

Важным аспектом такой оптимизации является достижение такого соотношения компонентов, при котором содержание ароматических углеводородов обеспечивает необходимые эксплуатационные свойства, а уровень асфальтенов остается достаточно высоким, поскольку именно они во многом определяют свойства конечного пека.

В рамках проводимого исследования были определены физико-химические свойства остатка гидрокрекинга гудрона. Установлено, что стабильность исходного продукта не отвечает эксплуатационным требованиям и является недостаточной для получения пекового материала. Для ее повышения проводилось смешение ГКО с высокоароматическими нефтяными остатками, а именно: тяжелым газойлем каталитического крекинга, легким газойлем каталитического крекинга и тяжелой смолой пиролиза. Результаты показали, что такой подход позволяет повысить стабильность ГКО до уровня, необходимого для его применения в производстве связующих пековых материалов. В ходе термополиконденсации модифицированного ГКО было обеспечено отсутствие фазового расслоения и получен связующий пековый материал.

ЛИТЕРАТУРА

1. *В.А., Габдулхаков Р.Р., Пягай И.Н.* Научно-техническое обоснование возможности организации производства игольчатого кокса в России // Записки Горного института. 2023. Т. 263. С. 795-809. EDN: KYNHWL.
2. *Newman J.W., Newman K.L., Olabi A.G.* Pitch // Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. Elsevier, 2016. P. DOI:10.1016/B978-0-12-803581-8.02315-8.

УДК 665.766.4-036.632(043)

Утенкова Т.Г., Габдулхаков Р.Р.

(Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II),

Кремчеев Э.А.

(Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»)

ТОНКАЯ ОЧИСТКА ФЕНОЛЬНОЙ СМОЛЫ – ТЯЖЕЛОГО ОСТАТКА КУМОЛЬНОГО ПРОЦЕССА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

Фенольная смола — крупнотоннажный отход кумольного производства фенола, содержащий примеси солей, осложняющие переработку [1].

Перспективные направления её использования — извлечение ароматических соединений или создание новых материалов — ограничены высоким содержанием сульфата натрия, вызывающего коррозию, отравление катализаторов и ухудшение качества продукции [2].

Наиболее распространённый метод очистки — многоступенчатая водная экстракция, позволяющая достичь низкого содержания ионов, но требующая значительных водных ресурсов. В качестве альтернативы предлагается двухэтапный процесс: экстракционная подготовка с последующей тонкой очисткой с применением ионообменных смол [3].

В данном исследовании оценена возможность использования катионита для тонкой очистки предварительно подготовленной методом экстракции фенольной смолы. Проведено 7 серий экспериментальных исследований в статических и динамических условиях для оценки эффективности работы ионообменных смол в органических средах.

1 серия экспериментальных исследований была выполнена в статических условиях. Очищенную фенольную смолу смешивали с полярным растворителем (изопропиловым спиртом или метил-трет-бутиловым эфиром) в соотношении 80:20 и катионитом. Пробы перемешивали при 350-400 об/мин в течение часа: с изопропиловым спиртом при 60°C и pH 5-6; с МТБЭ при 40°C и pH 5-6.

2 - 5 серии экспериментальных исследований были выполнены в динамических условиях. Был собран лабораторный стенд, который включал в себя подогреваемую катионитную колонку высотой 74 см и диаметром 3 см, выполненную из стекла и устройство для подачи и обеспечения циркуляции фенольной смолы, которое включает в себя систему патрубков и перистальтический насос, через катионитную колонку (рис.1).

Смесь смолы с растворителем (80:20) циркулировала через катионитную колонку (250 мл) при 25°C. Исходное содержание ионов в фенольной смоле составляло: K^+ 6.4 ppm, Na^+ 35.4 ppm (серия 2) и K^+ 2.6 ppm, Na^+ 69.5 ppm (серии 3-5). После пяти часов работы катионитной колонки анализировали остаточное содержание ионов натрия и калия.

В серии 6 была оценена работа катионита в водно-органической среде (фенольная смола:вода:изопропиловый спирт - 1:0,4:0,1) в динамических условиях при 65-70°C. Пробы отбирались ежечасно для анализа содержания ионов K^+ и Na^+ (исходное содержание калия и натрия 10,3 и 127,6 ppm соответственно).

В серии 7 в статических условиях оценено время деактивации катионита при непрерывном перемешивании аналогичной смеси в течение 5 часов при 65-70°C с почасовым отбором проб.

Содержание ионов калия и натрия в фенольной смоле определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии.

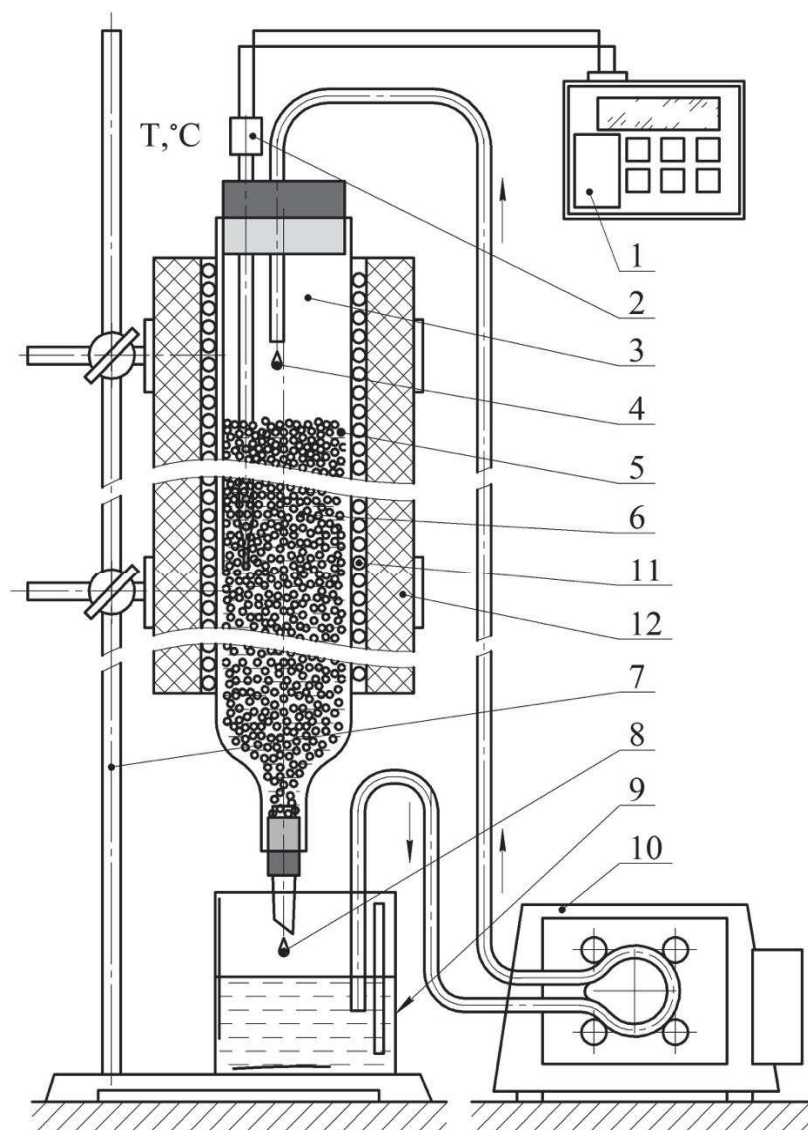


Рисунок 1 – Катионитная колонка

1 – Блок управления (контроль температурного режима); 2 – термopapa; 3 – колонка; 4 – смесь (фенольная смола, растворитель); 5, 6 – слой катионита; 7 – штатив; 8 – очищенная смесь (фенольная смола, растворитель); 9 – приемная емкость; 10 – устройство для подачи смеси (фенольная смола, растворитель); 11 – нагревательный элемент; 12 – теплоизоляционный слой (выполнено автором)

В статических условиях (серия 1) использование изопропилового спирта и МТБЭ позволило достичь содержания ионов Na^+ 45,4/20,6 ppm и K^+ 7,64/4,7 ppm соответственно, подтвердив эффективность катионита в органических средах.

В динамических условиях (серия 2-5) наилучшие результаты показал изопропиловый спирт, тогда как ацетон и метанол оказались непригодны: ацетон - из-за высокого содержания примесей Na^+ , метанол – из-за низкой эффективности снижения вязкости.

В процессе тонкой очистки в водно-органических условиях (65-70°C, pH=1) в динамическом режиме (серия 6) минимальные концентрации ионов Na⁺ (15,0 ppm) и K⁺ (1,1 ppm) были достигнуты после 6 часов контакта. В статических условиях при аналогичных технологических параметрах (серия 7) истощение катионита наступало через 3 часа.

Проведенные исследования позволили установить, что многоступенчатая экстракция, обеспечивая глубокую очистку, характеризуется высокой ресурсоемкостью и значительными объемами сточных вод. Поэтому с точки зрения ресурсосбережения была рассмотрена возможность использования комбинированной технологии очистки фенольной смолы в два этапа: экстрактивная подготовка и тонкая очистка с применением ионообменных смол.

Экспериментально подтверждена работоспособность катионита в органических и водно-органических средах. В динамических условиях при температуре 65-70°C, соотношении смола:вода:изопропанол - 1:0,4:0,1 и времени контакта 6 часов эффективность очистки составила ~90% при исходном содержании ионов Na⁺ 128 ppm и K⁺ 10 ppm.

ЛИТЕРАТУРА

5. Dai X., Zhou W., Yang S., Sun F., Qian J., He M., Chen Q. Microchannel process for phenol production via the cleavage of cumene hydroperoxide // Chem. Eng. Sci. 2019. Т. 199. Р. 398-404. doi:10.1016/j.ces.2019.01.031
6. 26. Tang K., Zhang A., Ge T., Liu X., Tang X., Li Y. Research progress on modification of phenolic resin // Mater. Today Commun. 2021. Т. 26.
7. Selimi, J., Langschwager, F., Tunå P. Очистка липидного масла с использованием ионообменных смол. // Biomass Conv. Bioref. 2025. Т. 15. С. 5523–5531.

УДК 001.895:338.45:626

Авдейчик О.В.

(Гродненский государственный
аграрный университет)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ УСТОЙЧИВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Экономическое функционирование Беларуси осуществляется в соответствии с государственной стратегией устойчивого социально-экономического развития на период до 2035 года [1]. Эта стратегия базируется на экономической, социальной и экологической составляющих.