуму досліджував можливість використання кондиційного термопласту на основі поліетилену

(EVA) для часткової заміни більш дорогого термоеластопласту KRATON D.

Замість 5 % термоеластопласту пропонується вводити у бітум 5 % суміші термоеластопласту KRATON з $П_{вт}$ у співвідношенні 1:3. При цьому висловлюється думка, що ефект від суміщення в якому-небудь середовищі двох полімерів буде значно вищим, ніж цього можна очікувати за правилами сумішей. Це відбувається за рахунок утворення міжфазних переходів в шарах, які обумовлюють особливі властивості сумішей.

В Білорусі також проводились дослідження з метою визначення доцільності використання порошкоподібних відходів переробки старих кабелів - суміші $П_{вт}$ та каучуків для модифікації асфальтобетонів. Асфальтобетон на основі бітуму, модифікованого 5 та 7 % відходів, мав у 2 рази більшу міцність на стиск при 50 °С, ніж звичайний без зниження опору низькотемпературному розтріскуванню. При введенні відходу в кількості 1 % від маси мінеральної частини безпосередньо в асфальтобетонну суміш отримано збільшення міцності на стиск при 50 °С в 1,7 рази [13].

Аналіз наведеної інформації свідчить про можливість зниження вартості модифікованих бітумів в Україні шляхом використання $П_{вт}$. Найкраще для цього підходить вторинний поліетилен.

Вказані полімери підвищують теплостійкість бітумів, забезпечують стабільність структури при тривалому зберіганні за робочих температур. В той же час за низькотемпературними характеристиками та еластичністю бітуми, що їх вміщують, не задовольняють вимогам діючих технічних умов. ТУ У В.2.7-24.1-03450778-198 “Бітуми, модифіковані полімерами”.

Як було вказано вище, за кордоном існує практика застосування дешевих модифікаторів бітуму на основі поліетилену (термопластів типу EVA) для часткової заміни більш дорогих термоеластопластів типу СБС. Дослідження, присвячені використанню для цієї мети відходів $П_{вт}$, носять, на нашу думку, обмежений характер. До того, в країнах ЄС застосовують залишкові дистиляційні бітуми, тоді як в Україні та СНД - окислені.

Вищевикладене дозволяє висунути гіпотезу про можливість отримання більш дешевих вітчизняних модифікаторів бітумів за

рахунок комплексного використання $П_{вт}$ або вторинного поліетилену разом з термоеластопластом. Це дозволяє набагато зменшити потрібний для модифікації вміст термоеластопласту.

Таким чином, задачами роботи є:

- дослідження впливу вітчизняного $П_{вт}$ та вторинного поліетилену на властивості окислених бітумів;
- пошук оптимальних параметрів їх суміщення;
- дослідження сумісного впливу термоеластопластів та вторинного поліетилену на властивості бітумів;
- підбір оптимального складу в'яжучого.

Вихідні матеріали:

- бітуми марки БНД 60/90, БНД 90/130 та БНД 130/200 Мозирського НПЗ, АТ "Укртатнафта", "АЗМОЛ", ВАТ "Лукойл-Нижнегороднефтеоргсинтез" та ВАТ "ЛИНОС";
- модифікатори: вторинний поліетилен ($П_2$), а також термоеластопласти: KRATON D виробництва компанії KRATON Polimers, Calprene - фірми Repsol, ДСТ-30 компанії "Воронежсинтезрезкаучук", Butonal NS 198 та NS 104 - компанії BASF;
- пластифікатори: нафтовий гудрон та нафтовий екстракт.

Визначались такі показники модифікованого бітуму, як: пенетрація при 25 та 0 °С, температура розм'якшення, розтяжність при 25 та 0 °С, еластичність.

На першому етапі дослідження підбирались умови суміщення вторинного поліетилену з бітумами та склад композиції: температура нагрівання, тривалість нагрівання, оптимальна кількість полімеру.

Температуру суміщення варіювали від 140 до 210 °С, тривалість суміщення - від 1 до 5 год, вміст поліетилену - від 1 до 5 % мас. Як показали випробування, зразки $П_{вт}$ в дослідженому температурно-часовому режимі погано розчиняються у бітумі. При малому вмісті (до 1 % мас.) поліетилен майже не впливає на властивості в'яжучого, а при більшому (2...4 % мас.) має місце розшарування в'яжучого і значне погіршення його структурно-реологічних характеристик: різко зростає в'язкість, а розтяжність падає.

Для полегшення суміщення були застосовані пластифікатори: масло ПШ-1 (пластифікатор шинний) та нафтовий гудрон.

Кращі результати показав нафтовий гудрон, що пояснюється присутністю в ньому поряд з парафіновими та парафінонафтеновими вуглеводнями (складові масла ПШ-1) деякої кількості нафтеноароматичних та ароматичних вуглеводнів, в яких поліетилен розчиняється краще.

В результаті проведених досліджень вибрані оптимальні умови суміщення: температура нагріву (195...200) °С, тривалість нагріву (2...3) години, вміст нафтового гудрону - (15...35) %.

Встановлено, що кращі показники температури розм'якшення та еластичності, отримані при співвідношенні $П_{вт.}$: KRATON як 3:1,5, а $П_{вт}$: Calprene як 3:1. ДСТ-30 надає бітуму меншої еластичності. Результати випробувань свідчать, що ефективність дії модифікатора суттєво залежить від в'язкості та походження бітуму, природи пластифікатора.

Результати випробувань наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Фізико-механічні властивості бітумів, модифікованих полімерними композиціями різного складу на основі кондиційного $П_{вт}$

Склад в'яжучого, %	Фізико-механічні характеристики					
	$П_{25}$, 0,1 мм	$П_0$, 0,1 мм	КіК, °С	$Д_{25}$, см	$Д_0$, см	Е, %
Бітум Мозирського НПЗ	65	18	50	>90	3,6	-
Бітум-91,0, ПШ-1-7,0, $П_{вт}$-2 ,0	51	21	55	12,7	4,1	-
Бітум "Укртатнафта"	100	22	45,0	88,0	5,4	-
Бітум-70,0, гудрон-27,0, $П_{вт.}$-3,0	93	19	49,0	13,1	5,1	-
Бітум-80,0, гудрон - 17,0, $П_{вт}$-1,5, KRATON D- 1,5	78	21	50	40,0	10,0	60
Бітум-59,0, гудрон-35,5 $П_{вт}$ -4,0, KRATON D- 1,5	67	24	66,0	23,3	9,8	60
Бітум-69,0, гудрон-27,0, $П_{вт.}$-2,5, Calprene-1,5	78	23	55,0	15,6	9,9	59

Склад в'яжучого, %	Фізико-механічні характеристики					
	$П_{25}$, 0,1 мм	$П_0$, 0,1 мм	КіК, °С	$Д_{25}$, см	$Д_0$, см	Е, %
Бітум-79,0, гудрон-18,0, $П_{вт.}$-2,0, Calprene-1,0	57	25	56,0	19,0	8,7	57
Бітум "АЗМОЛ"	140	38	43,0	72,0	7,0	-
Бітум-69,0, гудрон -27,0, $П_{вт.}$-3,0, Calprene-1,0	111	30	50,0	15,2	10,6	56
Бітум-69,0, гудрон-27,0, $П_{вт.}$-3,0, ДСТ-30-1,0	105	31	50,0	16,0	11,2	49
Умовні позначення: $П_{25}$, $П_0$ – глибина проникнення голки (пенетрація); бітуму відповідно при 25 і 0 °С; $Д_{25}$, $Д_0$ – розтяжність (дуктильність); КіК – температура розм'якшення; Е – еластичність.						

Результати випробувань бітумів, модифікованих 3...5 % суміші полімерів, підтвердили можливість отримання більш дешевих полімербітумних в'яжучих з потрібними фізико-механічними характеристиками.

Застосування вторинного поліетилену для модифікації бітумів виявилось набагато ефективнішим.

Результати випробувань композицій на основі вторинного поліетилену приводяться в таблиці 3.

Таблиця 3 - Фізико-механічні властивості бітумів, модифікованих полімерними композиціями на основі вторинного поліетилену

Склад в'яжучого, %		Фізико-механічні характеристики					
		$П_{25}$, 0,1 мм	$П_0$, 0,1 мм	КіК, °С	$Д_{25}$, см	$Д_0$, см	Е, %
Бітум "Укртатнафта"		100	21	45,0	86,0	5,4	-
Бітум-60,0 гудрон-37,0	$П_2$ -3,0	98	22	60,8	10,4	6,0	-
Бітум "Укртатнафта"		136	39	43,5	94,0	6,6	-
Бітум-97,8	$П_2$-2,2	123	24	50	59,1	5,5	-

Склад в'яжучого, %		Фізико-механічні характеристики					
		$П_{25}$, 0,1 мм	$П_0$, 0,1 мм	КіК, °С	$Д_{25}$, см	$Д_0$, см	Е, %
Бітум-97,0	$П_2$-2,3 ДСТ- 0,8	90	19	52	41,5	6,7	46,3
Бітум-96,5	$П_2$-2,75 ДСТ-0,75	70	25	53	28,8	8	39,7
Бітум-96,0	$П_2$-3,0 ДСТ-1,0	78	28	53	34,7	8,2	58
Бітум "АЗМОЛ"		140	38	43,0	72,0	7,0	-
Бітум-96,0	$П_2$ -4,0	95	26	55,0	16,4	3,6	-
Бітум-96,0	$П_2$-3,0 Calprene-1,0	97	30	53,0	24,7	8,1	60
Бітум-96,0	$П_2$-3,0 ДСТ-1,0	80	27	55,0	20,7	8,3	56
Бітум Мозирського НПЗ		86	22	48,5	68,5	4,2	-
Бітум-71,8 гудрон-3,7	ДСТ-1,5 $П_2$- 3,0	118	34	52,5	32,7	18,1	66
Бітум-76,0 гудрон-20	ДСТ-1,0 $П_2$-3,0	85	24	55,5	26,7	8,9	56
Бітум "Лукойл-Нижне-городнефтеоргсинтез		112	16	43	>90	5,2	-
Бітум-95,0	$П_2$-2,9 NS 104-1,4 НЕ-0,7	79	19	52,9	87,5	7,5	75
Бітум-96,5	$П_2$-2,0 KRAT.D-1,0 НЕ-0,5	75	19	50,3	60	9,2	38
Бітум-96,5	$П_2$-2.0 NS 198-1,0 НЕ-0,5	81	19	50	>90	7,3	62
Бітум-96,5	$П_2$-2,2 ДСТ-0,8 НЕ-0,3	81	22	49,7	65,4	8,3	41,5

Склад в'яжучого, %		Фізико-механічні характеристики					
		$П_{25}$, 0,1 мм	$П_0$, 0,1 мм	КіК, °С	$Д_{25}$, см	$Д_0$, см	Е, %
Бітум-96,5	$П_2$-2,5 Calp.-0,7 НЕ-0,3	71	19	51	64	6,3	63
Бітум ВАТ "ЛИНОС"		90	10	48	>90	4,2	-
Бітум-97,0	$П_2$-2,0 NS 198-0,7 НЕ-0,3	61	16	55,3	31	4,0	61
Умовні позначення: $П_2$ – вторинний поліетилен; NS 104 – Butonal NS 104; NS 198 – Butonal NS 198;		Calp. - Calprene; KRAT.D - KRATON D; ДСТ - ДСТ 30-01 НЕ – нафтовий екстракт					

Як і передбачалось, вторинний поліетилен розчиняються в бітумах без використання пластифікаторів. Його можна вводити в бітум до 4 % мас.. При цьому спостерігається помірне підвищення в'язкості в'яжучого з одночасним забезпеченням достатньо високої його теплостійкості.

Найкращі результати за такими важливими показниками, як температура розм'якшення та еластичність, отримано з використанням термоеластопластів Calprene та Butonal із співвідношенням вторинного поліетилену до термоеластопласту від 2:1 до 3:1. Для отримання більш якісних полімербітумних в'яжучих (БПВ) та зменшення впливу полімерів на підвищення в'язкості необхідно вводити пластифікатори, а саме: нафтовий гудрон в бітум, а нафтовий екстракт суміщати з полімером.

Комплексна модифікація призводить до зниження показника розтяжності бітуму при 25 °С, що є типовим для всіх БПВ.

Розтяжність при 25 °С в країнах ЄС не вважається інформативним показником як для БПВ, так і для чистих бітумів. Останнє, на наш погляд, не відповідає дійсності. Висока розтяжність вихідних бітумів є додатковим доказом наявності в бітумах значної кількості смол, які надають стабільності в'яжучому та збільшують міцність (когезію). Особливо це важливо для окислених бітумів, які, в основному, використовуються в Україні.

Розтяжність при 0 °С на даному етапі розвитку системи оцінки якості модифікованих бітумів може розглядатися як інформаційно-корисний показник. При будь-яких обставинах значне збільшення розтяжності при 0 °С може розцінюватися як свідчення можливого підвищення тріщиностійкості в'яжучого.

Глибина проникнення голки при 0 °С теж не використовується в Європі як характеристика якості бітуму. В країнах СНД вона розглядається як один із критеріїв прогнозування тріщиностійкості в'яжучого: отриманий відносно високий показник пенетрації при 0 °С дозволяє припустити і більшу тріщиностійкість в'яжучого на його основі.

Таким чином, встановлені стандартні характеристики в'яжучого, що вміщує два полімери, є типовими для модифікованих в'яжучих на основі термоеластопластів: знижується в порівнянні з бітумами глибина проникнення голки та розтяжність при 25 °С, ростуть температура розм'якшення, розтяжність і пенетрація при 0 °С, індекс пенетрації, розширюється інтервал пластичності, з'являється еластичність.

Еластичність, якої набуває в'яжуче при введенні полімеру в бітум, є однією з ознак ефективності полімеру, і яка по суті свідчить про наявність або відсутність структурної сітки в полімербітумному в'яжучому, про нову конформацію його структурних елементів, що забезпечують когезійну міцність в'яжучого та міцність при втомленні.

Висновки

1. На підставі аналізу вітчизняного та закордонного досвіду, а також проведених досліджень обгрунтована можливість використання вторинного поліетилену як більш дешевого замінника модифікатору бітумів.

2. Вторинний поліетилен підвищує теплостійкість бітумів з одночасним збільшенням їх в'язкості. Отримання модифікованого бітуму, що відповідає вимогам ТУ У В.2.7-24.1-03450778-198, вимагає додаткового введення у в'яжуче термоеластопластів, які, зокрема, надають бітумам значно більшої еластичності та поліпшують їх низькотемпературну поведінку. При цьому

потрібний вміст термоеластопластів в 2...3 рази менший, ніж при їх використанні без вторинного поліетилену.

3. Виконано підбір складів та технологічних параметрів комплексної модифікації бітумів. Температура суміщення полімерів з бітумом 195...200 °С, тривалість процесу - 2...3 години. Загальний вміст полімерів становить 3...4 %, співвідношення вторинного поліетилену та термоеластопласту (в залежності від марки) складає від 2:1 до 3:1. Для зменшення темпів зростання в'язкості в'яжучого при модифікації запропоновано вводити пластифікатори: гудрон - 15...35 % від маси бітуму, масла та нафтовий екстракт - 10...15 % від вмісту полімерів.

4. Подальшими напрямками роботи є:

- дослідження процесів суміщення вторинного поліетилену з термоеластопластами в присутності різних пластифікаторів;

- вивчення взаємного впливу полімерів та різних пластифікаторів на характеристики модифікованих бітумів;

- на базі проведених досліджень розробка комплексного модифікатора бітумів, оптимізація його складу як за кількістю, так і за номенклатурою компонентів;

- вивчення впливу властивостей бітуму на ефективність комплексної модифікації;

- дослідження властивостей полімерасфальтобетону, що вміщує розроблений модифікатор, визначення його складу та технології приготування.

Література

1. Энциклопедия полимеров. Ред. коллегия: Кабанов В.А. // М. - «Советская энциклопедия» – 1977 – 1152 с.

2. Андрианова Г.П. Физико-химия полимеров // М. – Химия - 1974.

3. Бахтинов С.А. Модификация дорожных битумов полиэтиленом. Международный студенческий форум «Образование, наука, производство» // Белгород – 2002 – Сб. тезисов докл. Ч.2. - с. 288

4. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве // под общей ред. Золотарева В.А. - Харьков - 2003 - 228 с.

5. G. Nievelt. The present position of the use of polymers in black-top construction in Austria. Eurobitume seminar // pp. 293-295 - Londres – 1978.

6. Brevet d'invention US Patant 4, 314, 921. Method and apparatus for preparing a bituminous binder, February, 1982.

7. S.-A. M. Hesp. Steric stabilization of polymer-modified bitumens. Communication at seminaire AIPCR Bitumes modifies // Rome - Juin - 1998 - texte en annexe du present document.

8. E. Richter. Vergleichende Untersuchungen an stabilisierenden Zustzen fur Splittmastixasphalt // Bitumen 2 - 1991.

9. W.-S. Mogawer, K.-D. Stuart. Effect of Coarse Aggregate Content on Stone Matrix Asphalt Rutting and Draindown - TRR - 1492 - 1995.

10. E.-R. Brown Rajib Basu Mallick. Laboratory Study on Draindown of Asphalt Cement in Stone Matrix Asphalt // TRR – 1513 -1995.

11. Вторичное использование полимерных материалов // М. - Химия - 1985 - 192 с.

12. Бжозовска Т., Буковски А. Модификация битумов с помощью полиэтиленовой пленки. Тезисы докладов Международной конференции «Химия и экология композиционных материалов на основе битумных эмульсий и модифицированных битумов» // Минск - 1999 - с. 71.

13. Федевич О.Є., Грималюк Б.Т., Левуш С.С. Використання відходів поліолефінів для виготовлення бітумів // с. 176 - Зб. тез IV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Екологія. Людина. Суспільство." Київ - 2001.

14. Асфальтобетон. Сдвигоустойчивость и технология модифицирования полимерами // М. - Машиностроение. - 1994.

15. Веренько В.А. Новые материалы в дорожном строительстве // Минск - УП «Технопринт» - 2004 - 170 с.

16. P. Bense. Enrobes armes par dechets de matieres plastiques. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Fonts et Chaussees // n° 128 - 1983.

17. Note d`Information SETRA Chaussees Dependances n° 28. Enrobes bitumineux renforces par addition de dechets plastiques // May - 1987.

18. P. Bredael. Utilisation de polyethylene haute densite recycle pour revetements routiers. // 5 th Eurobitume Congress, Stockholm - pp. 408-412–1993.

19. P.-M. Spillemaecker. Etudes des proprietes des enrobes drainants // Revue generate des routes et aerodromes n° 654 - 1989.

20. M. Merfy, M. O`Mahony. "Bitumens modified with recycled polymers" // Materials and Structures - № 33 - 2000.