

Ю. Я. Хлібишин, І.Я Почапська<sup>1</sup>, О. Б. Гринишин<sup>2</sup>, А. О. Нагурський<sup>2</sup>  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра технології органічних продуктів  
<sup>1</sup>кафедра охорони праці,  
<sup>2</sup>кафедра хімічної технології переробки нафти та газу

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКАЦІЇ ДОРОЖНІХ БІТУМІВ ГУМОВОЮ КРИХТОЮ

© Хлібишин Ю. Я., Почапська І. Я., Гринишин О. Б., Нагурський А. О., 2014

Наведено аналіз характеристик нафтових дорожніх бітумів, що застосовуються в дорожньому будівництві. Досліджено вплив гумової крихти на властивості дорожніх бітумів.

**Ключові слова:** бітум, бітум-полімерне в'язуче; гумово-бітумного в'язуче; гумова крихта; модифікація бітуму.

**The analysis of the characteristics of petroleum bitumen that used in road construction are presented. The influence on the properties of crumb rubber bitumen is investigated.**

**Key words:** bitumen, polymer bitumen binder; rubber bitumen binder; rubber powder; bitumen modification.

**Постановка проблеми.** У сучасному будівництві автомобільних доріг є підвищені вимоги до дорожньо-будівельних матеріалів, особливо до в'язучих речовин, зокрема до бітумів для асфальтобетону. Проте проблема якості дорожніх покриттів досі є актуальною в Україні. Зазвичай асфальтобетонні покриття на основі бітуму не здатні забезпечити в умовах сучасного напруженого та інтенсивного руху необхідних фізико-механічних властивостей покриттів і їх довговічність. Наприклад, статистичні дані свідчать, що терміни служби дорожніх покриттів, виконаних з бітумно-мінеральних композицій, становлять всього 50–70 % від нормативних. Низька еластичність, недостатні показники тріщиностійкості і температурного інтервалу працездатності обмежують застосування дорожніх покриттів в літній період і взимку, особливо в районах з різкоконтинентальним кліматом. Вищенаведені недоліки вказують на те, що бітум не витримує висунутих до нього вимог. Одним з основних способів підвищення терміну служби асфальтобетонних покриттів у силу фізичної природи і структурних особливостей асфальтобетону є зміна структури і властивостей органічних в'язучих матеріалів, які використані для його приготування. Модифікацію бітумів зазвичай проводять наповнювачами, поверхнево-активними речовинами, а також полімерними добавками або відходами їх виробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Бітум-полімерне в'язуче (БПВ) відрізняється від бітумів вищою еластичністю, властивою полімерам (еластомерам) як при 25 °С, так і при 0 °С, більшою стійкістю до утворення тріщин, ширшим температурним діапазоном працездатності. Крім того, воно характеризується значно більшою довговічністю при багаторазових динамічних впливах в області від'ємних температур. Полімерасфальтобетони у зв'язку з цим значно довговічніші, стійкіші до утворення тріщин та зсувів, ніж асфальтобетони. Варіюючи вмістом пластифікатора і полімеру, можна керувати і домагатися необхідних показників якості готового продукту [1–3]. Широкому впровадженню БПВ в практику промислового дорожнього будівництва перешкоджає не тільки складність і висока вартість сучасних установок з виробництва бітум-полімерних в'язучих, а й відносна дороговизна модифікаторів бітуму.

Як модифікатори бітуму, крім уже відомих, таких як термоеластоласти (дівінілстирольний), кополімери етилену з вінілацетатом, різні типи синтетичних каучуків, може бути використаний гумовий порошок, який одержується під час переробки зношених автомобільних шин [4]. Це дає змогу не тільки економити кошти, але й вирішувати важливу екологічну проблему. Водночас можна отримати гумово-бітумне в'язуче високої якості, оскільки під час девулканізації гуми утворюється каучукова речовина, яка структурує бітум.

Деякі західні фірми, наприклад “Crafko” (США), “Massenza” (Італія) і “Viafrance” (Франція), що займаються будівництвом та ремонтом доріг, успішно застосовують гумовий порошок. Проте в Україні та Росії одержати якісне в'язуче з використанням гумової крихти не вдається, про що свідчать представлені на останніх конференціях матеріали з переробки шин [5, 6].

**Метою** дослідження було вивчення можливості одержання бітумів, модифікованих гумовою крихтою, які б за експлуатаційними властивостями відповідали вимогам до товарних дорожніх бітумів.

**Експериментальна частина.** Для проведення експериментальної частини роботи використовували дорожній нафтовий бітум марки БНД 90/130, а також гумову крихту, одержану у разі подрібнення зношених автомобільних шин (фракції діаметром 0,6÷0,8 мм; 0,8÷1мм; 3 мм; 5 мм).

У робочій камері змішувача одночасно відбуваються такі процеси: набухання гумової крихти в бітумі за рахунок нафтових масел, які містяться в ньому, часткова її деструкція під впливом на неї температури і рівномірний розподіл гумової крихти по всьому об'єму бітуму.

На експериментальній установці було досліджено вплив гранулометричного складу гумової крихти, її процентного вмісту в масі бітуму, температурних режимів і тривалості змішування на якість одержуваного гумово-бітумного в'язучого. Модифікацію бітумів гумовою крихтою проводили на установці змішування, яка складається з реактора, обладнаного нагрівачем і регулятором температури, і перемішуючого пристрою. Процес вивчали в інтервалі температур 373–473 К протягом 250–350 хв. Оскільки гумова крихта повністю не розчинилась у бітумі, тому для об'єктивності результатів аналізу в'язучого із суміші вилучають нерозчинену гумову крихту шляхом фільтрування через металеве сито.

Зразки модифікованих бітумів аналізували з визначенням дуктильності при 25°C (за ГОСТ 11505-75), пенетрації при 25°C (за ГОСТ 11501-78), температури розм'якшення за методом “кільця та кулі” (КіК) (за ГОСТ 11506-73) та еластичності (ДСТУ Б В.2.7-135:2007, згідно з п. 9.5).

**Обговорення результатів досліджень.** Результати проведених експериментальних досліджень показали, що збільшення вмісту гумової крихти в масі бітуму більше, ніж на 15 % мас. призводить до зростання в'язкості гумово-бітумного в'язучого. Наприклад, під час модифікації бітуму марки БНД 90/130 гумовою крихтою в кількості 15 % мас. утворюється асфальтове в'язуче марки БПВ 40, яке має граничні показники в'язкості. При цьому дуктильність є незначно нижчою від вимог ДСТУ [7]. Також це тягне за собою не тільки технологічні труднощі у виробництві в'язучого, а й проблеми під час виробництва самого асфальтового покриття та якісного його укладання.

Оптимальним температурним режимом переробки бітуму з гумовою крихтою є 433 К. При нижчих температурах процес приготування гумово-бітумного в'язучого зростає з 250–350 хв. до 500–700 хв. і більше. При температурі 453 К і вище порушується колоїдна структура бітуму і різко знижуються якісні показники гумово-бітумного в'язучого (ГБВ).

У результаті досліджень з виявлення оптимальних розмірів гранул гумової крихти, для отримання якісного ГБВ було встановлено, що модифікація бітуму фракцією 0,8–1,0 мм та 0,6–0,8 мм гумової крихти дає найкращі результати за всіма основними показниками якості. Встановлено також, що застосування дрібніших фракцій гумової крихти для модифікації бітуму є недоцільним, водночас ГБВ, приготуване з використанням фракції гумової крихти понад 1 мм, не задовольняє вимоги для таких композицій [6].

На рис. 1–4 наведено графіки залежності показників пенетрації, розтяжності (дуктильності), температури розм'якшення, еластичності, які є основними фізико-механічними показниками для БПВ, від вмісту гумової крихти у бітумі. На цих же рисунках наведені фізико-механічні показники для відповідних марок БПВ, які використовуються для ремонту та будівництва нових дорожніх покриттів і приготування мастик для заливання тріщин і швів на існуючих бетонних покриттях.

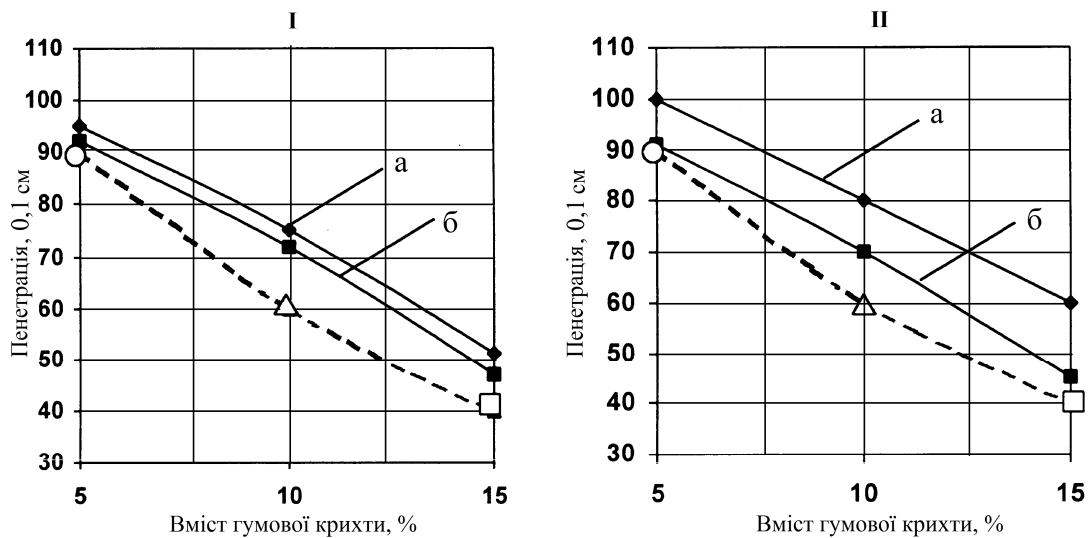


Рис. 1. Зміна пенетрації для ГБВ залежно від вмісту гумової крихти для умов:  
 (I) – тривалість змішування 250 хв, температура  $T = 433\text{ K}$ ;  
 (II) – тривалість змішування 350 хв., температура  $T = 433\text{ K}$ ;  
 (а) – ГК  $\varnothing 0,6\div 0,8\text{ мм}$ ; (б) – ГК  $\varnothing 0,8\div 1\text{ мм}$ ; О – БПВ 90;  $\Delta$  – БПВ 60;  $\square$  – БПВ 40

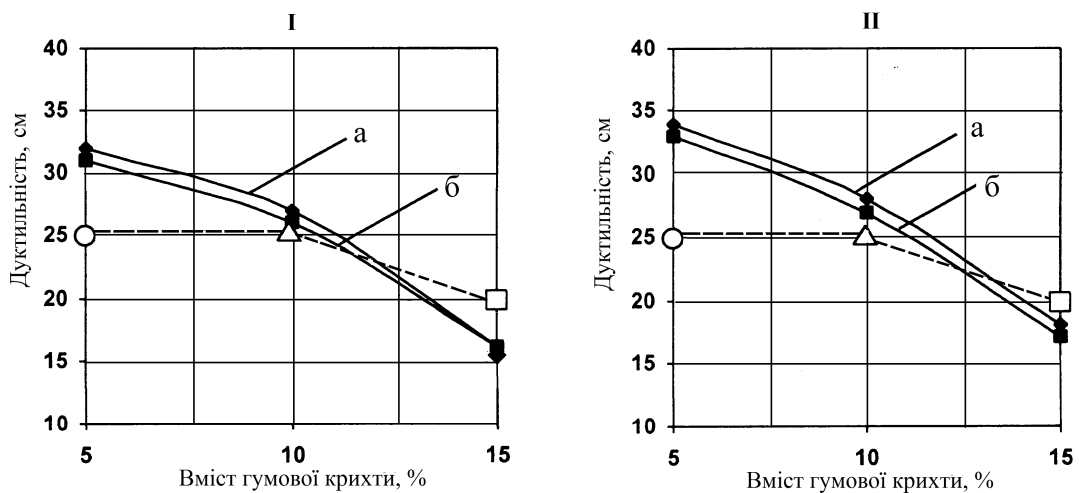


Рис. 2. Зміна дуктильності для ГБВ залежно від вмісту гумової крихти для умов:  
 (I) – тривалість змішування 250 хв., температура  $T = 433\text{ K}$ ;  
 (II) – тривалість змішування 350 хв., температура  $T = 433\text{ K}$ ;  
 (а) – ГК  $\varnothing 0,6\div 0,8\text{ мм}$ ; (б) – ГК  $\varnothing 0,8\div 1\text{ мм}$ ; О – БПВ 90;  $\Delta$  – БПВ 60;  $\square$  – БПВ 40

Встановлено, що повністю розчиняти гумову крихту в бітумі немає необхідності. Щоб забезпечити відповідні фізико-механічні показники в'язучого, досить провести поверхневу девулканізацію гумової крихти.

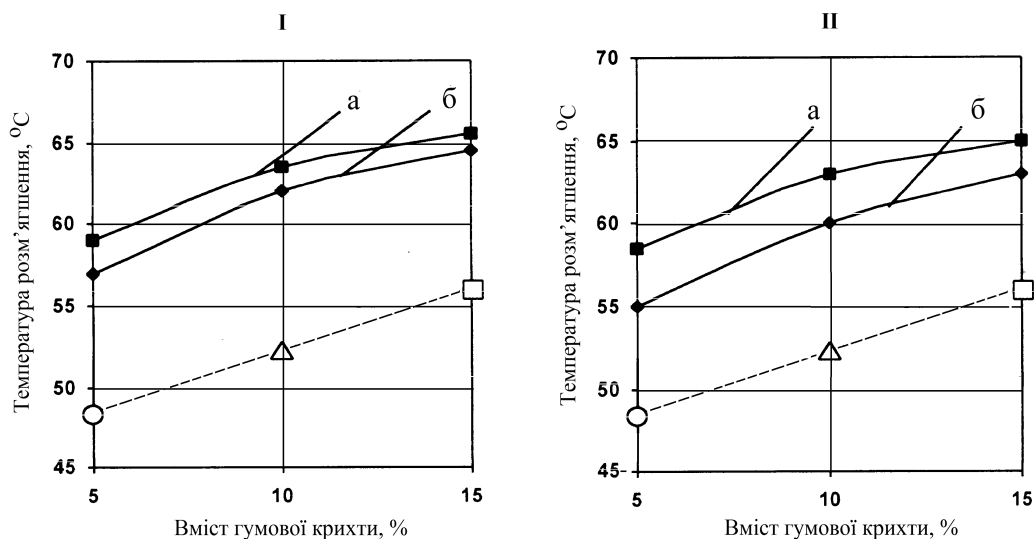


Рис. 3. Зміна температури розм'якшення для ГБВ залежно від вмісту гумової крихти для умов: (I) – тривалість змішування 250 хв, температура  $T = 433\text{ K}$ ; (II) – тривалість змішування 350 хв, температура  $T = 433\text{ K}$ ; (а) – ГК  $\varnothing 0,6-0,8\text{ мм}$ ; (б) – ГК  $\varnothing 0,8-1\text{ мм}$ ; О – БПВ 90;  $\Delta$  – БПВ 60;  $\square$  – БПВ 40

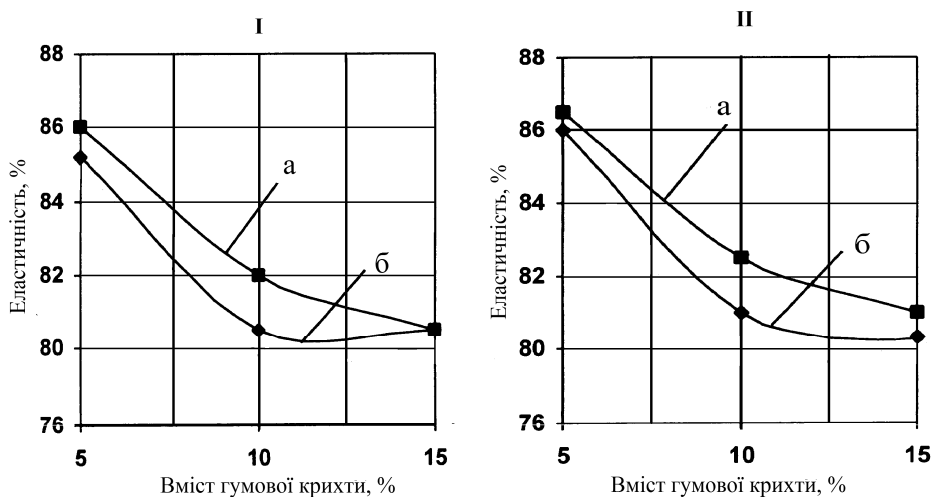


Рис. 4. Зміна еластичності для ГБВ залежно від вмісту гумової крихти для умов: (I) – тривалість змішування 250 хв., температура  $T = 433\text{ K}$ ; (II) – тривалість змішування 350 хв, температура  $T = 433\text{ K}$ ; (а) – ГК  $\varnothing 0,6-0,8\text{ мм}$ ; (б) – ГК  $\varnothing 0,8-1\text{ мм}$

Проведені дослідження показують, що мінімальною тривалістю проведення процесу модифікації бітуму гумовою крихтою в змішувачі є чотири години. У разі меншої тривалості змішування спостерігається часткове розшарування системи бітуму і гумової крихти, що є неприпустимим. Під час збільшення тривалості змішування якісні показники ГБВ істотно не змінюються, що спостерігаємо з рис. 1–4, тому надмірно збільшувати тривалість змішування економічно недоцільно.

Особливу увагу в отриманні якісного ГБВ, крім підбору оптимальної рецептури композицій, необхідно приділяти забезпеченню якісного перемішування компонентів для отримання однорідного за складом в'язучого у всіх точках простору робочого об'єму камери змішувача.

Ознакою неповного розчинення є наявність нерозчиненої фракції полімеру на тонкій плівці бітуму при контролі методом скляної палички (якщо полімер-модифікатор повністю розчинний у бітумі, або деяких його складових, то на паличці немає крихт). При недостатньому перемішуванні гумова крихта нерівномірно розподіляється в об'ємі бітуму, що негативно впливає на однорідність одержаного продукту та відтворюваність показників якості. Тому поряд з оптимальною для цих матеріалів рецептурою БПВ дуже важливо забезпечити для його якості хороше перемішування і гомогенізацію суміші.

Скорочення часу змішування композиції може бути досягнуто за рахунок попереднього проведення набухання і часткової термічної девулканізації гумового порошку в середовищі пом'ягшувача в спеціальній камері.

У змішувачі безперервної дії завдяки змінним спеціальним насадкам (шестеренчасті механізми, диспергуючі кулачки) можливе суміщення процесів пластикації і диспергування частково девулканізованої гумової крихти в бітумі та отримання в'язучого однорідної гомогенної структури.

**Висновки.** Встановлено принципову можливість використання гумової крихти у бітумному виробництві. Доведено, що додавання гумової крихти ефективно впливає на основні властивості бітумів: дуктильність, penetрацію, температуру розм'якшення та еластичності, і дає можливість замінити дорогі промислові еластомери при одержанні полімерасфальтобетонів. Показано, що додавання гумової крихти в кількості 5–12 % мас. дозволяє на основі окиснених нафтових бітумів отримувати бітум-полімерне в'язуче відповідно до вимог ДСТУ [7]. Враховуючи зниження собівартості бітуму і можливість часткового вирішення проблеми утилізації накопичених за останні десятиліття автомобільних шин, цей метод можна використовувати у промисловості.

1. Гохман Л. М. *Комплексные органические вяжущие материалы на основе блок сополимеров типа СБС.* – М.: ЗАО “Эконинформ”. 2004. – 510 с. 2. Мохаммад Шакир Абд Ал-Амері. *Модифікування залишкового бітуму орховицької нафти полімерами* / Мохаммад Шакир Абд Ал-Амері, О. Б. Гринишин, І. І. Сабан. // *Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” № 726 – Хімія, технологія речовин та їх застосування.* – 2012. – С.463-467. 3. Mohammad Al-Ameri. *Modification of residual bitumen from orhovytka oil by Butonal polymeric latexes* / Mohammad Al-Ameri, Oleh Grynshyn, Yuriy Khlibyshyn // *Chemistry&Chemical Technology.* – Vol.7. – № 3. – 2013. – P.323–326. 4. *Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве.* PIARC-AIPCR / Пер. с франц. В. А. Золотарёва; П. А. Беспаловой; Под общей редакцией В. А. Золотарёва, В. И. Братчуна. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003–229 с. 5. Хлібишин Ю. Я., Почапської І. Я. *Проблеми утилізації відпрацьованих автомобільних шин* // *Матеріали V науково-технічної конференції «Поступ у нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості».* – Львів, 9–12 червня 2009 р. – С.146–147. 6. *End of life Tyres: a Valuable resource With growing Potential [Text]* / *European Tyre and rubber Manufacturers' association.* – ETrMa, 2010. – 20 p. 7. ДСТУ Б В.2.7-135: *Бітуми дорожні, модифіковані полімерами.* Введено 03.08.2007 р.