

# ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН, ТЕХНОЛОГІЯ НАФТИ ТА ГАЗУ

Ю. М. Гринчук, В. В. Реутський, В. Л. Старчевський, П. А. Маціпура  
Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра фізичної, аналітичної та загальної хімії  
E-mail: yurii. m. hrynychuk@lpnu. ua

## ВИВЧЕННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ МОДИФІКАЦІЇ ДОРОЖНІХ БІТУМІВ ЕРО ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЯКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ БМП

© Гринчук Ю. М., Реутський В. В., Старчевський В. Л., Маціпура П. А., 2018

У наш час ефективним засобом підвищення довговічності дорожніх покриттів вважають застосування бітумів, модифікованих епоксидними сполуками. Враховуючи доволі велику тривалість модифікації дорожніх бітумів епоксидом ріпакової олії (ЕРО), ми вивчали процеси модифікації бітумів з використанням ультразвукової кавітації. Для досліджень використовували дорожній бітум, модифікований епоксидом ріпакової олії з використанням кавітації та без неї. Кавітацію у процесах модифікації дорожніх бітумів використовували для зменшення тривалості модифікації.

**Ключові слова:** бітум, модифікація, епоксид, ріпакова олія, УЗ, БМП.

Y. M. Hrynychuk V. V. Reutsky, V. L. Starchevsky, P. A. Matsipura

## STUDY OF INSPECTION OF THE PROCESSES OF MODIFICATION OF ROAD BITUMES OF EPO AND ITS IMPACT ON QUALITY PROPERTIES OF BMP

© Hrynychuk Y. M., Reutsky V. V., Starchevsky V. L., Matsipura P. A., 2018

In our time, the use of bitumen modified with epoxy compounds is considered as an effective means of improving the durability of road pavement. Given the rather long duration of modification of road bitumen epoxy rapeseed oil (EPO), we studied the processes of modifying bitumen using ultrasonic cavitation. For research, road bitumen modified with rapeseed oil epoxy using cavitation and without it. Cavitation in the process of modification of road bitumen was used to reduce the modification time.

**Key words:** bitumen, modification, epoxy, rapeseed oil, ultrasonic, BMP.

Сьогодні одним з найефективніших напрямів поліпшення властивостей бітумів є модифікація їх полімерами різних класів. Модифікація знижує чутливість бітуму до змін температури та тривалого навантаження, збільшує їхню когезійну міцність, надає пружності та поліпшує низько-температурну поведінку. Як наслідок, підвищується міцність, зсуво- та тріщиностійкість дорожніх покриттів, зростає їх опір руйнуванню через втому.

Обсяги застосування модифікованих бітумів у промислово розвинених країнах постійно зростають і сьогодні досягають 10 % усіх дорожніх бітумів.

Головною причиною, що стримує темпи зростання випуску модифікованих бітумів, є висока вартість полімерів (до 30 грн. за 1 кг), що робить їх в 1,5–2,5 рази дорожчими, ніж немодифіковані бітуми.

Вирішити проблему покращення якості бітумів можна способом модифікації їх епоксидними сполуками на основі відновлюваної сировини. В нашій роботі вивчено властивості бітумів, модифікованих епоксидом ріпакової олії ЕРО. Встановлено позитивний вплив епоксиду ріпакової олії на дорожні бітуми різних марок. Умови для проведення модифікації вибрано на основі попередніх випробувань для бітуму марки БНД 90/130, який аналізували за такими показниками, як penetрація, адгезія, дуктильність, температура розм'якшення тощо.

**Постановка проблеми.** Українські автомобільні дороги характеризуються низькою міцністю і високою зношеністю. Відповідно до сучасних навантажень та інтенсивності руху дорожні покриття більшості шляхів вичерпали свій ресурс та потребують відновлення.

Сьогодні розвиток автодоріг істотно відстає від темпів автомобілізації. В Україні немає жодного автобану європейського зразка. Майже всі дороги країни проходять через населені пункти й обмежена швидкість руху транспорту. Довжина швидкісних доріг в Україні становить близько 300 км, у Німеччині – 12 тис. км, у Франції – 7 тис. км.

Незадовільний стан доріг підтверджують міжнародні експерти. За оцінками експертів Світового економічного форуму “The Global Competitiveness Report 2016–2017”, із 138 учасників Україна посіла 134-те місце за показником якості автомобільних доріг [1].

Вирішення проблеми поліпшення якості дорожніх бітумів дасть змогу продовжити термін служби дорожніх асфальтобетонних покриттів і підвищити ефективність робіт з їхнього будівництва й ремонту [2].

Відомо, що асфальтобетонні суміші, використовувані в дорожньому будівництві, і їх механічні властивості залежать від властивостей бітумного в'язучого та методу приготування сумішей [2]. Оскільки нафтові бітуми, які використовують для створення асфальтобетонів, не завжди відповідають високим стандартам якості, їх необхідно модифікувати [3].

В Україні підвищення якості бітумів має особливе значення, оскільки вітчизняні бітуми за властивостями не завжди відповідають високим світовим стандартам. Зокрема, вони характеризуються меншою когезійною міцністю, недостатньою адгезією і низьким резервом старіння. Щоб позбавитись цих недоліків і одержати високоякісні бітуми, використовують модифікатори різної природи, зокрема сірку, полімери, каучуки тощо. Варто зазначити, що у світовій практиці 100 % верхнього шару дорожнього покриття виготовляють з використанням модифікованих дорожніх бітумів.

Практично всі відомі сучасні добавки знижують чутливість бітумів до зміни температури, підвищують їхню когезійну міцність і теплостійкість, надають їм еластичності, а також покращують поведінку за низьких температур. Це сприяє підвищенню міцності, зсувостійкості та тріщиностійкості асфальтобетонних покриттів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Попередні дослідження і публікації показали, що в літературі є багато матеріалів стосовно модифікації бітумів різними сполуками. Проте однією з причин, яка стримує збільшення обсягів використання асфальтобетонів на основі цих модифікованих бітумів, є висока вартість модифікаторів і до того ж їх не випускає промисловість України. На особливу увагу як модифікатори бітумів заслуговують епоксиди, зокрема епоксид ріпакової олії (ЕРО) (табл. 1).

Введення ЕРО до складу бітуму надає йому більшої тепло- і морозовитривалості, еластичності, підвищеної опірності навантаженням, підвищує довговічність, а також покращує такі характеристики: когезію, дуктильність, penetрацію, зчеплення із гранітом та температуру розм'якшення [3]. Асфальтобетон, виготовлений на основі бітумів, модифікованих ЕРО, має вищі показники міцності, водостійкості порівняно з іншими асфальтобетонами, а добавка ЕРО істотно впливає на показники границі міцності при стиску, що позитивно впливатиме на підвищення довговічності шарів покриття дорожніх одягів, побудованих з їх використанням [2].

Таблиця 1

**Фізико-механічні характеристики модифікованого бітуму ЕРО**

Показник	БНД 90/130	БНД 90/130 + 3 % мас. ЕРО
Температура розм'якшення за "кільцем і кулею", К	318	322
Пенетрація за 298 К, $m \cdot 10^{-4}$ (0,1 мм)	95	85
Дуктильність за 298 К, $m \cdot 10^{-2}$ (см)	133	132
Зчеплення зі склом, адгезія, %	95	92

Таблиця 2

**Фізико-механічні характеристики дрібнозернистого асфальтобетону**

Показники	Для асфальтобетону, на основі:		
	БНД 90/130, згідно з ГОСТ	БНД 90/130	БНД 90/130 модифікованого ЕРО
Вміст бітуму, %	–	6,2	6,2
Водонасичення, % за об'ємом	Не більше ніж 2,5	0,49	0,51
Середня густина, $г/см^3$	–	2,40	2,40
Границя міцності МПа, за температури:			
20 °С	Не менше за 2,9	5,2	8,1
50 °С	Не менше за 1,4	1,8	3,8
Коефіцієнт водостійкості	Не менше за 0,91	0,91	0,97

Модифікація бітумів добавкою ЕРО технологічно проста, потребує такого ж обладнання і виконується за такою самою технологією, як у разі використання інших модифікаторів (Elvaloi, KratonD тощо), зокрема:

1. Нагрівання бітуму до температури 180–190 °С.
2. Поступове та рівномірне введення 2–5 % модифікатора ЕРО з постійним перемішуванням в'язучого.
3. Після завершення введення добавки інтенсивне перемішування бітуму разом з ЕРО протягом 5 год.

Враховуючи велику тривалість модифікації та деякі розбіжності у результатах, отриманих під час досліджень з використанням олій, одержаних різними способами екстракції, прийнято рішення про необхідність інтенсифікації процесів модифікації дорожніх бітумів із застосуванням ультразвуку та інших можливих добавок до процесу.

**Мета роботи** – удосконалити технологію модифікації дорожніх нафтових бітумів. Добитися максимально можливих показників якості бітумних матеріалів та максимального їх зчеплення з мінеральною складовою асфальтобетонних сумішей зі зменшенням тривалості процесу модифікації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Всі досліди з приготування бітумних композицій проводили в термостатованому реакторі з лопатевою мішалкою за розробленою і дослідженою методикою [5]. Якість отриманого модифікованого бітуму (БМП) досліджували за значеннями показників: пенетрації за 25 °С, температури розм'якшення, дуктильності за 25 °С та зчеплення із поверхнею скла. Для досліджень використано бітум марки БНД 60/90.

У ході досліджень проаналізовано вплив ультразвукових коливань частотою 22 кГц, низькорезонансної кавітації (17–100 Гц) та вібротурбулізуювальних апаратів на час модифікації та

якість модифікованого бітуму. Показано, що в усіх випадках час модифікації зменшується, однак якісні характеристики одержаного бітуму практично не відрізняються.

Одержані результати свідчать, що введення ЕРО в бітум із застосуванням УЗ дає змогу інтенсифікувати процеси модифікування дорожніх бітумів ЕРО за незмінно високих значень фізико-механічних показників БМП.

Розглянуто різні способи застосування УЗ у процесах модифікації бітумів, їхні переваги та недоліки. Зроблено певні висновки про застосування УЗ для модифікації дорожніх бітумів епоксидними сполуками.

**Висновки.** Модифікація дорожніх бітумів за допомогою ЕРО приводить до зміни властивостей модифікованого бітуму, таких як температура розм'якшення, адгезія, penetрація, дуктильність тощо. Встановлено, що модифікація дорожніх бітумів епоксидом ріпакової олії покращує експлуатаційні характеристики дорожніх покриттів, незалежно від марки бітуму.

Аналіз результатів експериментальних досліджень свідчить про достатню ефективність добавки ЕРО та її істотний вплив на показники границі міцності при стиску, що позитивно впливатиме на підвищення довговічності шарів покриття дорожніх одягів, побудованих з їх використанням. Порівняльний аналіз властивостей асфальтобетону з різними добавками свідчить про достатню високу ефективність використання бітумів, модифікованих ЕРО, для дорожнього будівництва [3].

Кавітацію у процесах модифікації дорожніх бітумів використовували для пришвидшення модифікації. Виконано порівняльний аналіз властивостей бітумів, модифікованих з використанням кавітації та без неї, а також необхідні дослідження впливу цих змін на властивості асфальтобетонів. Промислове використання одержаного, якісного і дешевого модифікатора на основі рослинних олій сприятиме розширенню використання БМП і, як наслідок, підвищенню довговічності дорожніх покриттів. Для уточнення і наочного відображення усіх результатів цих експериментів необхідні додаткові дослідження, також у співпраці з провідними автодорожніми лабораторіями України.

1. *Громадська організація “Публічний аудит”, “Аналіз фінансування автомобільних доріг України” (publicaudit.com.ua/reports-on-audit/analiz-finansuvannya-avtomobilnih-dorig-ukrayini/).*
2. *Грудников И. Б. Производство нефтяных битумов. – М., Химия, 1983. – 188 с.*
3. *Нрынчук Ю. М. Effect of Modified Bitumen on Physico-mechanical Properties of Asphalt Concrete / Mykhailo Nykuranchuk, Yurii Hrynchuk and Mykola Olchovyk // Chemistry and Chemical Technology. – 2013. – Vol. 7. – № 4. – P. 467–470.*
4. *Гринчук Ю. М. Епоксидні сполуки на основі ріпакової олії як модифікатори для дорожніх бітумів / Ю. М. Гринчук, М. В. Никипанчук // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2011. – № 700. – С. 474–477.*
5. *Гринчук Ю. М. Вплив умов та способу модифікації дорожніх бітумів епоксидом ріпакової олії на їх фізико-хімічні властивості / Гринчук Ю. М., Никипанчук М. В., Гринчук В. М. // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2013. – № 761. – С. 465–469.*
6. *Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови: ДСТУ 4044-2001.– К.: Держстандарт України, 2001.*
7. *ДСТУ Б В.2.7-135:2007 “Будівельні матеріали. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови”.*