

БУДІВНИЦТВО

УДК 625.7/8

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.4/52>**Аринушкіна Н.С.**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Грищенко Т.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИКОРИСТАННЯ СПІНЕНИХ БІТУМІВ ПРИ ВИКОНАННІ БУДІВЕЛЬНО-РЕМОНТНИХ РОБІТ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

У статті розглянуто питання приготування та застосування спінених бітумів у асфальтобетонних сумішах при виконанні будівельно-ремонтних робіт на асфальтобетонних покриттях, які мають ряд переваг в порівнянні з використанням у відповідних технологіях традиційних дорожніх бітумів.

На сучасному етапі дорожнього будівництва значну практичну цінність представляють технології виробництва та використання асфальтобетонних сумішей при температурах, що викликають значну економію матеріальних, трудових та фінансових ресурсів. При цьому також бажано забезпечити мінімальний негативний вплив на людину та навколишнє середовище. Основним завданням при виробництві асфальтобетонних сумішей у дорожньому будівництві є забезпечення надійності та якості готового продукту за мінімальних витрат і високої ефективності виробництва [1].

Вивчення процесів отримання спіненого бітуму проводиться у США, Австралії, Німеччині, ПАР, Новій Зеландії, Західній Європі та ін. Це було зумовлено зростанням цін на існуючі матеріали для дорожнього будівництва та необхідністю пошуку нових рішень. Спінений бітум використовувався для отримання холодних і гарячих асфальтобетонних сумішей в стаціонарних змішувачах періодичної та безперервної дії.

Досвід США показує, що гарячі асфальтобетонні суміші, отримані на основі спіненого бітуму, мають високі фізико-хімічні властивості та добре зарекомендували себе при влаштуванні дорожніх покриттів на автомобільних дорогах високих категорій.

Зниження експлуатаційних та енергетичних витрат на приготування асфальтобетонних сумішей та зниження навантаження на екологію є одним із найважливіших завдань у дорожньому будівництві, що особливо актуально в теперішній час.

Саме з цих причин впровадження технології приготування асфальто-бетонних сумішей на основі спіненого бітуму є важливим завданням, яке постає перед шляхобудівниками нашої держави.

Ключові слова: спінений бітум, приготування спіненого бітуму, асфальтобетонне покриття, асфальтобетонні суміші, ремонтні роботи.

Постановка проблеми. В сучасних умовах є актуальним застосування технологій приготування асфальтобетонних сумішей з використанням спінених бітумів при виконанні будівельно-ремонтних робіт для підвищення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг, економії матеріалів, зменшення вартості робіт з забезпеченням високої якості, особливо актуально при мінімальному фінансуванні дорожньої галузі у військовий період.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями застосування сучасних технологій

приготування асфальтобетонних сумішей з використанням спінених бітумів при виконанні будівельно-ремонтних робіт на автомобільних дорогах займались вчені Савенко В. Я., Желтобрюх А. Д., Малій П. Р., Одегова Т. С., Тимошук О. Ю., Ілляш С. І., Мудриченко А. Я. та інші, які відображені в роботах [1, 2, 3, 4, 5].

Постановка завдання. В умовах обмеженого фінансування стан асфальтобетонного покриття автомобільних доріг суттєво погіршується.

Одним з методів підвищення показників якості та зниження витрат при виробництві асфальто-

бетонних сумішей є застосування спінених бітумів. Протягом тривалого часу процес спінювання бітуму при його нагріванні до температур вище 100 °С розглядався як негативний при виробництві асфальтобетонних сумішей, оскільки призводив до аварійних пожежо-небезпечних ситуацій, порушень норм і правил охорони праці, супроводжувався додатковими енергетичними витратами і збільшенням кількості в'язучого.

З початку 90-х років почали проводитися широкі експериментальні та теоретичні дослідження з використання бітумів у спіненому стані в процесі приготування асфальтобетонних сумішей, стала створюватися нова технологія – технологія приготування асфальтобетонних сумішей з використанням спінених бітумів, що забезпечує збереження енергії, матеріалів та зменшення навантаження, за рахунок зниження температури змішування компонентів та термічного розкладання в'язучого.

Спінений бітум (бітумна піна) – полідисперсна система, в якій дисперсною фазою є газ (повітря, пара), а дисперсійним середовищем – бітум. У такій системі загальний об'єм дисперсної фази перевищує 50 %, а об'єм бітуму при його насиченні газом збільшується у 2 та більше разів у порівнянні з початковим. Спінені бітуми характеризуються малою в'язкістю, великою поверхневою енергією, високою активністю до взаємодії з поверхнею мінеральних матеріалів, завдяки чому суттєво полегшується процес перемішування суміші, відбувається більш рівномірний та повний розподіл в'язучого. В результаті перерозподілу групових сполук в об'ємі бітуму при його спінюванні, можливе зниження витрати в'язучого, суттєве підвищення продуктивності змішувального обладнання, зниження максимальної температури нагрівання вихідних компонентів, що дає підставу розглядати цю технологію як енерго- і матеріалозберігаючу.

Виклад основного матеріалу. Застосування спінених бітумів у дорожньому будівництві було обумовлено зростанням цін на гарячі асфальтобетонні суміші та необхідністю пошуку менших за вартістю матеріалів та способів їх приготування.

Застосування спінених бітумів є актуальним як при будівництві нових асфальтобетонних покриттів так і при виконанні ремонтних робіт методом холодного рециркулювання.

Вперше в зарубіжній практиці (США) було запропоновано змішувати холодні мінеральні матеріали з бітумною піною, яку отримували спінюванням бітуму парою.

В результаті недостатнього досвіду приготування спінених бітумів якість асфальтобетонних сумішей була незадовільною, що призводило до зниження терміну служби дорожніх покриттів.

Аналіз досвіду застосування спінених бітумів у дорожньому будівництві Австралії (бітум спінювався парою, яка подавалася зі спеціального сопла) показав, що при спінюванні значно збільшувалася питома поверхня і знижувалася в'язкість бітуму, досягалася якісне обволікання навіть вологих поверхонь мінеральних матеріалів. Недоліком цієї технології було те, що вона не забезпечувала отримання бітумів із постійними властивостями.

Фірмою "Mobil Oil Australia Ltd" (Австралія) були розроблені спосіб спінювання за допомогою введення в потік гарячого бітуму холодної води та пристрій для його здійснення. В результаті взаємодії з водою бітум спінювався і розбрикувався із спеціальної ємності через сопла. Витрата бітуму була постійною, а витрата води регулювалася за допомогою затисного вентиля. При спіненні до гарячого бітуму вводиться від 1 до 2 % води або пари від маси бітуму. При цьому ступінь зпінення становить 10–15, а стійкість піни – 2–3 хв. Перевагами даної технології є незначні капітальні витрати та виключення застосування парогенераторів.

Застосування спінених бітумів вносить ряд змін до технологічної схеми приготування асфальтобетонних сумішей, які стосуються процесів підготовки та подачі бітуму, що забезпечують його введення в змішувач у спіненому стані.

Більш широкого розповсюдження набули два способи спінювання бітумів: спінювання та розпилення бітуму холодною водою або парою, яку одержують в парогенераторах або централізовано по системі теплопостачання; спінювання та розпилення попередньо обводненого бітуму за рахунок збільшення тиску при його нагріванні до температури вище 100 °С у спеціальному герметичному підігрівачі перед подачею в мішалку [6].

Вибір технологічного процесу підготовки, подачі до мішалки і введення в неї бітуму в спіненому стані значною мірою залежить від способу спінювання.

Метою вдосконалення технології ремонту асфальтобетонних покриттів із застосуванням спінених бітумів є поліпшення адгезійних властивостей, що забезпечують міцне та стійке зчеплення з поверхнею мінеральних матеріалів різної природи та міжшарового зчеплення в умовах знижених температур. Тому при розробці нових

технологій та способів застосування дорожніх бітумів для приготування асфальтобетонних сумішей питання адгезії з поверхнею мінеральних матеріалів повинні займати центральне місце. При цьому під адгезією розуміють зчеплення між поверхнями двох різних контактуючих матеріалів – бітуму та мінерального матеріалу.

Утворенню тонких бітумних плівок на мінеральній поверхні передують її змочування бітумом, величина якого визначається природою мінерального матеріалу та силою поверхневого натягнення бітуму.

Появі тонких плівок бітуму при традиційній технології приготування асфальтобетонних сумішей сприяє підвищення температури, введення пластифікаторів, збільшення тривалості перемішування суміші, що призводить до підвищення енерговитрат, зниження продуктивності, до погіршення фізико-механічних характеристик отриманого матеріалу. Найбільш ефективним є спосіб, що передбачає зниження поверхневого натягу бітуму, шляхом переведення бітуму в спінений стан змішуванням гарячого в'язучого з вологим мінеральним матеріалом. Процес спінування бітуму покращує процес змочування мінеральної поверхні і підвищує їх адгезію.

Як правило, міцність зчеплення бітумних плівок з поверхнею мінерального матеріалу може залежати від багатьох випадкових факторів, а також методу її оцінки. Показники міцності зчеплення органічних речовин із поверхнею оцінюють різними методами, особливості яких залежать від специфіки роботи клейових сполук.

При використанні спіненого бітуму відбувається більш рівномірний розподіл в'язучого в суміші, що супроводжується обволіканням усіх мінеральних частинок тонкою бітумною плівкою. Найкраще обволікання мінеральних зерен бітумом досягатиметься при швидкому змочуванні ним поверхні мінерального матеріалу. Змочування мінерального матеріалу бітумом буде краще, якщо поверхневий натяг його буде нижчим. Тому застосування спінених бітумів краще, так як при спінуванні поверхневий натяг бітуму знижується. Крім того, підвищена адгезія спіненого бітуму з мінеральною поверхнею обумовлена попередньою концентрацією активних сполук в поверхневому шарі в'язучого, що зумовлює підвищення його активності до хімічної взаємодії.

Застосування спіненого бітуму забезпечує більш якісну обробку мінеральної суміші та міцніше закріплення в'язучого на поверхні мінеральних матеріалів, незалежно від схеми подачі компонентів у змішувальний агрегат.

Зусилля, що виникають у піні при контакті з мінеральною поверхнею і подальшому розпаді, відбуваються раніше, ніж у разі використання звичайного бітуму, стають сумірними і починають перевищувати сили адгезії дрібнодисперсних часток до поверхні крупного заповнювача. При цьому бітум, що виділяється при розпаді найближчого шару піни, змочує поверхню мінеральних зерен тонким шаром, що сприяє поліпшенню фізико-механічних показників асфальтобетону, виготовленого на спіненому бітумі, у порівнянні з асфальтобетоном, який виготовлений на в'язкому бітумі.

При використанні спінених бітумів, відмінність технології приготування асфальтобетонних сумішей полягає у наявності устаткування для приготування спіненого бітуму.

Укладання та ущільнення асфальтобетонних сумішей на спінених бітумах, може відбуватися при температурі на 15–25 °С нижче у порівнянні із гарячими асфальтобетонними сумішами [6].

Спінений бітум можна застосовувати також при холодній регенерації асфальтобетонних покриттів.

Холодний ресайклінг з додаванням спіненого бітуму може виконуватися за методом «на місці» або методом «в установці». У ході холодного ресайклінгу за методом «на місці» отриманий асфальтовий гранулят змішується ресайклером зі спіненим бітумом (рис. 1) та під час однієї робочої операції створюється нова суміш [7, 8, 9, 10].

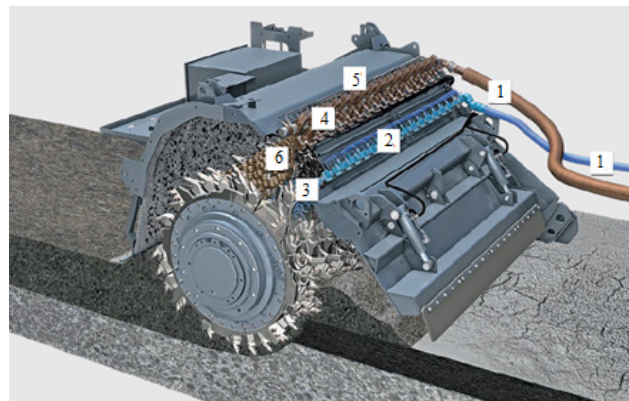


Рис. 1. Холодний ресайклінг з додаванням спіненого бітуму за методом «на місці»
1 – шлангові з'єднання; 2 – розподільна рампа для води; 3 – вода для впорскування; 4 – розподільна рампа для спіненого бітуму; 5 – розширювальні камери; 6 – введений спінений бітум

Холодний ресайклер, що працює за методом «на місці», оснащений потужним фрезерно-змішувальним ротором, а також системою впорскування. Деякі типи машин також мають вирівнюючий брус, який виконує розрівнювання

і попереднє ущільнення нової суміші. Після ущільнення суміші утворюється шар високої якості, який здатний витримувати максимальне транспортне навантаження.

У ході холодного ресайклінгу методом «в установці» знятий асфальтогранулят транспортується до установки для приготування холодної суміші. В установці асфальтогранулят обробляється спініним бітумом та створюється нова готова до укладання холодна суміш яку можна використовувати безпосередньо для укладання шару або зберігати на складах.

Додавання спіненого бітуму в рецикльований асфальтобетонний гранулят дозволяє повністю переробляти його без обмеження терміну перебування його в холодному стані. Переробка без підігрівання вихідного матеріалу дозволяє значно зменшити викиди CO₂. Додавання в'язучого у кількості від 1,5 % до 2,5 % від обсягу всієї суміші істотно зменшує витрати на новий матеріал. Укладання матеріалу проводиться відразу після приготування суміші. Після укладання та ущільнення шару дорожній рух відразу відновлюють, призведе до скорочення термінів будівництва.

Висновки. З викладеного у статті матеріалу можна зробити висновки про те що асфальтобетон на спіненому бітумі, є найбільш економічний та ресурсозберігаючий спосіб виробництва асфальтобетонних сумішей для будівництва та ремонту асфальтобетонних покриттів за рахунок зниження температури при виготовленні, укладанні та ущільненні суміші, скорочення часу перемішування суміші що сприяє підвищенню строків служби дорожніх покриттів.

Використання меншої кількості вихідного бітуму у порівнянні із традиційними технологіями, дозволяє зменшити вартість асфальтобетонної суміші.

Метод холодної регенерації з використанням спіненого бітуму та асфальтогрануляту дозволяє виготовляти більш дешеву асфальтобетонну суміш у порівнянні з сумішшю виготовленою з нових матеріалів.

Застосування спініних бітумів дозволить виконувати значні обсяги ремонтно-будівельних робіт в умовах обмеженого фінансування, що вирішить питання швидкого відновлення дорожньої мережі автомобільних доріг України у стислі строки.

Список літератури:

1. Желтобрюх А.Д., Малій П.Р., Одегова Т.С., Тимошук О.Ю. Використання асфальтобетонних сумішей на основі спіненого бітуму. *Дороги і мости*. Київ, 2019. Вип. 19-20. С. 94-106.
2. Савенко В.Я, Ілляш С.І., Мудриченко А.Я. Аналіз фізико-механічних характеристик теплих асфальтобетонних сумішей на основі бітуму з додаванням енергозберігаючих добавок та спіненого бітуму. *Дороги і мости*. Київ. 2022. Вип. 25. С. 87-98.
3. Sarvesh Kumrawat, Vinay Deulkar. Foamed Bitumen. *International research journal of engineering and technology*. India, 2018. 5. P. 401-404.
4. K.J. Jenkins, M.F.C. van de Ven, JLA de Groot. Characterization of foamed bitumen. 7th Conference on asphalt pavements for Southern Africa, 1999. P. 18.
5. Дорожні покриття. Рециклювання дорожніх одягів: посіб. з холодного рециклювання дорожніх одягів із використанням бітумної емульсії або спіненого бітуму. Ч. 2 / за заг. ред. В.К. Жданюка і Д. Сибільського. Харків: ХНАДУ, 2006. 76 с.
6. Рекомендації щодо приготування та застосування асфальтобетонних сумішей на основі спініних бітумів (Р В.2.7-37641918-894:2018). Київ, 2018, 30 с. (Інформація та документація).
7. Дорожні покриття. Рециклювання дорожніх одягів: посіб. з холодного рециклювання дорожніх одягів із використанням бітумної емульсії або спіненого бітуму. Ч.2 / за заг. ред. В.К. Жданюка і Д. Сибільського. Харків: ХНАДУ, 2006. 76 с.
8. Арінушкіна Н.С., Грищенко Т.М. Аналіз сучасних способів регенерації дорожніх покриттів. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Будівництво*. Київ. 2022. Видавничий дім «Гельветика». Том 33 (72). № 6. С. 264-269.
9. Ільченко В.В. Відновлення дорожніх одягів із застосуванням технології холодного фрезування. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. Вип. 18. С. 135-138.
10. ДСТУ 8978:2020. Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу. [Чинний від 2021-01-05]. Київ, 2020. 17 с.

Arinushkina N.S., Hryshchenko T.M. USE OF FOAMED BITUMEN IN EXECUTION VEHICLE CONSTRUCTION AND REPAIR WORKS ROADS

The article discusses the preparation and use of foamed bitumen in asphalt concrete mixtures during construction and repair work on asphalt concrete surfaces, which have a number of advantages compared to the use of traditional road bitumen in the corresponding technologies.

At the current stage of road construction, technologies for the production and use of asphalt-concrete mixtures at temperatures that cause significant savings in material, labor, and financial resources represent significant practical value. At the same time, it is also desirable to ensure minimal negative impact on people and the environment. The main task in the production of asphalt concrete mixtures in road construction is to ensure the reliability and quality of the finished product at minimal costs and high production efficiency [1].

The study of foamed bitumen production processes is carried out in the USA, Australia, Germany, South Africa, New Zealand, Western Europe, etc. This was due to the increase in prices for existing materials for road construction and the need to find new solutions. Foamed bitumen was used to obtain cold and hot asphalt concrete mixes in stationary batch and continuous mixers.

The experience of the USA shows that hot asphalt concrete mixtures obtained on the basis of foamed bitumen have high physico-chemical properties and have proven themselves well in the installation of road surfaces on highways of high categories.

Reduction of operational and energy costs for the preparation of asphalt concrete mixtures and reduction of environmental burden is one of the most important tasks in road construction, which is especially relevant nowadays.

It is for these reasons that the introduction of the technology for preparing asphalt-concrete mixtures based on foamed bitumen is an important task facing the road builders of our country.

Key words: *foamed bitumen, preparation of foamed bitumen, asphalt concrete coating, asphalt concrete mixtures, repair works.*