

тах великої потужності по технологіям, які мають довгу історію вдосконалення в промислових масштабах великими світовими компаніями. Підкреслено, що Україна має значительні запаси низькокалорійного вугілля (постійно розширюються за рахунок відходів углеобогачення), термохімічна переробка яких може дозволити значительно розширити національну енергетичну базу.

Наведено основні принципи класифікації і технологічні основи існуючих промислових і промислово-дослідницьких установок газифікації вугілля і подібних їм матеріалів. Описано принципові схеми і основні параметри діючих установок, на яких здійснюється процес газифікації при температурах, нижче температури плавлення мінеральних (золоторозчинюючих) компонентів сировини – Sasol Lurgi і SES Gasification Technology (SGT).

На основі даних по світовому досвіду експлуатації установок термохімічної переробки вугілля показано, що низькотемпературна (здійснювана при температурі нижче температури плавлення мінеральних золоторозчинюючих компонентів) газифікація різних сортів неокислюючого вугілля при визначених технологічних рішеннях може бути не менш ефективною, ніж більш складні і дорогі високотемпературні технології. Наведено підстави вважати, що ефективність газифікації з виводом золу в твердому стані може бути ще більш збільшена використанням деяких технологічних можливостей, які мають місце в коксохімічному виробництві.

Ключові слова: бурі вугілля, неокислюючі вугілля, термохімічна переробка, газифікація, ефективність, ступінь конверсії вуглецю, енергоносії, синтез-газ, екологічна безпека.

Автор для переписки М.А. Гордієнко, e-mail: [yo@ukhim.org.ua](mailto:yo@ukhim.org.ua)

DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-4-21-27

Спеціальність: 161. УДК 665.775

## ОДЕРЖАННЯ ДОРОЖНІХ НАФТОВИХ БІТУМІВ МЕТОДОМ ХІМІЧНОГО МОДИФІКУВАННЯ НАФТОВИХ ЗАЛИШКІВ

© В.М. Гунька<sup>1</sup>, Ю.В. Присяжний<sup>2</sup>, Ю.Я. Демчук<sup>3</sup>, Ю.М. Гринчук<sup>4</sup>, Ю.В. Сідун<sup>5</sup>, М.М. Братичак<sup>6</sup>

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, вул. С. Бандери, 12, 79013, Україна

<sup>1</sup>Гунька Володимир Мирославович, канд. техн. наук, доц., доц. кафедри хімічної технології переробки нафти та газу (КХТПНГ), e-mail: [volodymyr.m.hunka@lpnu.ua](mailto:volodymyr.m.hunka@lpnu.ua)

<sup>2</sup>Присяжний Юрій Володимирович, канд. техн. наук, доц., доц. КХТПНГ, e-mail: [khtnh.dept@lpnu.ua](mailto:khtnh.dept@lpnu.ua)

<sup>3</sup>Демчук Юрій Ярославович, канд. техн. наук, лаборант кафедри фізичної, аналітичної та загальної хімії (КФАЗХ)

<sup>4</sup>Гринчук Юрій Миколайович, канд. техн. наук, доц. КФАЗХ

<sup>5</sup>Сідун Юрій Володимирович, канд. техн. наук, доц. кафедри автомобільних доріг та мостів, e-mail: [adm.dept@lpnu.ua](mailto:adm.dept@lpnu.ua)

<sup>6</sup>Братичак Михайло Миколайович, докт. хім. наук, проф., зав. КХТПНГ, e-mail: [khtnh.dept@lpnu.ua](mailto:khtnh.dept@lpnu.ua)

Стаття присвячена одержанню дорожніх нафтових бітумів з нафтових залишків шляхом їх модифікування відносно дешевими низькомолекулярними органічними речовинами. Запропонований метод належить до хімічного модифікування, що, у випадку його промислового впровадження, дозволить уникнути використання дорогих фізичних модифікаторів.

Як низькомолекулярну органічну речовину (модифікатор/хімічний реагент процесу) для хімічного модифікування гудрону використовували формалін, тобто 37 %-вий водний розчин формальдегіду; як каталізатор процесу хімічного модифікування гудрону використовували концентровану сульфатну кислоту (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Як вихідну сировину для хімічного модифікування використовували нафтовий залишок – гудрон, відібраний на ПАТ «Укртатнафта» (м. Кременчук, Україна).

Хімічне модифікування формальдегідом здійснювали у герметичних стаціонарних ємностях, які здатні працювати під надлишковим тиском. Наведено світлин обладнання. Оскільки кінцевою метою роботи було одержання дорожнього нафтового бітуму, то аналізуючи результати експериментальних досліджень ори-



ГП 'УХІМ'

ентувались на якісні характеристики саме цього продукту. При цьому визначали найбільш важливі якісні показники, а саме: глибину проникнення голки (пенетрацію), температуру розм'якшення, дуктильність (розтяжність), зчеплення зі склом (адгезію до скла), температуру крихкості за Фраасом, індекс пенетрації. Для гудрону додатково визначали: густину, температуру спалаху у відкритому тиглі та температуру початку кипіння.

В результаті експериментів встановлено принципову можливість одержання дорожніх нафтових бітумів методом хімічного модифікування гудрону формальдегідом. Виявлено, що чинники процесу (вміст формальдегіду в реакційній суміші, вміст каталізатора в реакційній суміші, температура й тривалість) мають значний вплив на якість отриманого продукту. Зміна їх значень дозволяє регулювати значення якісних характеристик отриманого бітуму.

Ключові слова: в'язучі матеріали, бітум, нафтовий залишок, модифікування.

Автор для листування В.М. Гунька, e-mail: [volodymyr.m.hunka@lpnu.ua](mailto:volodymyr.m.hunka@lpnu.ua)

\*\*\*\*\*

## Вступ

Дорожні бітуми – це основний в'язучий матеріал для одержання асфальтобетонних сумішей, які використовуються у будівництві автомобільних шляхів. При їх одержанні і застосуванні в Україні виникає ряд проблем. Перша з них – неможливість на вітчизняних нафтопереробних підприємствах одержати якісний дорожній дистиляційний бітум, що пояснюється відсутністю важких ароматичних нафт в українських родовищах, які власне є сировиною виробництва бітумних матеріалів. Друга – недостатньо високі теплостійкості та адгезійні властивості товарних дистиляційних (залишкових) та окиснених нафтових бітумів, що при збільшенні інтенсивності дорожнього руху, зростанні обсягів великовантажних перевезень, маси автомобілів разом із впливом на дорожню конструкцію погоднокліматичних факторів, призводить до руйнування дорожнього покриття. Третя – для покращення експлуатаційних властивостей бітумів (як дистиляційних так і окиснених) до них необхідно додавати дорогі промислові модифікатори [1-4].

На даний час в Україні остання проблема є особливо актуальною, оскільки в останні 5-7 років ведеться інтенсивне будівництво нових автошляхів і ремонт існуючих, що, своєю чергою, викликає потребу в значній кількості якісного дорожнього бітуму. Внаслідок цього наша країна імпортує великі об'єми дорогих модифікаторів, що в кінцевому результаті значно підвищує вартість автомобільних доріг.

У зв'язку з цим останні кілька років на кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка» ведуться наукові дослідження в напрямку розробки нових методів одержання дорожніх нафтових бітумів, якісні характеристики котрих задовольняли б вимогам відповідних нормативних документів [5-7]. Зокрема, дана стаття присвячена одержанню дорожніх нафтових бітумів з нафтових залишків модифікуванням останніх відносно дешевими низькомолекулярними органічними речовинами. Слід зауважити, що запропонований метод належить до «хімічного модифікування», що, у випадку його промислового впровадження, дозволить уникнути використання дорогих «фізичних модифікаторів».

## 2. Експериментальна частина

### 2.1. Вихідні матеріали

Як сировину хімічного модифікування використовували нафтовий залишок – гудрон, відібраний на ПАТ «Укртатнафта» (м. Кременчук, Україна). Основні характеристики гудрону наведені в табл. 1.

Таблиця 1

| Характеристики гудрону  |          |
|---|----------|
| Показник  | Значення |
| Густина за температури 20 °C, кг/м <sup>3</sup>                             | 982,9    |
| Температура початку кипіння, °C   | 386,0    |
| Температура спалаху, що визначається у відкритому тиглі, °C                 | 282,0    |
| Глибина проникнення голки за температури 25 °C, м·10 <sup>-4</sup> (0,1 мм) | 247,0    |
| Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C                             | 39,0     |
| Розтяжність (дуктильність) за температури 25 °C, м·10 <sup>-2</sup> (см)    | 77,2     |
| Температура крихкості за Фраасом, °C  | -5,0     |
| Індекс пенетрації   | 0,16     |



Як низькомолекулярну органічну речовину (модифікатор/хімічний реагент процесу) для хімічного модифікування гудрону використовували формалін, який є 37 %-вим водним розчином формальдегіду; безбарвна прозора рідина з різким подразнюючим запахом.

Як каталізатор процесу хімічного модифікування гудрону використовували концентровану сульфатну кислоту ( $H_2SO_4$ ); безбарвна масляниста, дуже в'язка і гігроскопічна рідина.

## 2.2. Аналіз експериментальних матеріалів та методики проведення експериментів

Оскільки кінцевою метою роботи було одержання дорожнього нафтового бітуму, то аналізуючи результати експериментальних досліджень орієнтувались на якісні характеристики саме цього продукту. При цьому визначали найбільш важливі якісні показники, а саме: глибину проникнення голки (пенетрацію), температуру розм'якшення, дуктильність (розтяжність), зчеплення зі склом (адгезію до скла), температуру крихкості за Фраасом, індекс пенетрації. Для гудрону додатково визначали: густину, температуру спалаху у відкритому тиглі та температуру початку кипіння.

Аналіз фізико-технологічних показників вихідного та модифікованого гудрону здійснювали згідно стандартизованих методик: температура розм'якшення – відповідно до [9]; пенетрація – згідно [10]; дуктильність – відповідно до [11]; зчеплення зі склом – згідно [12]; густина за температури 20 °C – відповідно до [13]; температура початку кипіння – згідно [14]; температура спалаху у відкритому тиглі – відповідно до [15]; температура крихкості за Фраасом – згідно [8].

Індекс пенетрації визначали за формулою [16]:

$$IP = \frac{20 \cdot T_{\text{розм.}} + 500 \cdot \lg P_{25} - 1952}{T_{\text{розм.}} - 50 \cdot \lg P_{25} + 120}, \quad (1)$$

Де IP – індекс пенетрації;  $T_{\text{розм.}}$  – температура розм'якшення, °C;  $P_{25}$  – пенетрація,  $\text{м} \cdot 10^{-4}$  (0,1 мм).

Хімічне модифікування формальдегідом здійснювали у герметичних стаціонарних ємностях, які здатні працювати під надлишковим тиском (рис. 1). Це обумовлено здатністю модифікатора випаровуватись при робочій температурі процесу (90-150 °C). При цьому на стадії завантаження температура в ємності повинна бути меншою, ніж температура кипіння модифікатора.



Рис. 1 Реакційна ємність для хімічного модифікування нафтових залишків формаліном

В ємність завантажували сировину (гудрон), нагріту до температури, яка забезпечує її рухомий стан. Після цього дозволяли сировині охолонути до температури,

нижчої за температуру кипіння формаліну. Далі по чергово додавали хімічні реагенти (формалін) і каталізатор (сульфатну кислоту). Ємність герметично закривали,

встановлювали необхідну температуру та фіксували час початку процесу. Під час процесу ємність з реакційною сумішшю час від часу збовтували для інтенсифікації модифікування. У випадку проведення модифікування з постійним перемішуванням на дно ємності вміщували магнітну мішалку. Після закінчення процесу ємність охолоджували і від одержаного продукту (модифікату) методом вакуумної дистиляції (або вакуумним сушінням) відганяли воду та компоненти, що не прореагували.

На основі визначення якісних показників модифікату робили висновок про його відповідність вимогам нормативних документів в галузі бітумних дорожніх будівельних матеріалів.

### 3. Результати досліджень та їх обговорення

Відомо, що індивідуальні ароматичні вуглеводні та САР, які присутні в нафтових залишках, здатні вступа-

ти у реакції поліконденсації з формальдегідом, утворюючи арено-формальдегідні смоли та формаліти, відповідно. Умови процесу модифікування гудрону, а саме співвідношення «нафтовий залишок : формальдегід», тип та кількість катализатора, температуру і час модифікування, вибирали, відштовхуючись від даних, наведених у [17].

У табл. 2 наведено умови процесу модифікування гудрону формальдегідом. Слід зауважити, що для найбільш реальної оцінки ефективності даного процесу з позиції одержання дорожнього бітуму, в ході експериментів встановлювали кардинально різні значення кожного чинника процесу – максимальні та мінімальні. Таким чином було отримано всім зразків модифікованого гудрону – ГМФ1-ГМФ8.

В табл. 3 наведено якісні характеристики отриманих зразків гудрону, модифікованого формальдегідом (ГМФ1-ГМФ8).

Таблиця 2

Умови процесу модифікування гудрону формальдегідом

| Зразок гудрону, модифікованого формальдегідом | Вміст гудрону в реакційній суміші, % мас. на гудрон | Вміст формаліну (в т.ч. формальдегіду) в реакційній суміші, % мас. на гудрон | Вміст катализатора процесу (концентрована $H_2SO_4$ ), % мас. на гудрон | Температура модифікування, °C | Тривалість модифікування, хв. |
|---|---|--|---|-------------------------------|-------------------------------|
| ГМФ1  | 100,0   | 10,0 (3,7)   | 2,5   | 100                           | 180                           |
| ГМФ2  | 100,0   | 10,0 (3,7)   | 2,5   | 100                           | 60                            |
| ГМФ3  | 100,0   | 10,0 (3,7)   | 2,5   | 160                           | 180                           |
| ГМФ4  | 100,0   | 10,0 (3,7)   | 2,5   | 80                            | 180                           |
| ГМФ5  | 100,0   | 15,0 (5,5)   | 2,5   | 100                           | 30                            |
| ГМФ6  | 100,0   | 2,5 (0,9)  | 2,5   | 100                           | 30                            |
| ГМФ7  | 100,0   | 15,0 (5,5)   | 3,75  | 100                           | 30                            |
| ГМФ8  | 100,0   | 2,5 (0,9)  | 0,625   | 100                           | 30                            |

Таблиця 3

Характеристики гудрону, модифікованого формальдегідом

| Показник  | Значення |       |       |       |       |       |       |       |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | ГМФ1     | ГМФ2  | ГМФ3  | ГМФ4  | ГМФ5  | ГМФ6  | ГМФ7  | ГМФ8  |
| Пенетрація за температури 25 °C, $m \cdot 10^{-4}$ (0,1 мм) | 33       | 29    | 26    | 32    | 24    | 40    | 25    | 105   |
| Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C             | 76       | 82    | 75    | 78    | 91    | 69    | 90    | 48    |
| Дуктильність за температури 25 °C, $m \cdot 10^{-2}$ (см)   | 54       | 37    | 52    | 48    | 31    | 69    | 34    | 84    |
| Зчеплення зі склом, %                                       | 94       | 96    | 92    | 98    | 99    | 88    | 96    | 72    |
| Температура крихкості за Фраасом, °C                        | - 2,5    | - 2,5 | - 3,0 | - 3,5 | - 2,0 | - 3,0 | - 2,0 | - 4,0 |
| Індекс пенетрації   | 2,7      | 3,3   | 2,0   | 2,9   | 3,9   | 2,1   | 3,9   | 0,3   |

Для можливості порівняння результатів в табл. 4 наведено діючі в Україні вимоги щодо якості найбільш використовуваної в дорожньому будівництві марки бітуму нафтового дорожнього в'язкого.

Порівнюючи дані, наведені в табл. 3 та 4, можна зробити висновок, що в процесі модифікування гудрону

формальдегідом, незалежно від умов процесу, в усіх випадках вдається одержати модифікат з температурою розм'якшення і більшою від мінімально необхідної (45 °C), і більшою від максимально припустимої (51 °C). При цьому пенетрація або менша за необхідну (ГМФ 1-7), або більша (ГМФ 8).

Таблиця 4

Вимоги до якості бітуму нафтового дорожнього в'язкого марки БНД 70/100 [16]

| Показник   | Значення              |
|--|-----------------------|
| Пенетрація за температури 25 °C, м·10 <sup>-4</sup> (0,1 мм)             | Від 71 до 100 включно |
| Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C                          | Від 45 до 51 включно  |
| Дуктильність за температури 25 °C, м·10 <sup>-2</sup> (см), не менше ніж | 60                    |
| Зчеплення зі склом, %, не менше ніж                                      | 18                    |
| Температура крихкості за Фраасом, °C, не вище ніж                        | Мінус 13              |
| Індекс пенетрації  | Від мінус 2,0 до 1,0  |

Цікавим є те, що необхідне значення дуктильності ( $\geq 60$  см) досягається у випадку мінімальної витрати модифікуючого агента – формаліну (ГМФ 6, ГМФ 8), що є позитивним аспектом з огляду на економічні витрати на процес і екологічний вплив отриманого продукту на навколишнє середовище.

Для всіх зразків ГМФ без проблем вдалось досягнути необхідного значення адгезії на поверхні скла. Проте негативним аспектом є те, що значення температури крихкості за Фраасом та індексу пенетрації для всіх зразків ГМФ не попадає в необхідні, згідно табл. 4, межі.

Таким чином, на основі вищесказаного, можна зробити висновок, що процес хімічного модифікування гудрону формальдегідом є принципово дієвим з позиції одержання дорожніх будівельних матеріалів. Тобто даним методом вдається отримати продукт, який можна класифікувати як дорожній нафтовий бітум. Проте, зважаючи на дуже широкий діапазон значень якісних характеристики отриманих зразків, в подальших дослідженнях необхідно детально вивчити вплив кожного з чинників на даний процес. Правильний підбір його оптимальних умов дозволить ефективно й раціонально керувати процесом модифікування. Тобто, знаючи якісні характеристики вихідної сировини, задавши певні умови процесу, можна буде отримати модифікат, який відповідатиме вимогам до якості тієї чи іншої марки бітуму.

#### 4. Висновки

1. Встановлено принципову можливість одержання дорожніх нафтових бітумів методом хімічного модифікування гудрону формальдегідом.

2. Зміна навіть одного (будь-якого) з чинників процесу (вміст формальдегіду в реакційній суміші, вміст каталізатора в реакційній суміші, температура й тривалість) має значний вплив на якість отриманого продукту.

3. Для одержання кожної окремої марки дорожнього нафтового бітуму необхідно підбирати індивідуальний набір значень оптимальних умов процесу.

#### Подяка

Експериментальні дослідження проводились в рамках проекту «Одержання модифікованих низькомолекулярними органічними сполуками бітумів із нафтових залишків» (№ 2020.02/0038) від Національного фонду досліджень України.

#### Бібліографічний список

1. Boutevin B. Bitumen-Polymer Blends for Coatings Applied to Roads and Public Constructions / B. Boutevin, Y. Pietrasanta, J.J. Robin. // *Progress in Organic Coatings*. – 1989. – V. 17. – P. 221-249.
2. Walkering C.P. Improved Asphalt Properties Using SBS modified Bitumens / C.P. Walkering, W.C. Vonk, C.D. Whiteoak // *Shell Bitum. Rev.* – 1992. – V. 66. – P. 9-11.
3. Rodrigues C. Polymer modified bitumens and other modified binders / C. Rodrigues, R. Hanumanthgari / In the The Shell Bitumen Handbook, Sixth edition / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.icvirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/tsbh.58378.149>. DOI: 10.1680/isbh.58378.149.
4. Pyshyev S. Polymer modified bitumen: Review / S. Pyshyev, V. Gunka, Y. Grytsenko, M. Bratychak // *Chem-*



istry and Chemical Technology. – V. 10. – No 4s. – 2016. – P. 631-636.

5. Pyshyev S. Production of Indene-coumarone Resins as Bitumen Modifiers / S. Pyshyev, Yu. Grytsenko, H. Bilushchak, R. Pyshyeva, N. Danyliv // *Petroleum and Coal*. – 2015. – Vol. 57. – Issue 4. – P. 303-314.

6. Пиш'єв С.В. Одержання інден-кумаронових смол для модифікації нафтових дорожніх бітумів / С.В. Пиш'єв, Ю.Б. Гриценко, І.Є. Никулишин, З.Я. Гнатів // *УглеХимический журнал*. – 2014. – № 5. – С. 41-48.

7. Demchuk Y. Slurry surfacing mixes on the basis of bitumen modified with phenol-cresol-formaldehyde resin / Yu. Demchuk, V. Gunka, S. Pyshyev, J. Kucinska-Lipka, M. Bratychak // *Chemistry and Chemical Technology*. – 2020. – 14(2). – P. 251-256. DOI: 10.23939/chcht14.02.251/

8. Бітум та бітумні в'язучі. Визначення температури крихкості за методом Фрааса: ДСТУ EN 12593:2018. – [Чинний від 2018-08-21]. – К.: Держстандарт України, 2018. – (Національний стандарт України).

9. Бітум та бітумні в'язучі. Визначення температури розм'якшеності за методом кільця і кулі: ДСТУ EN 1427:2018 (EN 1427:2015, IDT). – [Чинний від 2019-06-01].

10. Бітум та бітумні в'язучі. Визначення глибини проникності голки (пенетрації): ДСТУ EN 1426:2018 (EN 1426:2015, IDT). – [Чинний від 2019-06-01].

11. Бітум та бітумні в'язучі. Метод визначення розтяжності: ДСТУ 8825:2019. – [Чинний від 2020-01-01].

12. Будівельні матеріали. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Метод визначення показника зчеплення з поверхнею скла та кам'яних матеріалів: ДСТУ Б В.2.7-81-98. – [Чинний від 1999-03-01].

13. Нафта і нафтопродукти. Методи визначення щільності: ГОСТ 3900-85 (СТ СЭВ 6754-89). – [Чинний від 01-01-1987].

14. Нафтопродукти. Методи визначення фракційного складу: ГОСТ 2177-99. – [Чинний від 01-01-2001].

15. Нафтопродукти. Методи визначення температур спалаху та займання у відкритому тиглі: ДСТУ ГОСТ 4333:2018. – [Чинний від 01-10-2018].

16. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови: ДСТУ 4044:2019. – [Чинний від 2020-05-01].

17. Моцинская Н.К. Полимерные материалы на основе ароматических углеводородов и формальдегида. Монография / Н.К. Моцинская – К.: Техніка, 1969. – 266 с.

Рукопис надійшов до редакції 10.04.2021

DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-4-21-27

Specialty 161. U.D.C. 665.775

## PRODUCTION OF ROAD OIL BITUMENS BY THE METHOD OF CHEMICAL MODIFICATION OF OIL RESIDUES

© V.M. Gunka, PhD in technical sciences, Yu.V. Prysiashnyi, PhD in technical sciences, Yu.Ya. Demchuk, PhD in technical sciences, Yu.M. Hrynychuk, PhD in technical sciences, Yu.V. Sidun, PhD in technical sciences, M.M. Bratychak, Doctor of Chemical Sciences (Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera Str., 79013, Lviv, Ukraine)

The article is devoted to obtaining road oil bitumen from oil residues by modifying them with relatively cheap low molecular weight organic substances. The proposed method relates to a chemical modification, which, in case of its industrial implementation, will allow avoiding the use of expensive physical modifiers.

A 37 % aqueous solution of formaldehyde was used as low molecular weight organic substances (modifier / chemical reagent of the process) for chemical modification of tar; concentrated sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ) was used as a catalyst for the chemical modification of tar. As a feedstock for chemical modification, we used an oil residue - tar, selected at PJSC "Ukratnafta" (Kremenchug, Ukraine).

The chemical modification with formaldehyde was carried out in hermetic stationary containers capable of operating under excess pressure. The photographs of the equipment are given. Since the ultimate goal of the work was to obtain road oil bitumen, then, analyzing the results of experimental studies, we focused on the quality characteristics of this particular product. At the same time, the most important quality indicators were determined, namely: the depth of needle penetration, softening temperature, ductility (extensibility), adhesion to glass (adhesion to glass), Fraas brittle temperature, penetration index. For tar, the following characteristics such as density, flash point in an open crucible, and a boiling point were additionally determined. As a result of the experiments, the fundamental possibility of obtaining road oil bitumen by the method of chemical modification of

tar with formaldehyde was established. It was revealed that the process factors (formaldehyde content in the reaction mixture, catalyst content in the reaction mixture, temperature and duration) have a significant effect on the quality of the resulting product. Changing their values allows you to adjust the values of the quality characteristics of the resulting bitumen.

Keywords: binders, bitumen, oil residue, modification.

Corresponding author V.M. Gunka, e-mail: [volodymyr.m.hunka@lpnu.ua](mailto:volodymyr.m.hunka@lpnu.ua)

DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-4-21-27

Специальность: 161. УДК 665.775

## ПОЛУЧЕНИЕ ДОРОЖНЫХ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ

© В.М. Гунька, к.т.н., Ю.В. Присяжний, к.т.н., Ю.Я. Демчук, к.т.н., Ю.М. Гринчук, к.т.н., Ю.В. Сидун, к.т.н., Н.Н. Братычак, д.т.н. (Национальный университет «Львовская политехника», ул. Степана Бандеры, 12, 79013, г. Львов, Украина)

*Статья посвящена получению дорожных нефтяных битумов из нефтяных остатков путем их модифицирования относительно дешевыми низкомолекулярными органическими веществами. Предложенный метод относится к химическому модифицированию, что, в случае его промышленного внедрения, позволит избежать использования дорогостоящих физических модификаторов.*

*В качестве низкомолекулярных органических веществ (модификатор / химический реагент процесса) для химического модифицирования гудрона использовали 37 %-ный водный раствор формальдегида; в качестве катализатора процесса химического модифицирования гудрона использовали концентрированную серную кислоту ( $H_2SO_4$ ). В качестве исходного сырья для химического модифицирования использовали нефтяной остаток – гудрон, отобранный на ПАО «Укртатнафта» (г. Кременчуг, Украина).*

*Химическое модифицирование формальдегидом осуществляли в герметичных стационарных емкостях, которые способны работать под избыточным давлением. Приведены фотографии оборудования. Поскольку конечной целью работы было получение дорожного нефтяного битума, то, анализируя результаты экспериментальных исследований, ориентировались на качественные характеристики именно этого продукта. При этом определяли наиболее важные качественные показатели, а именно: глубину проникновения иглы (пенетрацию), температуру размягчения, дуктильность (растяжимость), сцепление со стеклом (адгезию к стеклу), температуру хрупкости по Фраасу, индекс пенетрации. Для гудрона дополнительно определяли: плотность, температуру вспышки в открытом тигле и температуру начала кипения.*

*В результате экспериментов установлена принципиальная возможность получения дорожных нефтяных битумов методом химического модифицирования гудрона формальдегидом. Выявлено, что факторы процесса (содержание формальдегида в реакционной смеси, содержание катализатора в реакционной смеси, температура и продолжительность) оказывают значительное влияние на качество полученного продукта. Изменение их значений позволяет регулировать значения качественных характеристик получаемого битума.*

Ключевые слова: вяжущие материалы, битум, нефтяной остаток, изменения.

Автор для переписки В.М. Гунька, e-mail: [volodymyr.m.hunka@lpnu.ua](mailto:volodymyr.m.hunka@lpnu.ua)