

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

ПОДСЕКЦИЯ 2

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ГИДРОПЕРЕРАБОТКИ АТМОСФЕРНЫХ И ВАКУУМНЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ НЕФТИ

Н.С. Белинская

Научный руководитель - профессор Э.Д. Иванчина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из глобальных вызовов в энергетической отрасли является производство моторных топлив в условиях снижения запасов традиционной легкой нефти и обеспечения прироста добычи нефти за счет тяжелой трудноизвлекаемой нефти, а также повышения спроса на моторные топлива в связи с экономическим ростом развивающихся стран и развития Крайнего Севера и Арктики [1].

С целью производства моторных топлив высокого качества с использованием в качестве сырья среднестиллятных и тяжелых фракций нефти (таких как атмосферные и вакуумные дистилляты) в последние десятилетия проведена масштабная модернизация нефтеперерабатывающих заводов [4]. Морально устаревшие установки производства компонентов дизельных топлив реконструированы в том числе с добавлением в технологическую схему стадии гидродепарафинизации для улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив. Введены в эксплуатацию установки гидрокрекинга вакуумного газойля для облагораживания тяжелых фракций и производства компонентов моторных топлив. Также модернизированы существующие и введены в эксплуатацию новые установки гидроочистки вакуумного газойля для подготовки тяжелого сырья, характеризующегося высоким содержанием примесей, дезактивирующих катализатор и ухудшающих качество конечных продуктов, к дальнейшей переработке в процессах гидрокрекинга и каталитического крекинга.

Другой глобальный вызов, стоящий перед нефтепереработкой – повышение эффективности производства путем цифровизации производственных операций, в том числе реакторных процессов [3]. Математические модели процессов, протекающих в промышленных реакторах, как основа цифровых двойников установок, позволяют прогнозировать результаты протекания процессов в зависимости от состава сырья, типа и активности катализатора, прогнозировать срок службы катализатора [2].

Целью работы является разработка подхода к моделированию процессов гидропереработки нефтяного сырья, основанного на группировке реагирующих веществ по реакционной способности, с учетом нестационарного характера протекания процессов вследствие дезактивации катализатора и изменения состава сырья и требований к получаемому продукту.

Одной из основных проблем при моделировании процессов глубокой переработки нефтяного сырья является сложность определения состава сырья данных процессов, что необходимо для учета химизма превращений углеводородов и гетероатомных соединений в ходе процесса. Кроме того, химизм таких процессов является очень сложным, при этом учет превращений всех индивидуальных компонентов является нецелесообразным.

Поэтому для целей моделирования процессов гидропереработки разработана методика пересчета фракционного состава сырья в групповой, а также методика распределения содержания n-парафинов (как углеводородов, оказывающих наибольшее влияние на низкотемпературные свойства и цетановое число получаемых дизельных топлив) в сырье и продукте.

Другие реагирующие компоненты объединены в группы, реакции – в группы реакций. На основе принятых допущений составлены схемы превращений в ходе процессов гидропереработки атмосферных и вакуумных дистиллятов нефти.

Подход к моделированию также предполагает исследование физико-химических закономерностей протекания процессов в промышленных условиях, исследование закономерностей реакционной способности углеводородов и закономерностей дезактивации катализаторов для составления уравнений математической модели с учетом выявленных закономерностей и факторов нестационарности протекания процессов.

Математические модели процессов гидропереработки нефтяного сырья реализованы в виде компьютерных моделирующих систем, позволяющих обрабатывать большие массивы данных о работе промышленных установок, проводить мониторинговые расчеты, прогнозные расчеты срока службы катализатора, проводить оптимизацию технологического режима с выдачей рекомендаций по корректировке технологических параметров в зависимости от состава сырья и текущей активности катализатора.

Таким образом, разработанный подход к моделированию каталитических процессов гидропереработки атмосферных и вакуумных дистиллятов нефти позволяет разрабатывать модели, чувствительные к составу

перерабатываемого сырья, учитывающие факторы нестационарности протекания процесса в промышленных условиях, которые применимы для прогнозирования процессов с высокой степенью точности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-73-00023).

Литература

1. Guo K., Li H., Yu Zh. In-situ heavy and extra-heavy oil recovery: A review // Fuel. – 2016. – Vol. 185. – P. 886-902.
2. Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Долганов И.М., Белозерцева Н.Е. Компьютерная моделирующая система процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив // Ползуновский вестник. – 2019. – № 3. – С. 99-106.
3. Петрова Н. Трансформация будущего. Цифровая революция в нефтегазовой отрасли // Журнал «Сибирская нефть». – 2018. – № 1 (31). – С. 4-9.
4. Хавкин В.А., Гуляева Л.А., Никульшин П.А. О сырье процесса гидрокрекинга // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2019. – № 9. – С. 3-6.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА СЫРЬЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ ЦЕОФОРМИНГА ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА СТАБИЛЬНОГО

А.А. Алтынов, И.А. Богданов, М.В. Киргина

Научный руководитель - доцент М.В. Киргина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из побочных продуктов подготовки газа и нефти на месторождениях является конденсат газовый стабильный (КГС). В России выпуск данного продукта регламентирует ГОСТ Р 54389-2011 «Конденсат газовый стабильный. Технические условия». КГС получают путем стабилизации (удаления углеводородов с количеством атомов углерода от 1 до 4) нестабильного газового конденсата. Однако, несмотря на ценный углеводородный состав (углеводороды C₅-C₈), данный продукт остается невостребованным. Одним из возможных направлений применений КГС является его использование в качестве компонента автомобильных бензинов. Вместе с тем, существенное вовлечение данного продукта в смешение бензина невозможно, ввиду его невысоких детонационных характеристик.

Решением данной проблемы может стать переработка КГС с целью повышения октанового числа, причем используемая технология должна быть достаточно гибкой: использовать стойкий, относительно недорогой катализатор, допускать возможность использования установок небольшой мощности. Наиболее подходящим из имеющихся процессов повышения октанового числа легких углеводородных фракций является процесс цеоформинг. В связи с чем, целью данной работы является исследование влияния давления и расхода сырья на характеристики продуктов цеоформинга КГС. Выявленные закономерности позволят установить оптимальные технологические параметры переработки КГС в высокооктановые компоненты автомобильных бензинов.

В Таблице 1 приведены основные характеристики, а также углеводородный состав исследуемого образца КГС. Определение состава КГС проводилось методом газовой хроматографии (ОЧИ – октановое число исследовательский метод; ОЧМ – октановое число моторный метод; ДНП – давление насыщенных паров).

Таблица 1

Характеристики и состав исследуемого образца КГС

Параметр	КГС
ОЧИ	67,2
ОЧМ	64,0
ДНП, кПа	65,5
Плотность при 15 °С, кг/м ³	692,5
Содержание веществ, % об.	
Бензол	0,17
Ароматические углеводороды	3,26
Олефины	1,68

В Таблице 2 приведены технологические параметры реализации цеоформинга КГС. Цеоформинг проводился на лабораторной каталитической установке в течении фиксированного времени с использованием цеолитного катализатора марки КН-30, производства ПАО «Новосибирский завод химконцентратов».

Таблица 2

Параметры проведения цеоформинга КГС

Параметр	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Температура, °С	375	375	375	375	375
Давление, МПа	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5
Расход сырья, ч ⁻¹	2	3	4	2	2