

УДК 625.7.06

к.т.н., доцент Дробишинець С.Я., Чернюк Ю.І.,
Луцький національний технічний університет

КРАТОН, ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МОДИФІКАТОР ДЛЯ ДОРОЖНІХ БІТУМІВ

Наведено основні характеристики та шляхи використання модифікатора "Кратон Д" для дорожніх бітумів. Описано основні фізико-механічні властивості бітумів та експлуатаційні показники дорожніх сумішей. Охарактеризовано основні переваги в'язучого при поліпшенні його добавкою "Кратон Д".

Ключові слова: бітуми, модифіковані бітуми, термоеластопласти, термопластичні каучуки.

Постановка проблеми. Багато промислових країн розширювали системи головних доріг в 60-х і 70-х роках минулого століття. Причому на більшій частині цих доріг були укладені асфальтобетонні покриття, які проектувалися на певний термін служби з розрахунку на діапазон і тип транспортних навантажень, типових для того періоду часу. У зв'язку з швидким зростанням руху транспорту, збільшенням навантажень на дорожній одяг, корисний термін служби для багатьох доріг добігає кінця. Ознаки руйнування виявляються у вигляді сильного колієутворювання, тріщиноутворювання і викришування матеріалу на поверхні. З огляду на це, необхідно нові матеріали для утримання і відновлення дорожніх покриттів, які забезпечили б покращенні експлуатаційні показники протягом триваліших періодів часу і дозволили скоротити витрату матеріалів для ремонту. Такі покращені матеріали повинні забезпечити вищу рентабельність, ніж традиційні бітуми, які вживаються в даний час.

Термопластичні каучуки "Кратон" (стирол-бутадиен-стиролові блок-сополімери) можуть ефективно застосовуватися для поліпшення експлуатаційних показників дорожніх бітумів.

Основна частина. Бітум діє як в'язуча і гідроізоляційна речовина для широкого діапазону дорожніх матеріалів. Він утримує разом мінеральні компоненти нежорсткого дорожнього одягу. Для цього бітум повинен бути відмінним в'язучим і в той же самий час повинен володіти властивостями, які сприяють забезпеченню несучої здатності дорожнього одягу. Він повинен забезпечувати опір покриття дії повторних осьових навантажень при температурі в діапазоні від -35°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

В'язуче повинне забезпечити найбільш широкий можливий розподіл напружень в покритті так, щоб мали місце тільки пружні деформації. Воно повинне також забезпечити максимальний опір втомним руйнуванням, а також стійкість до дії добових і сезонних температурних циклів.

Вимоги до терміну служби, які дозволяють виділити властивості ідеального бітуму, приведені на рис. 1, на якому представлений графік залежності "консистенції" від часу навантаження. Температура може мати будь-яку величину в діапазоні між екстремальними температурами, що мають місце на дорогах світу. Для ідеального бітуму не відмічається зміна "консистенції" в даному діапазоні часу навантаження. При дуже короткому часі навантаження 10^{-3} сек його поведінку можна інтерпретувати як забезпечення дуже високого рівня еластичності, тоді як при тривалому часі навантаження він показує опір деформаціям (опір повзучості).

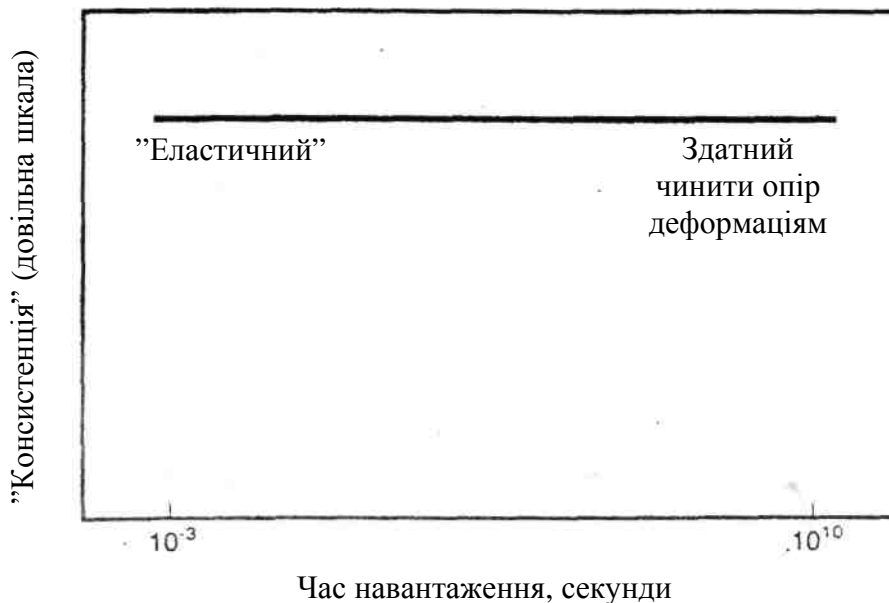


Рис.1. Час навантаження: вплив на "ідеальний бітум" ($T < 80^{\circ}\text{C}$)

На рис. 2 "консистенція" представлена як функція температури. "Ідеальний" бітум зберігає свою "консистенцію" постійною аж до температури, яка перевищує звичайний діапазон температур, які мають місце на дорозі. Вище за цю величину його в'язкість швидко падає при $150-180^{\circ}\text{C}$. Ця характеристика в'язкості важлива, оскільки вона дозволяє включити бітум в суміш і забезпечує легковкладальність на місці будівництва при помірно підвищених температурах.

Традиційні дорожні бітуми в деякій мірі задовольняють ці вимоги, на що вказує їх сучасне широке застосування для приготування дорожніх сумішей. Проте необхідне їх подальше поліпшення.

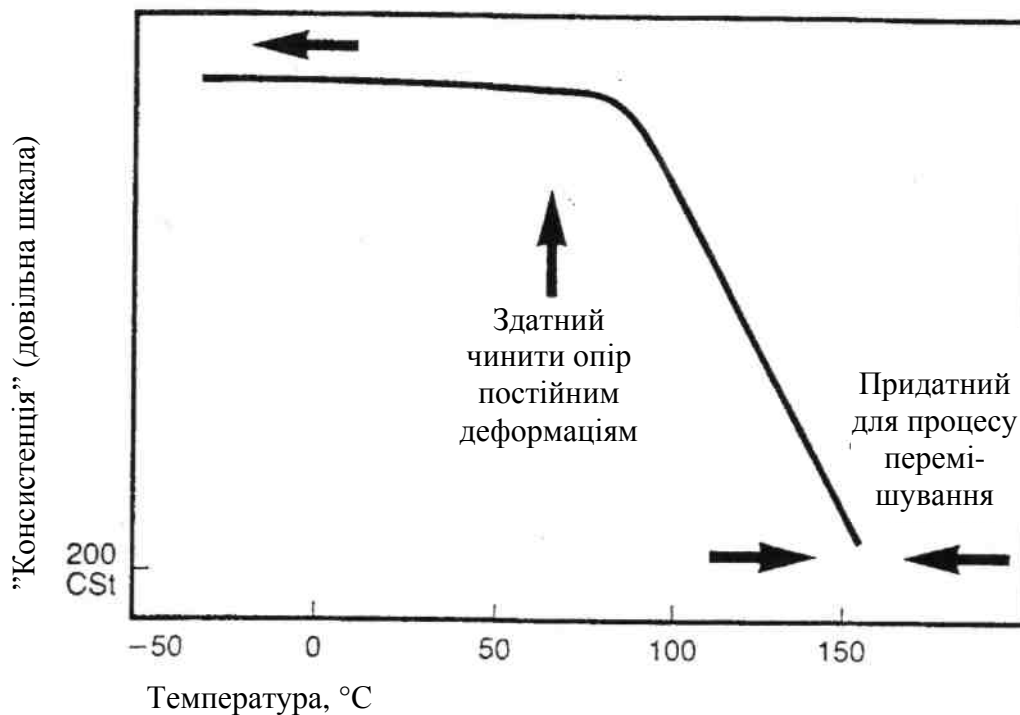


Рис.2. Температура: вплив на "ідеальний бітум"

На рис. 3 представлений графік "Хекелома" даних випробувань бітуму. Графік складається з двох окремих областей. Прямокутник у верхньому лівому кутку охоплює діапазон температур, при якому "консистенція" бітуму найлегше виражається за допомогою графіка залежності між пенетрацією (вертикальна вісь) і температурою бітуму (горизонтальна вісь). На решті частини графіка представлена залежність між в'язкістю бітуму і температурою.

Більшість дорожніх бітумів хорошої якості на цьому графіку дають залежності, що являють собою пряму лінію. У приведенному прикладі лінія А представляє бітум з пенетрацією 80/100.

Хоча в'язкість є важливим мірилом консистенції бітуму, зокрема при високих температурах, вона рідко використовується при розрахунку і проектуванні покриттів. У 1950-х роках Ван дер Поль вивів концепцію модуля жорсткості бітуму. Вона дозволяє виразити властивості бітуму як будівельного матеріалу в інженерних термінах.

Модуль жорсткості аналогічний модулю Юнга і може бути представлений:

$$S_{\text{бит}} = \sigma / \varepsilon (t, T), \quad (1)$$

де σ – це напруження, що прикладається;

ε – загальна деформація при даному часі навантаження t і температурі

T .

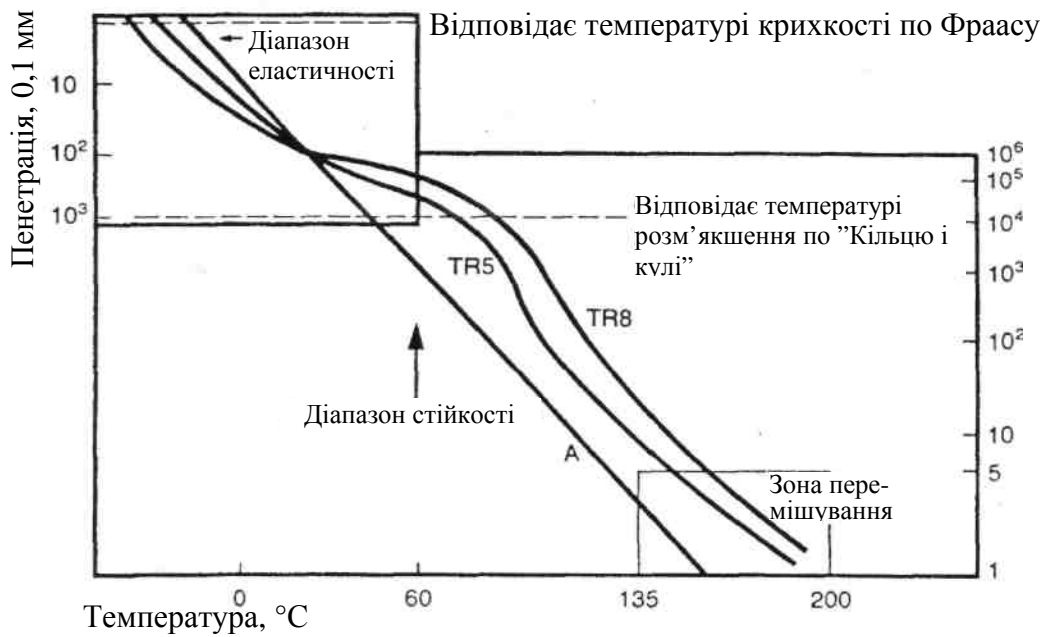


Рис.3. Реологічні властивості бітуму і полімерно-бітумної суміші, як функції температури.

A – бітум пенетрації 80/100;

TR5 – бітум пенетрації 80/100, який містить 5% по масі Кратон Д-1101;

TR8 – бітум пенетрації 280/320, який містить 8% по масі Кратон Д-1101.

Оскільки бітум є в'язко-пружним матеріалом, "консистенція" якого залежить, як від температури, так і від часу навантаження, то модуль жорсткості може бути розкладений на три компоненти.

$$\frac{1}{S_{\text{бит}}} = \frac{1}{E} + \frac{1}{D} + \frac{1}{3\eta}, \quad (2)$$

де E і D – пружні і затримано пружні компоненти жорсткості;

η – в'язкість при часі навантаження t.

З цієї залежності можна бачити, що чим більше внесок в'язкості в жорсткість при даній температурі і часу навантаження, тим, ймовірно, бітум далі відходить від ідеальної поведінки.

На рис. 4 представлено зміну модуля жорсткості залежно від часу навантаження і температури.

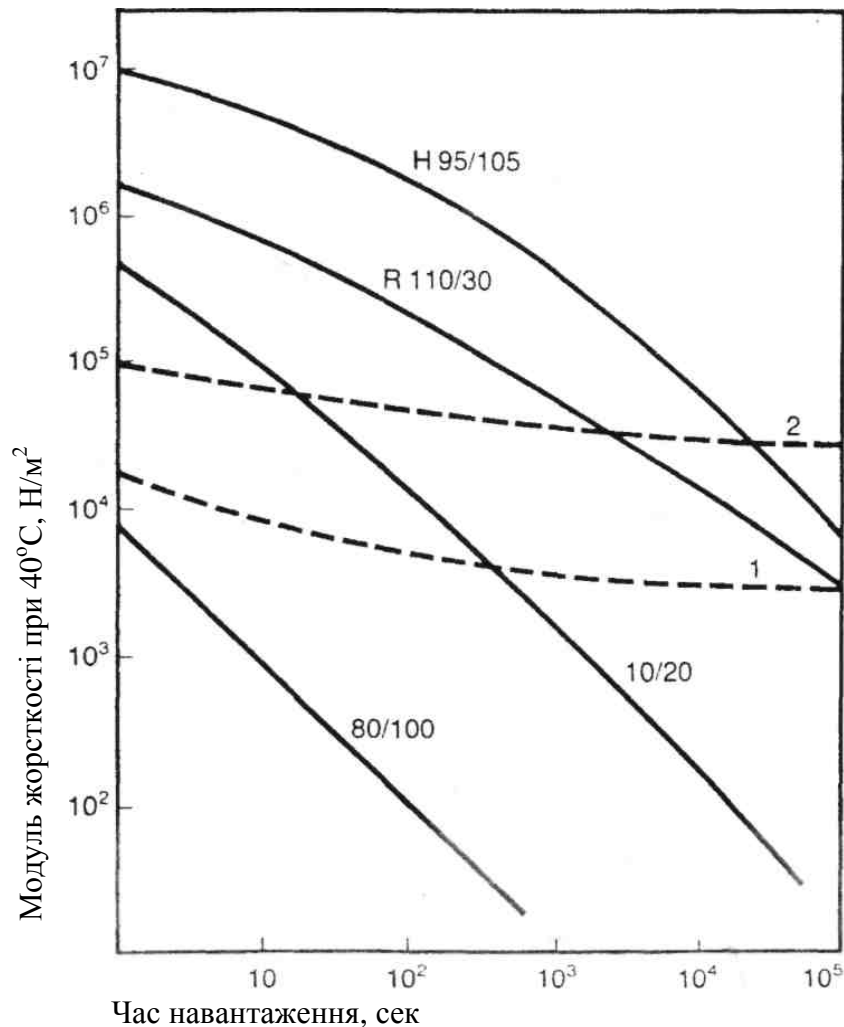


Рис.4. Модуль жорсткості: вплив часу навантаження на традиційні бітуми і суміші, які містять Кратон Д-1101 при 40°C.

- 1 – бітум пенетрації 80/100, який містить 6% по масі Кратон Д-1101
- 2 - бітум пенетрації 80/100, який містить 10% по масі Кратон Д-1101

На рис.5 показана залежність між жорсткістю бітуму і часом навантаження при різних температурах. Жорсткість бітуму представлена графічно залежно від часу навантаження при різних значеннях T_D , причому T_D - це різниця між температурою зразка по Кільцю і Кулі і реальною температурою, при якій проводилося випробування.

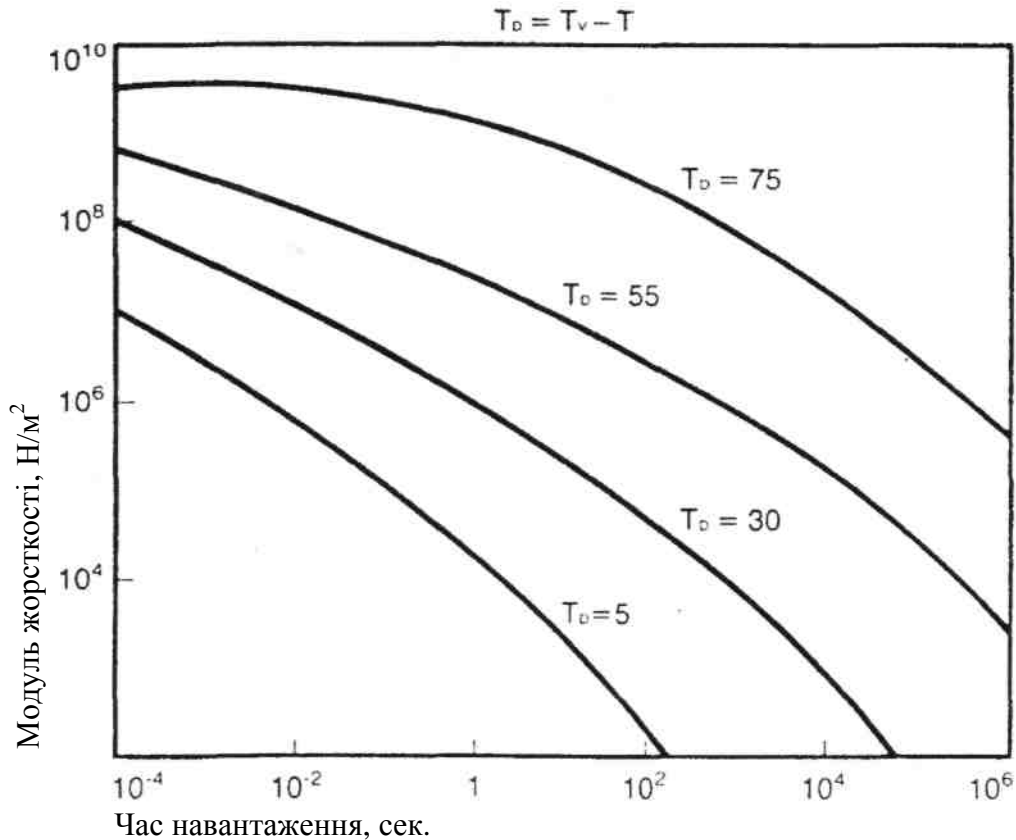


Рис.5. Модуль жорсткості: вплив часу навантаження при різних значеннях T_0 .

T_v – температура розм'якшення бітуму по кільцю і кулі, °C

T – реальна температура випробування

Властивості бітуму і експлуатаційні показники дорожніх сумішей.

Оскільки бітумний компонент складає лише 4-8% маси або приблизно 10-20% об'єму асфальтобетонної суміші, то багато очевидних недоліків долаються за рахунок властивостей мінеральних компонентів. Крім того, час навантаження при русі транспортних засобів складає від 10^{-2} до 10^{-1} секунд, що при помірному рівні напружень відповідає відносно високим рівням жорсткості.

Вплив часу і температури на навантаження асфальтобетонної суміші зручно прослідкувати у випробуваннях повзучості, в яких протягом тривалого часу додається відносно низьке навантаження. Ступінь постійної деформації суміші під дією стандартного навантаження показано на рис.6, на якому представлений зв'язок між жорсткістю різних бітумних в'язучих при даній температурі і жорсткістю отримуваних сумішей з оптимальним вмістом в'язучого.

Слід зазначити, що, коли жорсткість бітуму змінюється в інтервалі приблизно від 10^{-2} до 10^{-6} Н/м² жорсткість суміші змінюється лише приблизно від 10^7 до 10^8 Н/м².



Рис.6. Модуль жорсткості бітуму, вплив на модуль жорсткості суміші (дослідження повзучості).

Втомні властивості бітумних в'язучих не визначаються в поточних випробуваннях, проте дослідження втоми суміші часто включаються в число вимог при детальному дослідженні складу суміші. Традиційні випробування втоми включають високочастотне навантаження балок, циліндрів і трапецій з асфальтобетонних сумішей до руйнування за рахунок тріщиноутворення. Властивості в'язучих важливі, оскільки вони, у поєднанні з іншими чинниками, визначають межі можливих допустимих деформацій і загальне число циклів до руйнування. Опір пружним деформаціям і опір втоми належать до найбільш важливих одиночних чинників, що впливають на довговічність покриття.

Бітуми модифіковані полімером. Термопластичні каучуки "Кратон", підходять для цієї ролі завдяки своїй структурі. Вони є сополімерами, що складаються з блоків полістирольних елементів. При нормальній температурі полістирольні блоки асоціюються один з одним, утворюючи "домен". При температурі вище приблизно 105°C полістирольні блоки відділяються від своїх "доменів" і молекула сополімера стає рухомою. Таким чином, ці термопластичні каучуки володіють унікальною здатністю утворення структури з реверсивними поперечними зв'язками, яка диспергується при нагріванні і з'являється знову при охолодженні.

Коли сополімер "Кратон Д" додається до дорожніх бітумів в достатній концентрації для того, щоб зробити можливим утворення безперервної каучукової сітки, може бути досягнутий ряд вищезгаданих ефектів. Деякі приклади впливу додавання "Кратон Д" приведені на попередніх рисунках.

Наприклад, на рис. 3, як крива А, що представляє бітум з пенетрацією 80/100, модифікований 5% по масі Кратон Д-1101, так і крива, що представляє бітум з пенетрацією 280/320 з 8% по масі Кратон Д-1101, мають плато на графіку залежності "консистенції" від температури аж до 80-90°C. У температурному діапазоні 90-100°C відбувається швидке пониження в'язкості у міру того, як полістирольні "домени" дисоціюються.

Отримане покращення властивостей більш чітко показане на рис.4, де модулі жорсткості двох зразків модифікованих полімером бітумів залишаються майже незмінними (тобто горизонтальними) при часі навантаження в діапазоні від 10 до 10⁵ секунд. Ступінь зміни поведінки бітуму тісно пов'язаний з концентрацією полімеру.

Втомна поведінка асфальтобетонних сумішей, що містять модифікований полімером бітум, поліпшувалася в експериментах при середньому рівні деформацій за умови, якщо концентрація "Кратон Д" в бітумі вище 5-6% по масі. Проте при нижчому рівні деформацій, що мають місце на практиці, буде отримано значне поліпшення при нижчих концентраціях Кратона Д.

Застосування "Кратона Д" в дорожній індустрії. Слід приділити увагу тому, як застосовувати "Кратон Д" для отримання найбільших переваг. Враховуючи поточні проблеми дорожньої індустрії і як завжди недостатнє фінансування, можна сказати, що найбільш перспективні рішення повинні стосуватись наступних складових дорожнього одягу: шари, що зношуються, пористі шорсткі шари: прошарки-мембрани, які поглинають напруження, та поверхневу обробку.

Шари, що зношуються зазвичай влаштовуються з щільних сумішей і піддаються дії важких транспортних навантажень. При поліпшенні вяжучого добавкою "Кратон Д" отримують наступні переваги:

- зменшення постійних деформацій;
- більш тривалий термін служби при втомі;
- можливість застосування тонших шарів;
- підвищений опір подальшому ущільненню.

Пористі або дуже пористі шорсткі шари є ефективним засобом зменшення небезпечного розбризкування у вологу погоду. Вони також знижують рівень шуму і можуть успішно застосовуватися на забудованих територіях. Серед переваг, що отримуються при застосуванні "Кратона Д" в шорстких шарах, слід відзначити наступні:

- зменшення подальшого ущільнення і збереження пористої, швидко дренажної структури;
- поліпшення довговічності, що проявляється в подовженні проміжку часу до моменту викришування матеріалу на поверхні.

Прошарки-мембрани, що поглинають напруження, як правило є тонкими плівками, які поміщають на існуючу дорожню поверхню до укладання нового підсилюючого шару.

Мембрана поглинає напруження, що викликаються зсувами між тріщинами в старому покритті. Вона запобігає надмірним деформаціям з нижнього боку нового шару посилення і зменшує або виключає небезпеку подальшого розповсюдження тріщини вгору.

Прошарки-мембрани при застосуванні належним чином підбраного складу з "Кратоном Д" забезпечують:

- здатність поглинати горизонтальні зсуви на декілька міліметрів без утворення тріщин;
- збереження пружних властивостей в широкому діапазоні температур;
- хороше зчеплення нового підсилюючого шару із старою поверхнею;
- можливість застосовувати тонші шари посилення.

Поверхнева обробка полягає в розподілі в'язучого і кам'яного матеріалу, для цього застосовуються розріджені бітуми, в яких використовується летючий розчинник, або водні емульсії. Традиційні матеріали можуть застосовуватися тільки на певних дорогах і мають обмежений термін служби до виділення надлишкового в'язучого на поверхні. Крім того, утримання ними кам'яних частинок є незадовільним, що може привести до пошкодження транспортних засобів.

Переваги в'язучих, модифікованих "Кратоном Д" для поверхневої обробки:

- поліпшення первинного утримання кам'яних частинок;
- значно ширший діапазон застосування, включаючи ділянки з рухом важкого транспорту і, у ряді випадків, автомагістралі;
- поліпшення властивостей на розтяг;
- можливість приготування складів у вигляді розріджених бітумів і емульсій.

Висновок. З вище наведеного видно, що "Кратон Д" – це високоміцний полімер, який має високу степінь пружності та може використовуватись в якості модифікатора бітумів для покращення фізико-механічних властивостей асфальтобетонних сумішей.

Аннотація

Приведены основные характеристики и пути использования модификатора "Кратон Д" для дорожных битумов. Описаны основные физико-механические свойства битумов и эксплуатационные показатели дорожных

смесей. Охарактеризовано основные преимущества вяжущего при улучшении его добавкой "Кратон Д".

Annotation

Basic descriptions and ways of the use of modifier of "Craton D" are resulted for road bitumen. Basic physical and mechanical properties of bitumen and performance figures of road mixtures are described. Basic advantages of astringent are described at an improvement of addition "Craton D".