

Мардупенко О.О., аспірант, Григоров А.Б., к.техн.н., доцент,  
Сінкевич І.В., к.техн.н., професор

## ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ БІТУМІВ З ПОЛІПШЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",  
Харків, Україна*

**Ключові слова:** нафтовий шлам, окиснення, вуглеводнева фракція, бітум, полімерна добавка, температура розм'якнення, адгезійні властивості.

**Вступ.** Одним з основних критеріїв ефективності будь-якого виробництва є можливість подальшого використання відходів, які утворюються під час реалізації технологічного процесу. Основним рідким відходом, який утворюється при реалізації технологічних операцій, пов'язаних з видобуванням, транспортуванням, зберіганням та переробкою нафти є нафтовий шлам (НШ) [1]. У загальному випадку, НШ складається з трьох основних компонентів: води, механічних домішок та вуглеводневої частини. Вуглеводнева частина містить високомолекулярні вуглеводні, що забезпечують їй позитивний потенціал властивостей, який може бути реалізований при виробництві з неї будівельних матеріалів, наприклад різних марок бітумів, що на сьогоднішній день є дуже затребуваними нафтопродуктами [2, 3].

**Технологія отримання бітумів.** Сьогодні, для отримання бітумів використовують такі технології [4, 5]: концентрування нафтових залишків шляхом перегонки їх у вакуумі в присутності водяної пари або інертного газу, окиснення киснем нафтових залишків, компаундування різних нафтових залишків з дистилатами з окисненими або залишковими бітумами. Для поліпшення експлуатаційних властивостей та підвищення довговічності, отриманих за цими технологіями бітумів, використовують поверхнево активні речовини (ПАР) або синтетичні полімерні матеріали. Введення синтетичних полімерних матеріалів у бітуми значно розширює температурні діапазони їх застосування, підвищує стійкість до деформацій та адгезійні властивості [6, 7, 8, 9].

Враховуючи усе, що наведено вище, запропонуємо схеми, реалізуючи які в умовах виробництва, використовуючи, у якості сировини НШ, можна отримати нафтові бітуми з поліпшеними експлуатаційними властивостями (див. рис. 1).

Загальною початковою стадією технологічного процесу, для схем, що наведені на рис. 1. є видалення з НШ вуглеводневої частини у апаратах спеціальної конструкції - декантерах. При цьому, утворюються побічні продукти у вигляді води та механічних домішок. Вода після біологічної очистки використовується у теплообмінній апаратурі та для отримання водяної пари, а механічні домішки – знайшли застосування, як наповнювач при виробництві асфальтобетону [10]. Далі, вуглеводнева фракція подається на концентрування, яке може проходити у колонах або апаратах реакторного типу, які працюють, як при вакуумі, так і при атмосферному тиску. В останньому випадку значно знижуються виробничі витрати, пов'язані з експлуатацією системи створення вакууму, але і разом з цим, глибина відбору легких фракцій. Кінцева температура концентрування вуглеводневої фракції НШ, не повинна перевищувати температуру при якій з високомолекулярних речовин починають утворюватися гази [11]. На даній стадії побі-

чними продуктами є вуглеводневі гази та рідка вуглеводнева фракція, з температурою кипіння до 360–380 °С.

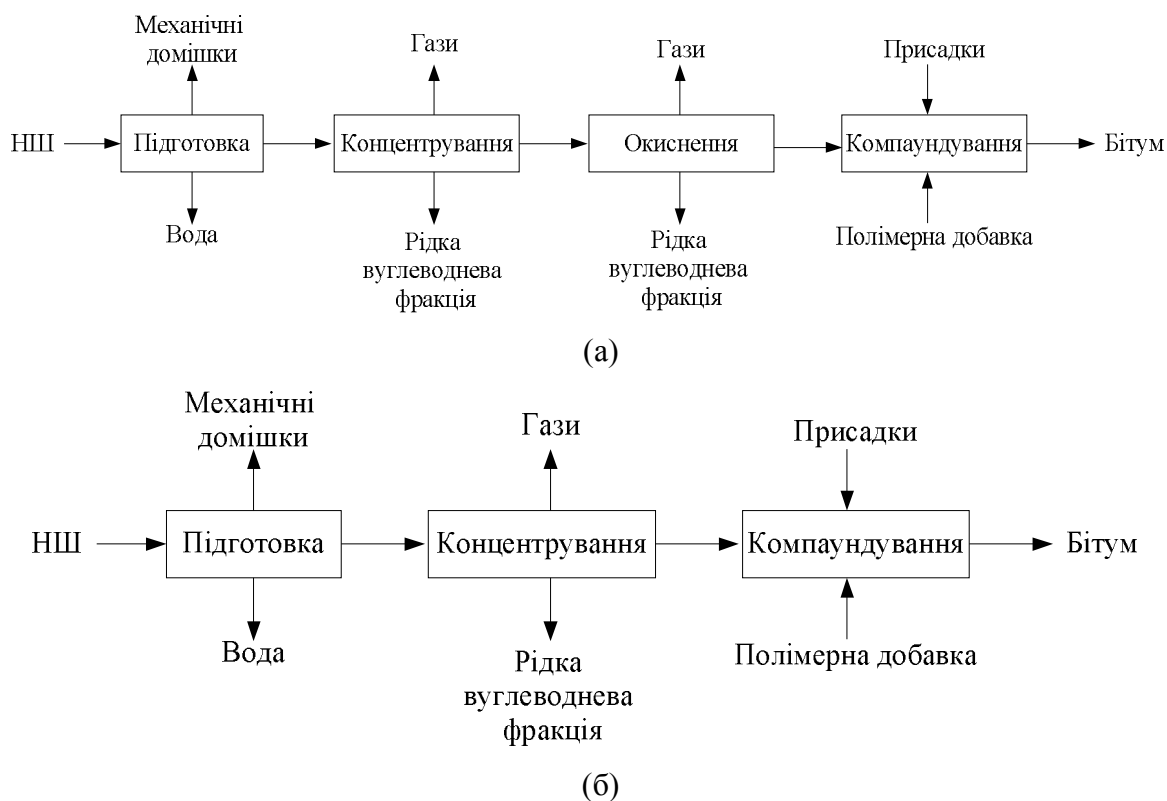


Рисунок 2 – Схеми виробництва бітумів з поліпшеними експлуатаційними властивостями:  
 а) з окисненням концентрованої сировини; б) без окиснення концентрованої сировини

Гази скидаються на факел, а рідка вуглеводнева фракція, використовується для забезпечення потреб виробництва. Далі за схемою (див. рис. 1,а), відбувається окиснення концентрованої сировини, у результаті чого, утворюються гази окиснення (окси сірки та азоту, водяні пари) та легка вуглеводнева фракція – чорний соляр, яка використовується для промивки цистерн, резервуарів, або, як технологічне паливо. У результаті хімічних реакцій, сировина набуває властивостей, які відповідають вимогам нормативної документації до бітуму. Після окиснення в продукт, на стадії компаундування, для поліпшення експлуатаційних властивостей додають полімерні добавки, зокрема поліпропілен (ПП). Також, на цій кінцевій стадії, у бітум за необхідністю, можна додавати адгезійні та протикорозійні присадки [12]. У схемі на рис. 1, б стадія окиснення відсутня, а формування властивостей бітуму відбувається за рахунок диспергування у концентрованій сировині при температурі 160-180°С, полімерних добавок, що характеризується меншими енергетичними витратами, у порівнянні зі схемою на рис. 1,а.

**Лабораторні дослідження.** При реалізації наведених схем, у лабораторних умовах, були отримані зразки бітумів №1(схема рис. 1,а) і № 2 (схема рис. 1, б), які містили по 5 % мас. подрібненого ПП. Показники якості цих проб та стандартного нафтового дорожнього бітуму, марки БНД-90/130, наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Показники якості отриманих проб бітуму

№ п/п	Найменування показника	Бітум БНД-90/130	Бітум №1	Бітум №2
1	Пенетрація, мм 10 <sup>-1</sup>	129	91	114
2	Температура розм'яккання (К і Ш), °С	46	102	80
3	Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	233	235	227
4	Зміна маси після прогріву, %	0,93	0,60	1,00
5	Розчинність в органічному розчиннику, %	99	94	95
6	Адгезійні властивості, «активне» зчеплення з мармуром і піском за контрольним зразком	Витримує		

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що проби, бітумів, які містили по 5 % мас. добавки, у вигляді подрібненого ПП, за більшістю досліджених показників якості, відповідають, а за окремими показниками (пенетрація та температура розм'яккання) значно перевищують вимоги, що висуваються до нафтового дорожнього бітуму, марки БНД-90/130. Зважаючи на це, запропоновані схеми отримання з нафтового шламу, бітумів з поліпшеними експлуатаційними властивостями є досить перспективними технологіями, та потребують свого подальшого дослідження та промислового впровадження на нафтохімічних виробництвах України.

#### Література

1. Oil Sludge Treatment Processes / S.V. Egazar'yants, V.A. Vinokurov, A.V. Vutolkina, M.Yu. Talanova, V.I. Frolov, E.A. Karakhanov // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2015. – Volume 51. – Issue 5. – pp. 506–515.
2. Razali M.N. Formulation of bitumen from industrial waste / M.N. Razali, M. Lukman Hakim, M. Musa, R. M. Yunus // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016.– № 11(8). – 5244.
3. Kuriakose A.P. Bitumenous paints from refinery sludge/A.P. Kuriakose, S. Kochu, B. Manjooran // Surface and Coatings Technolgy.–2001.–Volume 145.–Issues1–3.–pp.132–138.
4. Bitumen quality and manufacturing processes-past and present technological status // Indian Journal of Chemical Technology. – 1997. – Vol. 4. – pp. 259–276.
5. Production of Rubberized Bitumen by oxidation of black oil / Tileuberdi E., Ongarbayev Y.K., Imanbayev Y.I., Tulepov M.I., Mansurov Z.A., Tuleutaev B.K.// Material Science and Environmental Engineering. – CRC Press, 2016. – P. 183–186.
6. Himmat S. Upgrading Iranian petroleum sludge using polymers / E. Karami, T. Jafari Behbahani / S. Himmat, K. J. Pankaj // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2018. – Volume 8. – Issue 4. – pp. 1319–1324.
7. Toraldo E. Effects of polymer additives on bituminous mixtures / E.Toraldo, E. Mariani // Construction and Building Materials. – 2014. – Volume 65. – pp. 38–42.
8. Bitumen and Bitumen Modification: A Review on Latest Advances / M. Porto, P. Caputo, V. Loise, S. Eskandarsefat, B. Teltayev, C. Oliviero Rossi // Applied Science.– 2019. – № 9(4). –742.

9. Moreno-Navarro F. Structural analysis of polymer modified bituminous materials in the rehabilitation of light-medium traffic volume roads / F. Moreno-Navarro, M. Sol-Sánchez, M.C. Rubio-Gámez // *Constr. Build. Mater.* – 2017. – №156. – pp. 621–631.

10. Alternative fillers for the production of bituminous mixtures: A screening investigation on waste powders / C. Sangiorgi, P. Tataranni, F. Mazzotta, A. Simone, V. Vignali and C. Lantieri. *MDPI Coatings*. – 2017. – № 7(6). – 12 p.

11. Wenzhi Zhao. New Insight into the Kinetics of Deep Liquid Hydrocarbon Cracking and Its Significance / Wenzhi Zhao, Shuichang Zhang, Bin Zhang, Kun He, Xiaomei Wang // *Geofluids*. – 2017. – 11 p.

12. Pereira R. Warm mix asphalt: Chemical additives' effects on bitumen properties and limestone aggregates mixture compactibility / R. Pereira, A. Almeida-Costa, C. Duarte, A. Benta // *International Journal of Pavement Research and Technology*. 2018. – Volume 11. – Issue 3. – pp. 285–299.

УДК 665.775.4

Мардупенко О.О., Григоров А.Б., Сінкевич І.В.

### ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ БІТУМІВ З ПОЛПШЕННИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Запропоновано розширення сировинної бази технологічного процесу отримання нафтових бітумів за рахунок використання нафтового шламу – небезпечного промислового відходу, який накопичується у технологічному обладнанні при реалізації процесів підготовки, транспортування та зберігання та переробки нафтової сировини. Розглянуто варіанти схем переробки нафтового шламу, які складаються з стадії попередньої підготовки (видалення води і механічних домішок), концентрування висококиплячої вуглеводневої фракції (температура кипіння  $>360\text{--}380\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), окиснення (або мінуючи стадію окиснення) цієї фракції та компаундування її з присадками та полімерною добавкою, яка використовується для отримання бітуму з поліпшеними властивостями.

Визначено, що отримати бітуму з заданим рівнем властивостей, можна здійснювати минаючи стадію окиснення концентрованої сировини, а лише за рахунок диспергування у ній полімерних добавок, що значно підвищить енергоефективність виробництва.

Отримані за цими схемами бітуми, які містили по 5 % мас. добавки подрібненого поліпропілену за показниками penetрації (на  $15\text{--}38\text{ мм}\cdot 10^{-1}$ ) та температури розм'яккання (на  $34\text{--}56\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), перевищують показники якості нафтового дорожнього бітуму, марки БНД-90/130.

**Ключові слова:** нафтовий шлам, окиснення, вуглеводнева фракція, бітум, полімерна добавка, температура розм'яккання, адгезійні властивості.

Мардупенко О.О., Григоров А.Б., Сенкевич І.В.

### ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЕ БИТУМОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Предложено расширить сырьевую базу технологического процесса получения нефтяных битумов за счет использования нефтяного шлама – опасного промышленного

отхода, который накапливается в технологическом оборудовании при реализации процессов подготовки, транспортировки, хранения и переработки нефтяного сырья. Рассмотрены варианты схем переработки нефтяного шлама, состоящие из стадии предварительной подготовки (удаление воды и механических примесей), концентрирование высококипящей углеводородной фракции (температура кипения  $> 360\text{--}380\text{ }^\circ\text{C}$ ), окисления (или минуя стадию окисления) этой фракции и компаундирования ее с присадками и полимерной добавкой, которая используется для получения битума с улучшенными свойствами.

Определено, что получить битума с заданным уровнем свойств, возможно без стадии окисления концентрированного сырья, а за счет диспергирования в нем полимерных добавок, что значительно повышает энергоэффективность производства.

Полученные по этим схемам битумы, содержащие по 5 % масс. добавки измельченного полипропилена по показателям пенетрации (на  $15\text{--}38\text{ мм } 10^{-1}$ ) и температуре размягчения (на  $34\text{--}56\text{ }^\circ\text{C}$ ), превышают показатели качества нефтяного дорожного битума, марки БНД-90/130.

**Ключевые слова:** нефтяной шлам, окисление, углеводородная фракция, битум, полимерная добавка, температура размягчения, адгезионные свойства.

Mardupenko O., Grigorov A., Sinkevich I.

### TECHNOLOGY PRODUCTION OF BETUMS WITH IMPROVED OPERATIONAL PROPERTIES

It is proposed to expand the raw material base of the technological process for producing oil bitumen through the use of oil sludge - hazardous industrial waste that accumulates in technological equipment during the implementation of the processes of preparation, transportation, storage and processing of oil raw materials. Variants of schemes for processing oil sludge are considered, consisting of a preliminary preparation stage (removal of water and solids), concentration of a high boiling hydrocarbon fraction (boiling point  $> 360\text{--}380\text{ }^\circ\text{C}$ ), oxidation (or bypassing the oxidation stage) of this fraction and compounding it with additives and a polymer additive, which is used to produce bitumen with improved properties.

It was determined that it is possible to obtain bitumen with a given level of properties without the oxidation stage of concentrated raw materials, and by dispersing polymer additives in it, which significantly increases the energy efficiency of production.

Obtained by these schemes bitumen containing 5 % of the mass. additives of crushed polypropylene in terms of penetration (by  $15\text{--}38\text{ mm}\cdot 10^{-1}$ ) and softening temperature (by  $34\text{--}56\text{ }^\circ\text{C}$ ) exceed the quality indicators of oil road bitumen, grade BND-90/130.

**Keywords:** oil sludge, oxidation, hydrocarbon fraction, bitumen, polymer additive, softening point, adhesive properties.