

Таблица 1. Исследование эффективности внедрения процесса изомеризации C₇-фракции при производстве

| Поток | Бензин марки АИ-92 | | Бензин марки АИ-95 | |
|--------------------------------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | мас. % | мас. % | мас. % | мас. % |
| | факт | расчет | факт | расчет |
| Предприятие 1 | | | | |
| Изомеризат | 24,19 | 24,19 | 23,70 | 23,70 |
| Риформат | 44,12 | 44,12 | 44,35 | 44,35 |
| МТБЭ | 7,39 | 5,50 | 11,16 | 10,29 |
| Бутановая фракция | 4,09 | 4,09 | 4,70 | 4,70 |
| Изопентан | 4,43 | 4,43 | 4,46 | 4,46 |
| Низкооктановые фракции | 15,78 | 0,00 | 11,63 | 0,00 |
| Изомеризат (C ₇ -фракции) | 0,00 | 17,67 | 0,00 | 12,50 |
| Итого | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Предприятие 2 | | | | |
| Изопентановая фракция | 5,00 | 5,00 | 2,40 | 2,40 |
| Изомеризат | 34,80 | 34,80 | 31,10 | 31,10 |
| МТБЭ | 6,10 | 3,00 | 13,10 | 11,00 |
| Риформат | 52,30 | 52,30 | 52,80 | 52,80 |
| Низкооктановые фракции | 1,80 | 0,00 | 0,60 | 0,00 |
| Изомеризат (C ₇ -фракции) | 0,00 | 4,90 | 0,00 | 2,70 |
| Итого | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

процессов приготовления моторных топлив на основе учета химического реагирования компо-

нентов при каталитическом превращении и компаундировании».

Список литературы

1. Патент РФ RU 2321575 C1, 19.06.2006. Шакун А.Н., Федорова М.Л. Способ изомеризации легких бензиновых фракций // Патент России № 2321575. 2008. Бюл. № 10.

СОСТАВ ПРОДУКТОВ СТУПЕНЧАТОГО ТЕРМОЛИЗА АСФАЛЬТЕНОВ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

Д.С. Корнеев, В.А. Чузлов

Научный руководитель – д.х.н., профессор А.К. Головкин

Институт химии нефти СО РАН

634055, Россия, г. Томск, пр. Академический 4, korneev@ipc.tsc.ru

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

Разработка новых подходов к переработки тяжелых нефтей должно основываться на всестороннем изучении состава, свойств, молекулярной и надмолекулярной структуры асфальтенов [1], а также их превращений в термических и гидрокаталитических условиях [2, 3]. Одной из важнейших характеристик асфальтенов является реакционная способность, зависящая от их

химической природы и структурной организации. Однако исследования превращений асфальтенов, как правило, проводятся при высоких температурах и не учитывают различия в энергиях связей их молекул.

Целью работы является исследование влияния строения молекул асфальтенов на их способность генерировать низкомолекулярные

Таблица 1. Характеристика строения молекул асфальтенов

| Объект исследования | Структурные параметры | | | |
|---------------------|-----------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | ММ, а.е.м. | K_a , ед. | $K_{нас}$, ед. | C_n , ед. |
| АЗН | 2565 | 15,3 | 30,7 | 14,3 |
| АКБ | 2040 | 9,9 | 30,7 | 21,9 |
| АУН | 1600 | 9,4 | 21,1 | 7,5 |

Таблица 2. Макрокомпонентный состав продуктов термоллиза асфальтенов (% мас.)

| Компонент | Температура термоллиза (°С) и исследуемый объект | | | | | | | | |
|------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | АЗН | | | АКБ | | | АУН | | |
| | 120 | 230 | 290 | 120 | 230 | 290 | 120 | 230 | 290 |
| Газ | 1,2 | 2,6 | 5,2 | 0,7 | 3,9 | 5,1 | 0,6 | 3,9 | 7,7 |
| Масла | 2,0 | 13,6 | 15,8 | 2,4 | 14,7 | 14,8 | 1,6 | 11,2 | 10,9 |
| Смолы | 2,8 | 4,9 | 1,4 | 10,1 | 8,7 | 1,5 | 11,2 | 8,7 | 1,5 |
| Асфальтены | 94,0 | 62,3 | 2,8 | 86,8 | 57,4 | 7,0 | 86,6 | 56,3 | 0,6 |
| «Кокс» | 0,0 | 10,6 | 37,1 | 0,0 | 2,1 | 29,0 | 0,0 | 6,5 | 35,6 |

Суммарное содержание продуктов термоллиза на каждой ступени соответствует содержанию асфальтенов на предыдущей ступени

компоненты в процессе ступенчатой термодеструкции.

Объекты исследования – асфальтены нефти Зюлеевского месторождения (АЗН), асфальтены природного битума Мордово-Кармальского месторождения (АКБ), асфальтены нефти Усинского месторождения (АУН). Исследуемые асфальтены существенно различаются по средней молекулярной массе (ММ) в диапазоне 1600–2565 а.е.м. АЗН характеризуются наибольшим числом ароматических колец (K_a) в средней молекуле, тогда как в структуре АКБ максимальное количество атомов углерода в парафиновых фрагментах (C_n). Средняя молекула АУН представлена наименьшим числом насыщенных циклов ($K_{нас}$) и атомов углерода в алкильном обрамлении нафтеноароматических блоков (табл. 1).

Термодеструкция асфальтенов проводилась в токе инертного газа при температурах 120, 230 и 290 °С и продолжительностью, соответственно, 15, 10 и 3 мин до полного удаления образующихся продуктов из реакционной зоны. Масса навески асфальтенов составляла 7 г. После каждой ступени термоллиза полученные продукты

разделялись на газ, масла, смолы, асфальтены и «кокс». Выделенные асфальтены подвергались дальнейшим превращениям при следующей температуре.

По составу продуктов ступенчатого термоллиза видно, что асфальтены достигают практически полной конверсии при 290 °С, составляющей 93,0% и более. С увеличением в составе средней молекулы асфальтенов насыщенных структурных фрагментов ($K_{нас}$ и C_n) степень их превращения до 290 °С несколько снижается с 99,4 до 93,0% (табл. 2).

Суммарное содержание продуктов термоллиза на каждой ступени соответствует содержанию асфальтенов на предыдущей ступени

Повышенное число атомов углерода в алифатических структурных фрагментах асфальтеновых молекул способствует увеличению выхода низкомолекулярных продуктов (газ + масла) и снижению образования «кокса» в процессе ступенчатого термоллиза асфальтенов.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-33-00478.

Список литературы

1. Ганеева Ю.М., Юсупова Т.Н., Романов Г.В. Асфальтеновые наноагрегаты: структура, фазовые превращения, влияние на свойства нефтяных систем // Успехи химии, 2011.– Т.80.– №10.– С.1034–1050.
2. Chacon-Patino M.L, Blanco-Tirado C., Or-

rego-Ruiz J.A., Gomez-Escudero A., Combariza M.Y. Tracing the compositional changes of asphaltene after hydroconversion and thermal cracking processes by high-resolution mass spectrometry // Energy Fuels, 2015.– Vol.29.– №10.– P.6330–6341.

3. Гринько А.А, Головки А.К. Термолиз нефтяных асфальтенов и их фракций // Нефтехимия, 2014. – Т.54. – №1. – С.43–48.

МОДЕЛЬ ПЛАЗМОН-КАТАЛИТИЧЕСКОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

М.Т. Кузнецов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.Б. Швалев

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

В настоящее время процессы подготовки и переработки углеводородного сырья занимают ключевое место в определении цены конечного товара. Не самая высокая степень конверсии исходного сырья, множество побочных продуктов, а также сложные условия проведения химических процессов существенно удорожают конечную стоимость продукта. В связи с этим появляется огромная потребность в энерго- и ресурсосберегающих технологиях подготовки и переработки углеводородного сырья.

Основное отличие плазмон-каталитического реактора от других реакторов, используемых в данном процессе, – это наличие плазмонного катализатора, который представляет собой оптическое волокно, покрытое плазмон-активными структурами на основе металлов, способных возбуждать поверхностный плазмон-поляритон [1]. Поверхностный плазмон-поляритон возбуждается под действием светового или лазерного излучения, что делает данную технологию одной из наиболее перспективных для химической промышленности.

Основными достоинствами плазмон-каталитического реактора являются мягкие условия синтеза (комнатная температура, атмосферное давление), а также малое количество побочных продуктов или их полное отсутствие.

Разработка плазмон-каталитического реактора осуществлялась для синтеза модельного субстрата – 1,4-дифенил-1Н-1,2,3-триазола. В ходе разработки плазмон-каталитического реактора основной проблемой был малый реакционный объем катализатора (≈ 50 нм) [2]. Данная проблема была решена с помощью рецикла реакционной смеси до тех пор, пока не будет достигнута заданная степень конверсии (90%).

Реактор представляет собой аппарат (рис. 1) с квадратным поперечным сечением с габаритными размерами $400 \times 390 \times 735$ мм и произво-

дительностью 10 кг/сут по продукту. Внутри реактора находится прямоугольная ячейка с квадратным поперечным сечением, в которой закреплено оптоволокно, покрытое тонким слоем золота, являющимся источником плазмона. Оптоволокно в ячейке закреплено с помощью специального крепежного изделия, которое вставляется в отверстие в ячейке и закрепляется там с помощью клея; каждый последующий ряд отверстий смещен относительно предыдущего на расстояние равное диаметру оптоволоконка (200 мкм), это способствует повышению реакционного пространства за счет увеличения поверхности контакта между реагентом и катализатором по ходу движения потока.

Реактор работает в периодическом режиме. После загрузки сырья в реактор поток реагентов проходит через ячейку с катализатором; гидродинамический режим в реакторе – ламинарный, что с учетом особого расположения оптоволоконка позволяет достичь максимальной степени конверсии. Затем сырьевой поток попадает в рециркуляционную зону (трубу) с развитым турбулентным потоком для выравнивания градиента концентрации реагентов. После рециркуляционной зоны сырье возвращается в реактор, на входе в который установлен отбойник, служащий как для гашения скорости потока, так и для дополнительного перемешивания сырья.

В сравнении с подобными реакторами [3]

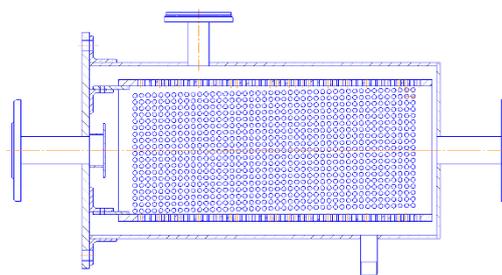


Рис. 1. Схема реактора