

месторождения, особенности конструкции теплообменников.

Таким образом, в результате исследования был выполнен пинч-анализ теплообменного оборудования установки, разработаны три варианта перенаправления потоков между те-

плообменниками на установке, определены 2 наиболее перспективных варианта, выполнено интегрирование теплообменного оборудования на установку согласно одному из сравниваемых вариантов.

Список литературы

1. Кузнецов О. А. *Основы работы в программе Aspen HYSYS*. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 153 с.
2. *Энергосбережение Сибири [Электронный ресурс]*. – URL: http://energosingibir.ru/docs/index.php?SECTION_ID=115&ELEMENT_ID=555.

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ АСФАЛЬТЕНОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КАРМАЛЬСКОГО БИТУМА И СУРГУТСКОЙ НЕФТИ

В. В. Аркаченкова¹, П. В. Поваляев^{1,2}, Д. О. Зеленцов¹
Научный руководитель – к.х.н., доцент Ю. Ю. Петрова

¹Сургутский государственный университет
628400, г. Сургут, пр. Ленина, 1, arkachenkova_vv@surgu.ru

²Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, pv13@tpu.ru

С уменьшением запасов легкой нефти растет количество добываемой тяжелой нефти, отходы переработки которой могут содержать до 20 масс. % асфальтенов – высоковязких компонентов, слабо подверженных биоразложению. В связи с чем актуальной становится задача поиска рационального способа утилизации нефтяных отходов с целью минимизации пагубного воздействия на окружающую среду.

Целью данного исследования является поиск способа утилизации нефтяных отходов путем их плазменной обработки в реакторе дугового разряда с получением углеродных материалов.

В качестве исследуемых материалов были использованы асфальтены выделенные из Сургутской нефти и Кармальского битума. Извлечение асфальтенов проводили осаждением в растворе гексана (40 мл/г). Для обработки выделенных асфальтенов в плазме применяли электродуговой реактор постоянного тока с горизонтальным расположением электродов [1, 2]. Параметры реактора – время обработки 30 с при силе тока 100 А.

Выделенные асфальтены (из Кармальского битума – АК, Сургутской нефти – АС) и полу-

ченный после их обработки в реакторе углеродный материал (из АК – СМАК, из АС – СМАС) исследовали комплексом методов: ИК-Фурье спектроскопия, лазерная дифракция, термогравиметрия и рентгенофлуоресцентный анализ.

Термогравиметрический анализ проводили в инертной среде (N₂). Потери масс для образцов АК и АС составили 92 и 73 % соответственно. Возможно образец АК имеет более термически стабильные связи С–С, которые разрушаются при более высоких температурах. Потери масс образцов СМАК – 3 % и СМАС – 6 %, подтверждают гипотезу о том, что при обработке более термически устойчивых асфальтенов в плазме, были получены более термически устойчивые углеродные материалы.

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа содержание углерода для образцов составило: АК – 97,78 %, АС – 91,22 %, СМАК – 98,47 %, СМАС – 99,71 %. Помимо углерода в образцах содержится Na, S, Cl, Fe, V, Ni.

По результатам ИК-Фурье спектроскопии в образцах АС и АК было показано, что в момент плазменной переработки до СМАК и СМАС соответственно, в структуре асфальтенов происходит окислительная деструкция. Это под-

тверждается снижением интенсивности деформационных колебаний C–C (730 см^{-1} , $780\text{--}900\text{ см}^{-1}$), валентных C–C в ароматических структурах (1620 см^{-1}) и симметричных и асимметричных валентных колебаний C–H ($2770\text{--}3010\text{ см}^{-1}$) [3]. Полоса в области 1030 см^{-1} относится к валентным колебаниям S=O и на ИК-спектрах СМАК и СМАС ее интенсивность снижается, подтверждая окисление асфальтенов в ходе плазменной обработки с выделением соответствующих газообразных продуктов SO_2 , H_2S [4].

Методом лазерной дифракции было изучено распределение частиц по размерам исследуемых образцов. Анализ проводили в водной суспензии

(0,12 % олеат натрия). Средний диаметр частиц в образцах составил АК – $104,4\text{ мкм}$, AS – $18,8\text{ мкм}$, СМАК – $88,2\text{ мкм}$, СМАС – $2,0\text{ мкм}$. Было показано, что при обработке более крупных частиц асфальтенов, получают более крупные частицы углеродного материала.

По итогам исследования была подтверждена возможность получения углеродных материалов из нефтяных отходов и установлено влияние состава исходных асфальтенов на получаемый продукт.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22-13-20016) в СурГУ и ТПУ.

Список литературы

1. Petrova Yu. Yu., Frantsina E. V., Grin'ko A. A., Pak A. Ya., Arkachenkova V. V., and Povalyaev P. V. // *Materials Today Communication*, 2022. – V. 33. – P. 25.
2. Пак А. Я., Поваляев П. В., Францина Е. В., Гринько А. А., Петрова Ю. Ю., Аркаченкова В. В. // *Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов*, 2022. – Т. 333. – № 12. – С. 19.
3. Socrates G. *Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts*. Chichester: Wiley, 2001. – 347 p.
4. Asemani M., Rabbani A. // *Geosciences J*, 2015. – P. 1–12.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ СЫРЬЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

С. Б. Аркенова, Е. Ф. Гриценко

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е. Н. Ивашкина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, arkenova19@gmail.com

Гидроочистка является одним из фундаментальных процессов в нефтеперерабатывающей промышленности с технико-экономической и экологической точек зрения и требует постоянного усовершенствования (разработка цифровых двойников, поиск новых, эффективных катализаторов) [1, 2]. Данный процесс позволяет снизить количество выбрасываемых в атмосферу оксидов серы, азота и ароматических соединений при сжигании топлива, что актуально в свете ужесточения экологического законодательства.

Одним из эффективных способов прогнозирования поведения работы технологического процесса является метод математического моделирования. Модели реакторов для описания процессов гидроочистки часто ограничиваются изучением производительности в лабораторном

масштабе. Большинство этих исследований учитывают условия, типичные для промышленных процессов, чтобы сообщить о тенденциях и поведении модельных решений. Однако воспроизводимость промышленных данных по-прежнему является недостатком существующих моделей, особенно прогнозирующих фазовые изменения.

Целью данной работы является разработка трехфазной кинетической модели процесса гидроочистки сырья каталитического крекинга.

Трехфазный каталитический реактор представляет собой цилиндр, в котором присутствует три фазы: газ, жидкость и твердое тело (катализатор представляет собой твердую фазу). Газ и жидкость движутся параллельно вниз через неподвижный слой катализатора.

Материальный баланс модели описывается системой следующих уравнений [3]: