

для экономики задач: повышение глубины переработки нефти, использование для производства моторных топлив и продуктов нефтехимического синтеза тяжелых нефтяных остатков, растительного (древесные отходы) и альтернативного сырья (бурый уголь), улучшение качества и повышение выхода продуктов гидрогенизации.

Преимущества используемых нанокатализаторов заключаются в их высокой селективности в разрыве С-С связей, обессеривании и деазотировании, гидрировании диеновых продуктов реакции, стойкости к каталитическим ядам, простоте регенерации и возможности проведения гидрокрекинга в «мягких» условиях (при давлении до 7-8 МПа).

Литература

1. Хаджиев С.Н. // Наногетерогенный катализ – новый сектор нанотехнологий в химии и нефтехимии // Нефтехимия. 2011. Т. 51. № 1. С. 3–16.

2. Кадиева М.Х. // Автореф. Дис. канд.хим. наук. Москва, 2011.

3. Хисмиев Р.Р., Петров С.М., Башкирцева Н.Ю. // Современное состояние и потенциал переработки тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 21. С. 312–315.

4. Есипчук М.А., Корбут В.И., Аннаев С.А., Кадиев Х.М. Гидроконверсия смесей гудрона с льно-кострой и гидролизным лигнином / Альтернативные источники сырья и топлива, Минск, 2017, С. 37.

5. Strizhakov D.A., Korbut V.I., Kadiev Kh.M.m, Agabekov V.E., Khadzhiev S.N., // Petroleum Chemistry/ – 2013. – Vol. 53. – № 4. – P. 255.

УДК 665.775.4

**Шрубок А. О., Грушова Е.И.,
Юсевич А.И., Степанович Ю.А. (БГТУ)**

НЕФТЯНЫЕ БИТУМНЫЕ ВЯЖУЩИЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Нефтяные битумы находят широкое применение во многих областях народного хозяйства: при производстве дорожного полотна, кровельных и строительных материалов, специальных и гидроизоляционных покрытий, клеев, мастик и эмульсий. Мировые мощности по производству нефтяных битумов достигают 110 млн. т/г, и ежегодно возрастают в среднем на 3–4 %. Объем производства битумов в Респуб-

лике Беларусь составляет около 1 млн. т/г, из которых на дорожный битум приходится около 75–80% [1]. В Беларуси наиболее крупными производителями битумов и экспортерами являются нефтеперерабатывающие заводы. Например, в январе-ноябре 2020 г. белорусские поставки битума в Украину только Мозырским НПЗ выросли в 1,5 раза по сравнению с предыдущим годом (2020 год – 540 тыс. т, 2019 год – 330 тыс. т), а в Польшу – в три раза (2020 год – 130 тыс. т, 2019 год – 40 тыс. т) [2].

Помимо растущего спроса на битумы на состояние и развитие битумного производства оказывают влияние и возрастающие требования к качественным характеристикам битумных вяжущих, т.к. их качество является определяющим фактором в обеспечении долговечности и деформационной устойчивости дорожных покрытий. В последние годы специалисты в области дорожного строительства пришли к пониманию несоответствия качества традиционных окисленных битумов возросшим нагрузкам из-за увеличения интенсивности движения в условиях нестабильного климата. В связи с этим возникла необходимость в изменении норм и стандартов на дорожные битумы. Сейчас в Беларуси производится битум по ГОСТ 22245-90, СТБ EN 12591-2010 и ГОСТ 33133-2014, которые существенно отличаются по перечню и значениям регламентируемых характеристик. Например, показатели «растяжимость при 25°C» и «глубина проникания иглы при 0°C» в стандартах СТБ EN 12591-2010 и ГОСТ 33133-2014 исключены из основных и относятся к дополнительным показателям, их определение осуществляется периодически, а требования по значениям температуры размягчения по кольцу и шару для битумов, наоборот, ужесточились.

Мировые тенденции в нефтепереработке, связанные с повышением глубины переработки нефти и увеличением выхода светлых нефтепродуктов за счет вторичных процессов переработки тяжелых нефтяных остатков, привели к «утяжелению» гудрона – основного сырья для получения битума. Данная тенденция характерна и для Беларуси: ввод в эксплуатацию установок по переработке тяжелых нефтяных остатков, таких как установка замедленного коксования в ОАО «Нафтан» и комплекса гидрокрекинга «H-Oil» в ОАО «МНПЗ» позволит значительно увеличить глубину переработки нефти, но приведет к ухудшению качества сырья для получения окисленных битумов. В связи с этим требования современных стандартов нередко оказываются труднодостижимыми для ряда предприятий, на которых дорожные битумы производят прямым окислением гудрона.

Вышеуказанные проблемы свидетельствуют о необходимости поиска путей повышения качества нефтяных битумных вяжущих. Ана-

лиз научно-технической информации позволил выделить следующие направления совершенствования производства битумов:

1. Модернизация аппаратурного оформления действующей технологии производства;

2. Улучшение качественных показателей и стабилизация нефтяного гудрона – сырья для производства битумов (воздействие физическими методами (СВЧ, ультразвук и т. п.), введение добавок и модификаторов, компаундирование с нефтепродуктами и т. п.);

3. Компаундирование окисленного битума с компонентами, улучшающими их товарные свойства (гудрон, смолы, низкомолекулярные модификаторы, пластификаторы и т.п.);

4. Модификация битумов полимерами.

На кафедре нефтегазопереработки и нефтехимии БГТУ на протяжении длительного времени ведутся исследования, направленные на решение указанных проблем и повышение качества нефтяных битумов и, в первую очередь за счет разработки способов и аддитивов, улучшающих свойства как исходного сырья для производства окисленного битума, так и готового товарного продукта по трем указанным направлениям. Оборудование кафедры позволяет определять не только требуемые стандартами показатели, но и исследовать реологические свойства битумов, их структурно-групповой состав, осуществить эффективное смешение полимеров и битумов, проводить анализ стабильности и дисперсности полимерно-битумных вяжущих.

Учеными кафедры разработаны способы получения окисленных битумов из гудронов, модифицированных доступными отечественными реагентами, отходами в сочетании с доступными технологическими решениями. Например, использование отходов кобальтсодержащего шлама, образующегося в производстве капролактама в ОАО «Гродно-Азот», в качестве добавки (0,001–0,1 мас. %) в нефтяной гудрон позволяет сократить продолжительность процесса окисления гудрона в 1,2–1,4 раза и улучшить качественные характеристики получаемых битумов [3]. В качестве модификаторов нефтяного сырья для получения окисленных битумов изучены смолы пиролиза горючих ископаемых (бурых углей, горючих сланцев), тяжелая нефтяная пиролизная смола (ОАО «Лесохимик»). Установлено, что использование смол пиролиза позволяет влиять не только на продолжительность процесса окисления, но и получать окисленные битумы с более низкой температурой хрупкости и высокой дисперсностью по сравнению с известными модификаторами [4].

В настоящее время в мировой практике наблюдается увеличение доли модифицированных полимерами битумов. Полимерно-битумные

вяжущие отличаются повышенной температурой размягчения, высокой эластичностью, тепло- и морозоустойчивостью. По оценкам разных специалистов доля полимерно-битумных вяжущих к 2020–2025 г. достигнет в Азии – 7–20%, в Европе – 12–25%, в Северной Америке – 12–30%, а в России и странах СНГ – 6–8%, но на данный момент в Республике Беларусь доля использования таких материалов значительно ниже, чем в других европейских странах [5]. В связи с этим, важным направлением кафедры в области получения битумных вяжущих является разработка составов полимерно-битумных композиций на основе смесей как промышленных полимеров, так и полимерных смесей, содержащих вторичные полимеры или отходы полимерных производств. Интерес представляют и исследования, в которых в качестве компонента сырьевой смеси для окисления используется отход отечественного производства полиэтилена – низкомолекулярный полиэтилен. Этот отход также можно вводить в готовый битум для регулирования его свойств: с увеличением содержания низкомолекулярного полиэтилена наблюдается снижение пенетрации, температуры хрупкости и повышение интервала пластичности.

Разработан способ модификации битума полимерной добавкой на основе вторичного полиэтилентерефталата, что позволяет улучшить качественные показатели получаемого полимерно-битумного вяжущего: улучшаются низкотемпературные свойства (температура хрупкости снижается на 2–5 °С), увеличивается интервал пластичности на 3–10 °С, значения индекса пенетрации соответствуют оптимальным (–1,0 до 1,0), улучшается адгезия к минеральным наполнителям [6].

Другим направлением повышения качественных показателей нефтяных битумов является непосредственное компаундирование окисленного битума с компонентами, улучшающими их товарные свойства. Например, в качестве пластификаторов были изучены отработанные очищенные масла. Установлено, что при увеличении концентрации отработанных масел в нефтяном битуме температура размягчения изменяется незначительно, пенетрация возрастает на $27–100 \times 0,1$ мм, температура хрупкости снижается на 0,7–6,1 °С. Варьируя концентрацию отработанных масел в битуме можно изменять их пластичные и низкотемпературные свойства при минимальных затратах на производство [7].

Тенденции к росту потребления и производства битумов и композиций на их основе, постоянно возрастающие требования к их качеству – все это не только предопределило развитие данного научного направления на кафедре нефтегазопереработки и нефтехимии БГТУ, но и позволила разработать эффективные решения по указанным проблемам, некоторые из которых были здесь представлены.

Литература

1. Промышленность Республики Беларусь: статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет, 2021. – 52 с.
2. Битумные тренды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belchemoil.by/news/tehnologii-i-trendy/bitumnye-trendy>. – Дата доступа: 24.10.2021.
3. Способ получения окисленного битума: пат. ВУ 14164 / Юсевич А.И., Дашкевич В.М., Шрубок А.О., Тимошкина М.А., Грушова Е.И., Прокопчук Н.Р. – Оpubл. 30.04.2011.
4. Способ получения битума: пат. ВУ 18482 / Грушова Е.И., Юсевич А.И., Шрубок А.О. – Оpubл. 30.08.2014.
5. Гуреев, А. А. Нефтяные вяжущие материалы / А.А. Гуреев. – М.: Издательский дом «Недра», 2018. – 239 с.
6. Способ получения полимерно-битумного вяжущего: пат. ВУ 23311 / Шрубок А.О., Хаппи Вако Б.Ж., Степанович Ю.А. – Оpubл. 10.12.2020.
7. Кугач, В.В. Пластифицирующие свойства отработанных масел / В.В. Кугач, А.О. Шрубок // Сборник тезисов докладов Всероссийской научной конференции «Фундаментальные науки – специалисту нового времени», 26–30 апреля 2021 г., г. Иваново. – Иваново: ИГХТУ, 2021. – С. 63.

УДК 678.674'524'42–492.2

Хаппи Вако Б. Ж., Шрубок А. О.
(БГТУ)

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОШКОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Высокая механическая прочность и ударостойкость, устойчивость к истиранию и многократным деформациям при растяжении и изгибе, хорошие диэлектрические свойства, химическая стойкость к кислотам, щелочам и органическим растворителям предопределили широкое использование полиэтилентерефталата (ПЭТ) в производстве полиэфирных волокон, электроизоляции, тары, пищевой упаковки, изделий технического назначения. Мировое производство данного полимера и его сополимеров ежегодно возрастает и составляет более 20