

**Макарчев О.О., Мозговий В.В.,
Бесараб О.М., Онищенко**

ОЦІНКА ВПЛИВУ МОДИФІКАТОРА БІТУМУ БУТОНАЛ NS 198 НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ

Вступ

Відомо, що використання в дорожньому будівництві традиційних рішень з покращення якості асфальтобетонних сумішей за рахунок вдосконалення підбору їх складу та удосконалення технології приготування не вирішує в повній мірі проблему підвищення міцності і довговічності асфальтобетонного покриття автомобільних доріг.

Як показують дослідження останніх років, одним із перспективних шляхів підвищення довговічності асфальтобетону є використання термопластичних та термоеластопластичних полімерів як модифікаторів бітуму та асфальтобетонної суміші [1-10]. Одним із таких модифікаторів є катіонний латекс Бутонал NS 198 фірми БАСФ, який за результатами досліджень американських вчених підвищує теплостійкість, еластичність та адгезійні властивості бітуму. Враховуючи, що кліматичні умови та дорожні бітуми, які застосовуються в Україні, відрізняються від тих, що використовуються в західних країнах і США, постає питання дослідження впливу даного модифікатору для підвищення довговічності асфальтобетонних шарів з урахуванням умов України та властивостей вітчизняних дорожньо-будівельних матеріалів.

Можливість застосування модифікатора Бутонал NS 198 в Україні досліджується ще з 2002 року. Науковими колективами ДерждорНДІ і ХНАДУ вивчався вплив даного модифікатору на властивості дорожнього бітуму та асфальтобетону [2, 8]. Результати лабораторних випробувань підтвердили можливість підвищення показників якості дорожніх бітумів при застосуванні модифікатору Бутонал NS 198. Такі бітумополімери проявляють відому залежність зміцнення в'язучого і появи зростаючої еластичності

при збільшенні кількості полімеру. В них знижується чутливість до зміни температури. Це створює передумови збільшення міцності і витривалості асфальтобетону та його зсувостійкості і тріщиностійкості в дорожньому покритті.

Однак вплив даного модифікатора на властивості асфальтобетону і особливо на його поведінку в конструкції дорожнього одягу вивчено недостатньо. Тому в даній роботі вирішувалися такі завдання:

- проектування оптимальних складів асфальтобетону на бітумі модифікованому катіонним латексом Бутонал NS 198;
- визначення розрахункових термореологічних характеристик асфальтобетону на модифікованому бітумі;
- аналіз впливу модифікатора Бутонал NS 198 на довговічність дорожнього одягу, виходячи з умов тріщиностійкості асфальтобетонного покриття від дії транспорту.

Матеріали для досліджень

Для проведення досліджень, з метою приготування модифікованого бітуму та полімерасфальтобетону, використовувалися кам'яні матеріали Малинського КДЗ та вапняковий мінеральний порошок, бітум марки БНД 60/90 Мозирського НПЗ та модифікатор Бутонал NS 198. Результати визначення якості компонентів показали їх відповідність діючому стандарту на асфальтобетон [11]. Для отримання однорідних асфальтобетонних зразків та з метою забезпечення однакової питомої поверхні мінеральних складових попередньо кам'яний матеріал розсіювали по стандартним фракціям. При підборі складу асфальтобетону дотримувалися стандартних вимог до його фізико-механічних характеристик.

В дослідженні використовували асфальтобетон АБ.Др.Щ.Б.НП.І ДСТУ Б В.2.7-119, що найбільш широко застосовується для влаштування покриття, такого зернового складу: щебінь фракції 5-10 - 40 %; дроблений пісок - 52 %; мінеральний порошок - 8%. Для порівняння асфальтобетонні суміші готували на бітумі БНД 60/90 та на бітумі модифікованому

катионним латексом Бутонал NS 198, а також асфальтобетонні суміші на бітумі БНД 60/90 із введення латексу в суміш при її змішуванні. При приготуванні бітуму модифікованого полімером перевіряли, як властивості в'язучого так і технологічність його отримання. Це дозволило встановити недопустимі режими технології приготування модифікованого бітуму та з'ясувати оптимальні і раціональні умови його приготування та використання.

Методика виготовлення асфальтобетонних зразків

Для виготовлення асфальтобетонних зразків використовували стандартне та спеціальне обладнання лабораторії „Технологія матеріалів і конструкцій транспортного будівництва” ім. проф. Г.К. Сюньї при кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії Національного транспортного університету. Зразки-балочки виготовлювали на секторному пресі (рис. 1) конструкції Радовського-Щербакова [12], що відтворює умови ущільнення асфальтобетону легким, середнім та важким котками.

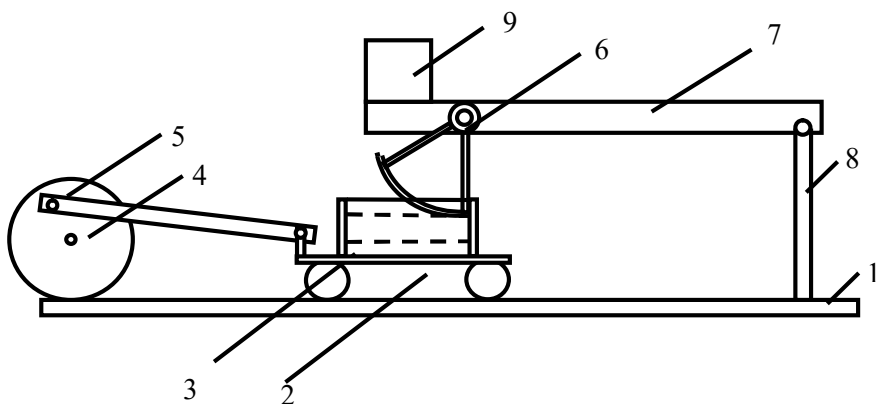


Рисунок 1 - Секторний прес конструкції Радовського-Щербакова для виготовлення асфальтобетонних зразків - балочок: 1 - станина; 2 - візок; 3 - форма; 4 - електродвигун з редуктором і маховиком; 5 - шатунно - кривошипний механізм; 6 - сектор; 7 - важіль; 8 - стійка; 9 - вантаж.

Секторний прес складається із станини 1, по якій рухається візок 2 із встановленою на ньому металевою формою 3. Візок приводиться в рух електродвигуном, ущільнення суміші в металевій формі здійснюється сектором.

На секторному пресі встановлювали оптимальну технологію ущільнення підібраних складів з метою одержання коефіцієнта ущільнення не менш 0,98.

Методика випробування асфальтобетону

Фізико-механічні та розрахункові характеристики асфальтобетону визначали згідно діючих нормативів [12, 14, 15].

Для визначення границі міцності на розтяг при згині випробовували зразки на згин зосередженою силою за статично визначеною схемою, як балку на двох опорах. Випробування проводили на машині марки МИП-500, при температурі 0°C і швидкості деформування 100мм/хв. Перед випробуванням зразки термостатували 8-10 годин в термокамері. Потім зразок переносили в термоізоляції на опори випробувальної машини. При випробуванні фіксували максимальне руйнівне навантаження P і визначали межу міцності на розтяг при згині за формулою

$$R_{згин} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Pl}{bh^2}, \quad (1)$$

де P - максимальне руйнуюче навантаження при згині; l - відстань між опорами; b - ширина зразка; h - висота зразка.

Модуль пружності зразків асфальтобетону визначали при температурі 0°C і тривалості дії навантаження 0,1 с., за допомогою маятничого пристрою конструкції Радовського-Щербакова (рис. 2).

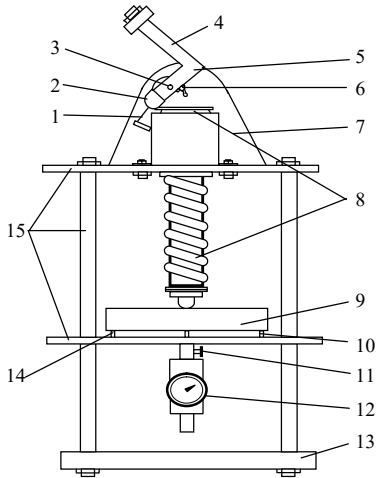


Рисунок 2 - Маятниковий пристрій:

- 1 – механізм передачі навантаження, 2 – регульовальна гайка, 3 – вісь, 4 – маятник у вигляді важеля, 5 – різьбовий валик, 6 – гайка, 7 – кронштейн, 8 – механізм навантаження, 9 – зразок-балочка, 10 – рухома опора, 11 – покажчик, 12 – індикатор часового типу, 13 – станина, 14 – нерухома опора, 15 – каркас зі сталевих стержнів.

Перед випробуванням зразки проходили попереднє термостатування при робочій температурі. Підготовлений до випробування зразок встановлювали на опори і навантажували за допомогою системи навантаження, що забезпечує заданий рівень напруження в зразку при розрахунковому часі його дії 0,1 с. При цьому вимірювали його пружний прогин. Модуль пружності розраховували за формулою:

$$E = P l^3 / (48 f J), \quad (2)$$

де P — вертикальне навантаження; f —пружний прогин; J —момент інерції перетину зразка.

Для визначення показника втоми використовували методика, засновану на прикладенні напружень різних рівнів з визначенням часу до руйнування. Випробовували зразки на довготривалу повзучість в умовах одноосьового розтягу при температурі 0°C за методикою [16] на пристрої, схема якого показана на рис. 3.

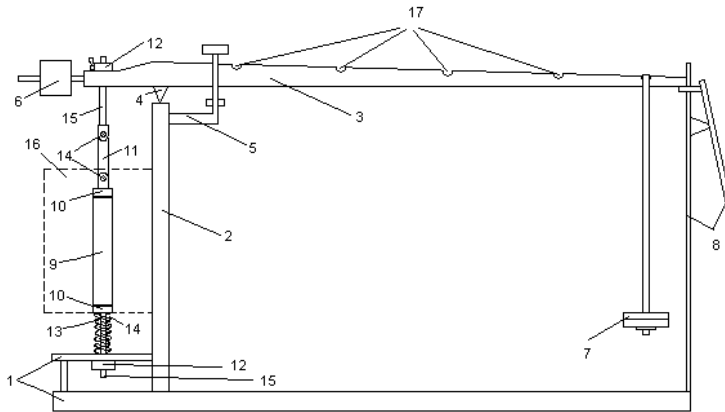


Рисунок 3 - Схема пристрою А-1 для випробувань зразків на довговічність: 1 - станина; 2 - стійка; 3 - коромисло; 4 - призма; 5 - обмежувач; 6 - гиря; 7 - підвіска з гирями; 8 - пристрій для навантаження; 9 - зразок; 10 - захвати; 11 - перехідна ланка; 12 - гайки; 13 - пружина; 14 - шарнір; 15 - натяжні болти; 16 - термокамера; 17 - гнізда для підвіски.

При випробуванні фіксували час до руйнування зразка при різних рівнях напружень та визначали параметри втоми за формулою

$$m = \lg \frac{t_p(\sigma_1)}{t_p(\sigma_2)} \cdot \left(\lg \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right)^{-1}, \quad (3)$$

де σ_1, σ_2 - напруження в зразку, $t_p(\sigma_1), t_p(\sigma_2)$ - час до руйнування зразків.

Аналіз результатів досліджень

Результати дослідження впливу полімеру Бутонал NS 198 на властивості досліджуваного бітуму показали, що раціональна кількість модифікатора полімеру становить близько 2-4% від маси бітуму. Така кількість полімеру забезпечує найбільш високі показники фізико-механічних властивостей асфальтобетону. При введенні модифікатора безпосередньо в приготовлену асфальтобетонну суміш раціональна його кількість становила 3-4% від маси бітуму. З метою коректного порівняння фізико-механічних властивостей досліджуваних складів асфальтобетону, в даній

роботі, приведені результати з використанням модифікатору в кількості 4% від маси бітуму.

Результати визначення фізичних-механічних властивостей асфальтобетону в залежності від кількості в'язучого показали, наступне.

Зі зміною кількості в'язучого від 5,4% до 6% понад 100 % мінеральної частини значення середньої щільності практично не змінювалися, а показник водонасичення монотонно зменшувався із збільшенням кількості бітуму (рис. 4-5), як для полімерасфальтобетону (ПАБ) так і для традиційного асфальтобетону.

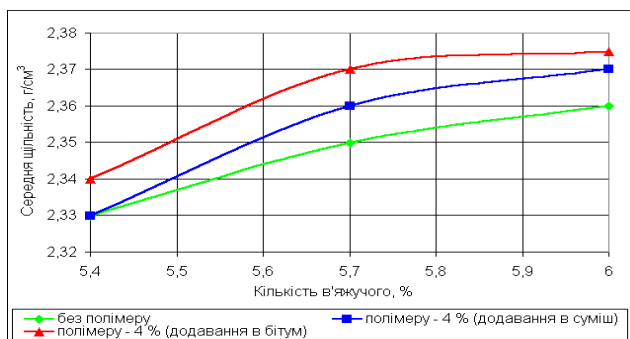


Рисунок 4 - Залежність середньої щільності асфальтобетону від кількості в'язучого

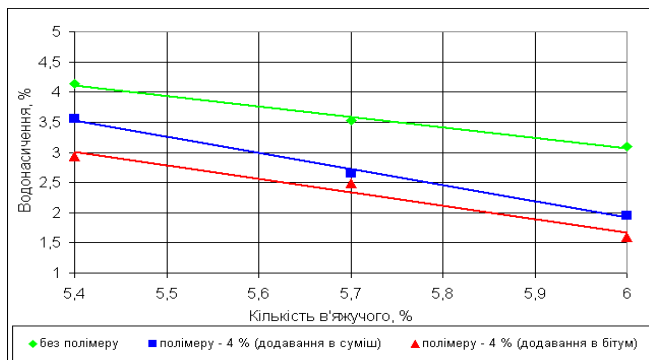


Рисунок 5 - Залежність водонасичення асфальтобетону від кількості в'язучого

Зменшення показника водонасичення в 1,5-2 рази у ПАБ в порівнянні з традиційним асфальтобетоном демонструє покращення його водостійкості, а отже побічно можна стверджувати про підвищення загальної довговічності асфальтобетону в покритті при впливі водо-морозних факторів. Причому темп зменшення показника водонасичення в залежності від кількості в'язучого практично однаковий, як для традиційного асфальтобетону так і для ПАБ.

Результати визначення міцнісних показників представлені на рис. 6-9 і показують перевагу ПАБ над традиційним асфальтобетоном, як при раціональній кількості в'язучого так і при інших його значеннях.

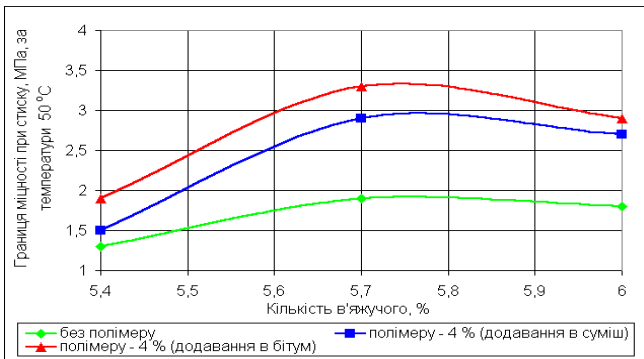


Рисунок 6 - Залежність межі міцності при стиску асфальтобетону за температури 50 °C від кількості в'язучого

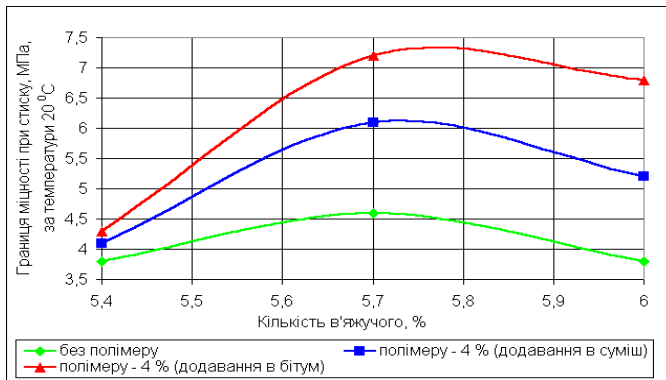


Рисунок 7 - Залежність межі міцності при стиску, МПа, за температури 20 °C від кількості в'язучого

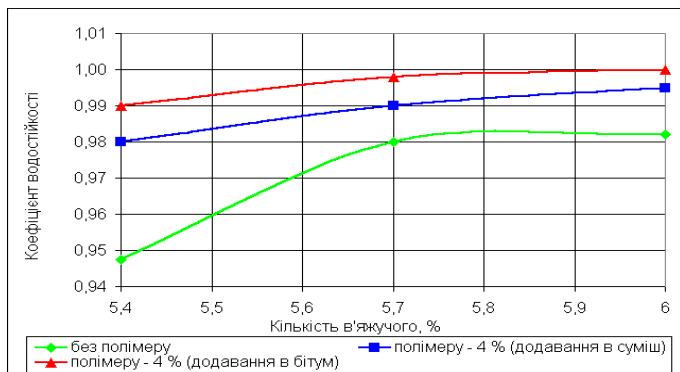


Рисунок 8 - Залежність коефіцієнта водостійкості від кількості в'язучого

Так, наприклад, основні показники механічних властивостей ПАБ R_{50} - в 1,5-1,9 рази більша ніж у традиційного асфальтобетону (рис. 6), R_{20} - в 1,2-1,7 рази (рис. 7), коефіцієнт водостійкості більший на 5-10 % (рис. 8), коефіцієнт довготривалої водостійкості більший на 10-20 % (рис. 9).

Результати вивчення стандартних фізико-механічних показників підтвердили результати інших вчених стосовно позитивного впливу даного модифікатора на покращення властивостей ПАБ. Однак необхідно відмітити, що дані показники

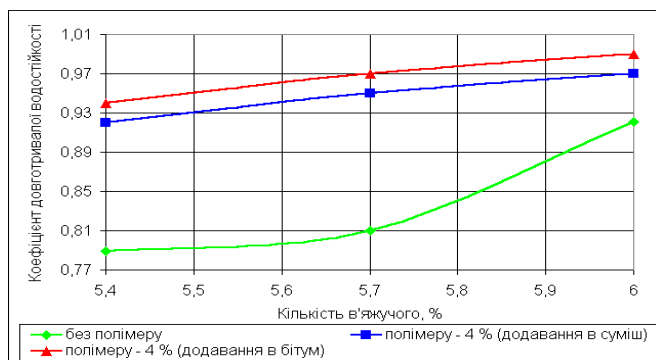


Рисунок 9 - Залежність коефіцієнта довготривалої водостійкості від кількості в'язучого

можна в більшій мірі використовувати для оцінки властивостей асфальтобетону, як матеріалу.

Для повної оцінки впливу будь-яких модифікаторів, в тому числі і Бутаналу NS 198, на підвищення довговічності асфальтобетону в покритті необхідним і обов'язковим є визначення його розрахункових характеристик з наступним виконанням відповідних розрахунків. Саме вони дають змогу оцінити напружено-деформований стан конструкції дорожнього одягу і визначити ряд показників, які дозволять визначити доцільність його застосування з точки зору забезпечення і підвищення довговічності покриття. До таких показників відносять, наприклад, кількість проходів транспортних засобів до руйнування, зменшення товщини покриття при забезпеченні однакової довговічності, збільшення міжремонтних термінів, тощо.

Результати визначення міцності на розтяг при згині асфальтобетону наведені в табл. 1. Вони свідчать про збільшення міцності на розтяг ПАБ у порівнянні з традиційним асфальтобетоном та показують перевагу бітумополімеру над дорожнім бітумом (приблизно в 1,2 рази). Параметри функції довговічності табл. 1 теж підтвердили значну перевагу полімерасфальтобетону (приблизно в 1,3 рази), і саме ця характеристика свідчить, що використання ПАБ значно збільшує, як довговічність, так і міцність асфальтобетонного покриття, а отже можна прогнозувати, що це збільшить опір руйнівній дії, як транспортних та температурних напружень. Результати визначення розрахункового модуля пружності (табл. 1) показали, що цей показник практично однаковий у досліджуваних матеріалів, тобто при низьких температурах він має достатню деформативність, а отже стійкість проти виникнення температурних тріщин.

Таблиця 1 - Результати визначення розрахункових характеристик асфальтобетону

Вид асфальтобетону	Міцність на розтяг при згині, $R_{згин}$, МПа	Параметр функції довговічності, m	Модуль пружності, E , МПа
Асфальтобетон	9,9	5,2	6780
ПАБ	12,1	6,7	6650

На основі визначених розрахункових характеристик з метою з'ясування довговічності були виконанні порівняльні розрахунки двох конструкцій дорожнього одягу за діючою методикою (рис. 10).

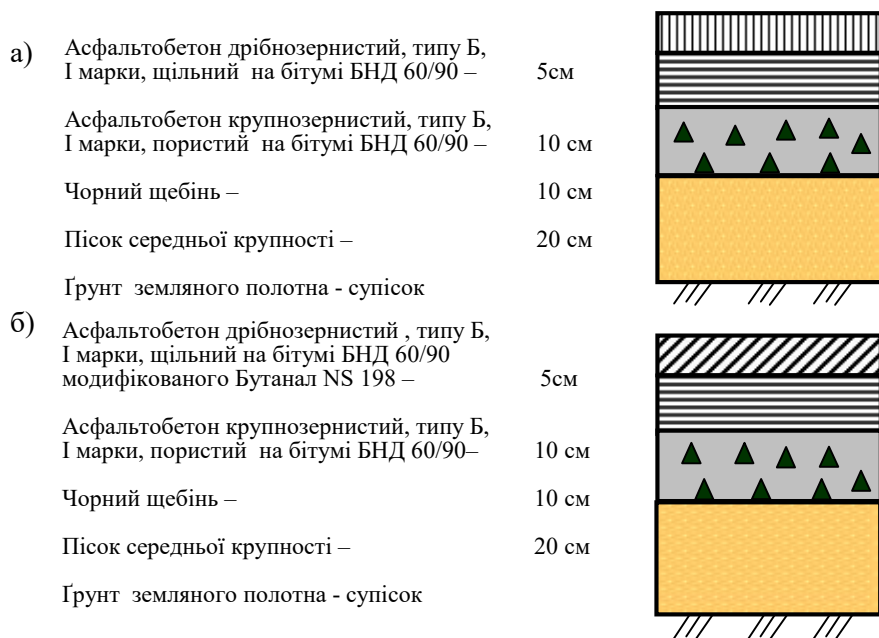


Рисунок 10 - Конструкції дорожнього одягу:

а) з використанням асфальтобетону; б) з використанням ПАБ

В першій конструкції використовували асфальтобетон на основі бітуму в другій асфальтобетон на основі бітумополімеру.

Розрахункові характеристики асфальтобетону та ПАБ визначали експериментально згідно вказаних методик. Склади асфальтобетону та ПАБ використовували тотожні попереднім дослідженням.

Аналіз результатів розрахунків підтвердив попередні дослідження стосовно збільшення довговічності асфальтобетонного покриття. В даному випадку при навантаженні на вісь 60 кН довговічність дорожнього одягу при використанні ПАБ в 3,6 рази більша ніж при використанні традиційного

асфальтобетону, при навантаженні 100 кН в 3,3 рази, при навантаженні 115 кН в 3,0 рази (рис. 11).

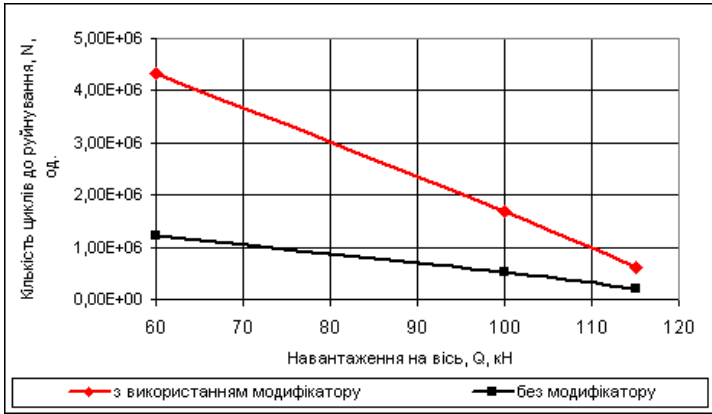


Рисунок 11 - Залежність довговічності асфальтобетону від навантаження на вісь

Висновки

1. Проведені дослідження показали, що асфальтобетони отримані з використанням катіонного латексу Бутонал NS 198, відповідають вимогам, що пред'являються до гарячого асфальтобетону, перевершуючи його по показникам міцності та довговічності.

2. Зміна показників розрахункових характеристик полімерасфальтобетону в досить широких межах в залежності від кількості в'язучого говорить про можливість активного регулювання його властивостей в реальних умовах проектування.

3. Підвищена водостійкість та збільшена довговічність даних ПАБ дає передумови для їх використання в різних регіонах України.

4. Результати досліджень вказують, що для одержання максимального ефекту від застосування модифікатору доцільно проводити науковий супровід при його використанні на виробництві, а також спостереження за станом експлуатації для накопичення статистичних даних і проведення при необхідності відповідних коректив з метою отримання найкращих результатів.

Література

1. **Гнатенко Г.Ф., Фесенко В.І., Галкін А.В., Жданюк В.К., Залотарьов В.О.** Досвід приготування полімербітумного в'язучого у без компресорній установці//Автошляховик України. № 1. - 2001. - 2001. - С.39-42.
2. **Гончаренко Ф.П.** Результати наукових досліджень ДерждорНДІ та аналіз практичного досвіду забезпечення якості асфальтобетону та асфальтобетонних покриттів // Вестник ХНАДУ. Х.: - 2002 - С.101-104.
3. **Гохман Л.М., Гурарий Е.М., Давыдова А.Р., Давыдова К.И.** Полимерно - битумные вяжущие на основе СБС для дорожного строительства//М.: Информавтодор. - Выпуск. 4. - 2002. - 122 с.
4. **Жданюк В.К., Логвиненко П.М., Бойков В.В. і ін.** Використання модифікатора дорожніх бітумів «Мобіт» при будівництві асфальтобетонних покриттів //Автошляховик України. - № 3. - 2003. - С.29-31.
5. **Золотарев В.А.** Свойства битумов, модифицированных полимерами типа СБС // Автошляховик України. - № 3. -2003. - С. 29-31.
6. **Кинг Г.Н., Радовский Б.С.** Свойства полимерно - битумных вяжущих и разрабатываемые в США методы их испытания. // Новости в дорожном деле. Научно - технический информационный сборник. - 2004, выпуск 6. - Москва. С. 1-28.
7. **Кинг Г.Н., Радовский Б.С.** Материалы и технологии компании Koch Materials для строительства и ремонта дорожных покрытий//Новости в дорожном деле. Научно - технический информационный сборник. - 2004, выпуск 6. - Москва. С. 28-62.
8. **Золотарьов В.О., Галкін С.Г., Кищинський С.В.** Про стабільність при збереженні бітумів, модифікованих полімерами//Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Композиційні матеріали для будівництва. - 2004-1(43) том 1. - Макіївка. С. 16-23.
9. **Пактер М.К., Самойлова Е.Є., Братчун В.І., Беспалов В.Л., Гуляк Д.В.** Дослідження початкових стадій одержання бітумополімерного в'язучого і асфальтобетону методом

диференційної скануючої калориметрії//Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Композиційні матеріали для будівництва. - 2004-1(43) том1. - Макіївка. С.42-47.

10. Золотарев В.А. Об информативности показателей качества битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. - № 3. -2005. - С. 38-42.

11. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. Под общ. Ред. В.А. Золотарева, В.И. Братчуна. - Харьков: Издательство ХНАДУ, 2003. - 229 с.

12. ДСТУ Б.В.2.7-119-2003 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній і аеродромний. Технічні умови.

13. Щербаков И. М. Исследование и учет структурно-механических характеристик асфальтобетона при назначении конструкций дорожных одежд. Автореф. дис... канд. техн. наук. - М, 1979, 24 с.

14. ДСТУ Б.В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801) Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань.

15. ВБН В.2.3-218-186-2004 Дорожній одяг нежорсткого типу.

16. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 - К., 1996 - 406 с.