

– определено, что полученные значения сорбционной емкости сланцезольного остатка выше значений сорбционной емкости горючих сланцев, песка и цеолита.

Использование сланцезольных отходов в качестве фильтрующего или сорбционного материала для предварительной очистки воды от органических загрязнений (нефти и нефтепродуктов) позволит увеличить срок использования более дорогих фильтров на основе традиционных минеральных фильтрующих материалов

Основное преимущество полученных результатов по использованию сланцезольного остатка заключается в том, что сланцезольный остаток является отходом термической переработки горючих сланцев и не требует дополнительных затрат для своего производства.

Литература

1. Смирнова Т.С., Вахидова Л.М., Мирабидинов Ш.Н.У. Минерально-сырьевые ресурсы России и мировой опыт природопользования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 7. – С. 7–17;
2. Стрижакова Ю.А., Усова Т.В., Третьяков В.Ф. Горючие сланцы – потенциальный источник сырья для топливно-энергетической и химической промышленности // «Вестник МИТХТ». Химия и технология органических веществ. – 2006. – № 4. – С. 76–85;
3. Назаренко М.Ю., Кондрашева Н.К., Салтыкова С.Н., Бажин В.Ю. Физические характеристики брикетов, полученных из сланцевой мелочи и древесных опилок. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2016.-Т.327.- №3.-с.67-74;
4. Назаренко М.Ю., Бажин В.Ю., Салтыкова С.Н., Шариков Ф.Ю. Изменение состава и свойств горючих сланцев во время термической обработки //«Кокс и Химия», , 2014, №10, с.46-49.
5. Рудина М.Г., Серебрянникова Н.Д., Справочник сланцепереработчика. – Л.: Химия, 1988. – 256 с;
6. Юдович Я.Э. Горючие сланцы Республики Коми. Проблемы освоения. – Сыктывкар: Геопринт, 2013. – 90 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫХОДА И КАЧЕСТВА БЕНЗИНА, ЖИРНОГО ГАЗА И КОКСА С УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА С УЧЕТОМ ГРУППОВОГО СОСТАВА ВАКУУМНОГО ДИСТИЛЛЯТА

Г.Ю. Назарова, Г.Р. Бурумбаева

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Нефтегазовой отрасли промышленности отведено особое место в стратегии развития Казахстана до 2030 г. Основной целью программы является повышение конкурентоспособности нефтегазовой отрасли Республики Казахстан [1].

В соответствии с программой индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на период 2015-2019 гг., на всех нефтеперерабатывающих заводах Республики Казахстан (Атырауский НПЗ, Шымкентский НПЗ и Павлодарский НПЗ) реализуются проекты развития, модернизации и внедрение новых установок переработки нефтяного сырья.

Так, например, на Атырауском НПЗ предусмотрено строительство 12 технологических установок, в том числе комплекса глубокой переработки нефтяного сырья с введением установки каталитического крекинга и установок гидроочистки. На Павлодарском НХЗ в рамках проекта будут введены новые установки изомеризации и сплиттера нефти, а также проведена реконструкция установок, в том числе установки каталитического крекинга [2].

Среди вторичных процессов переработки нефтяного сырья особую роль занимает процесс каталитического крекинга, который позволяет дополнительно производить до 15-20% от перерабатываемого сырья высокооктанового бензина, а также жирного газа, богатого пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракциями. Кроме того, в процессе каталитического крекинга образуется кокс, который приводит к обратимой дезактивации катализатора и, наряду с этим, кокс необходим для поддержания теплового баланса системы «реактор-регенератор», т.к. в процессе окислительной регенерации катализатора выделяется тепло. Поэтому требуется снизить количество кокса, образующегося на поверхности, кроме количества, требуемого для поддержания теплового баланса системы.

Выход и качество продуктов с установки каталитического крекинга определяется групповым составом перерабатываемого сырья, большим числом параметров технологического режима работы реакторно-регенераторного блока, структурно-селективными свойствами катализатора и др. Метод математического моделирования является одним из способов повышения эффективности эксплуатации промышленных установок, позволяющий проводить исследования без участия действующих промышленных объектов.

Целью работы является прогнозирование выхода высокооктанового бензина, жирного газа и кокса в технологии каталитического крекинга в зависимости от группового состава сырья с применением математической модели процесса.

В работе предоставлены результаты расчетов по влиянию состава сырья и кратности циркуляции катализатора на выход и октановое число бензиновой фракции, жирного газа и кокса с применением математической модели

процесса каталитического крекинга, разработанной на основании формализованной схемы превращений углеводородов [3].

Для расчетов по модели выбраны 2 типа сырья, представленные в таблице 1. Определение группового состава сырья каталитического крекинга выполнено методом жидкостно-адсорбционной хроматографии. Параметры технологического режима работы реакторно-регенераторного блока для расчетов по модели представлены в таблице 2.

Таблица 1

Групповой состав сырья процесса каталитического крекинга

Группа углеводородов	Содержание % мас.	
	Сырье-1	Сырье-2
Насыщенные углеводороды	73,3	65,9
Ароматические углеводороды	23,1	30,1
СМОЛЫ	3,6	4,0

В соответствии с таблицей 1, Сырье-1 каталитического крекинга характеризуется большим содержанием насыщенных углеводородов (73,3 % мас.) по сравнению с Сырьем-2 (65,9 % мас.). Содержание ароматических углеводородов и смол выше в Сырье-2 (30,1 и 4,0 % мас.).

Таблица 2

Основные параметры технологической режим работы реактора для расчетов по модели

Параметры процесса	Значение
Расход сырья на установку, м ³ /ч	186,0
Температура сырья на входе реактор, °С	275,6
Расход пара в реакционную зону лифт-реактора, кг/ч	11960,6
Расход шлама в реактор, м ³ /ч	14,0
Суммарный расход пара в зону десорбции, кг/ч	4570,0
Температура регенерированного катализатора, °С	664,5
Давление, кгс/см ²	1,5
Кратность циркуляции катализатора $\tau_{кат} / \tau_{сырья}$	6,3

С применением математической модели показано, что состав сырья в значительной степени оказывает влияние на показатели процесса каталитического крекинга. Так, выход бензиновой фракции и жирного газа выше для сырья-1 и составляет 42,3 % мас. и 32,4 % мас. соответственно, в то время как при работе на сырье-2 выход бензиновой фракции и газа составил 41,3 % мас. и 30,5 % мас. соответственно. При этом выход кокса выше при работе на сырье с высоким содержанием ароматических углеводородов (5,7 % мас. – сырье-2 и 5,3 % мас. сырье-1).

Проведена оценка влияния кратности циркуляции катализатора с учетом состава перерабатываемого сырья и температуры в зоне вывода регенерированного катализатора.

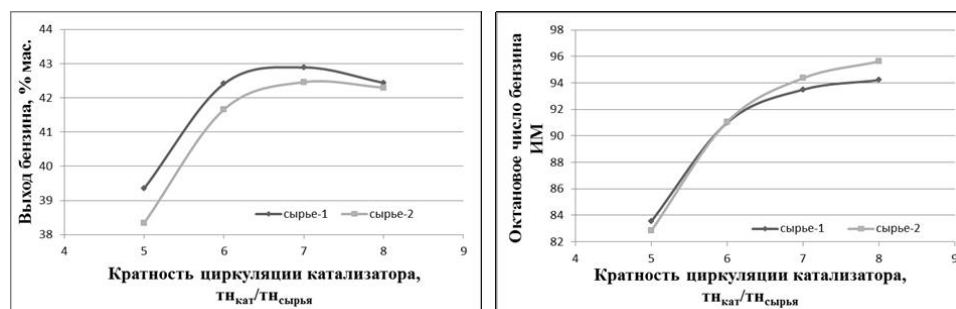


Рис.1. Зависимость выхода и октанового числа бензина от кратности циркуляции катализатора и состава перерабатываемого сырья

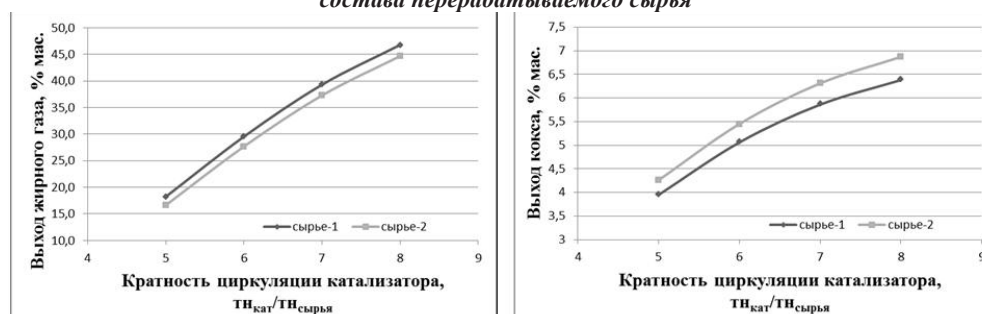


Рис.2. Зависимость выхода жирного газа и кокса от кратности циркуляции катализатора и состава перерабатываемого сырья

Расчеты по модели показали, что выход бензиновой фракции при увеличении кратности циркуляции катализатора с 5 до 7 тн_{кат}/тн_{сырья} возрастает с 39,5 до 43,0 % мас. – при переработке сырья с высоким содержанием насыщенных углеводородов (73,1 % мас.) и с 38,4 до 42,4 % мас. – при переработке сырья с повышенным содержанием ароматических углеводородов (30,1 % мас.). При дальнейшем увеличении кратности циркуляции катализатора выход бензиновой фракции понижается до 42,4 % мас. – для сырья-1 и 42,2 % мас. – для сырья-2, что связано с увеличением скоростей реакций крекинга углеводородов бензиновой фракции с образованием газообразных продуктов и продуктов уплотнения. При этом октановое число бензиновой фракции при переработке вакуумного дистиллята с высоким содержанием ароматических углеводородов выше (рис.1) При увеличении кратности циркуляции катализатора октановое число бензиновой фракции возрастает за счет увеличения содержания ароматических углеводородов в бензиновой фракции.

Выход жирного газа при увеличении кратности циркуляции катализатора постоянно увеличивается, что связано с увеличением скорости вторичных реакций крекинга. При переработке сырья с повышенным содержанием насыщенных углеводородов выход газа выше и возрастает с 18,2 до 46,8 % мас. при увеличении кратности циркуляции катализатора с 5 до 8 тн_{кат}/тн_{сырья}.

Выход кокса возрастает с 3,9 до 6,4 % мас. – при переработке сырья-1 и с 4,3 до 6,9 % мас. – при переработке сырья-2 за счет увеличения скоростей реакций конденсации ароматических углеводородов с образованием продуктов конденсации (рис.2). При этом выход кокса при переработке сырья с высоким содержанием смолистых соединений и ароматических углеводородов выше.

Таким образом, применение математической модели реактора каталитического крекинга позволяет прогнозировать показатели процесса каталитического крекинга (выход и качество бензиновой фракции, кокса, газа) в зависимости от состава перерабатываемого сырья и технологического режима работы реакторного блока. Комплексная оценка влияния этих параметров на производительность установки и качество получаемых продуктов позволит оптимизировать работу промышленного реактора каталитического крекинга с учетом состава перерабатываемого сырья и технологического режима работы реактора.

Литература

1. Послание Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаев к народу. 2010 г. www.akorda.kz.
2. Официальный сайт КазМунайГаз <http://www.kmg.kz>
3. Ivanchina E.D., Ivashkina E.N., Nazarova G.Y., et al. Formalization of hydrocarbon conversion scheme of catalytic cracking for mathematical model development // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – vol. 27. – pp. –1-6.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕАКТОРА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА С УЧЕТОМ ФУНКЦИИ ДЕЗАКТИВАЦИИ КАТАЛИЗАТОРА КОКСОМ

Г.Ю. Назарова, Т.А. Шафран, В.И. Стебенева

Научный руководитель профессор Е.Н. Ивашкина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Эффективность эксплуатации установок каталитического крекинга определяется комплексом показателей эксплуатации нестационарной сопряженной системы «лифт-реактор-регенератор». Выход целевых продуктов с установки каталитического крекинга и их качество в большей степени определяются технологическим режимом работы реакторно-регенераторного блока, составом перерабатываемого сырья и структурно-селективными свойствами микросферического цеолитсодержащего катализатора.

В процессе эксплуатации катализатор дезактивируется под действием кокса и тяжелых металлов, содержащихся в сырье, что приводит к потере его эксплуатационных свойств – снижению активности и селективности, что напрямую влияет на эффективность процесса, срок службы катализатора и, соответственно, экономические затраты.

К компонентам, необратимо дезактивирующим катализатор, относятся металлоорганические соединения (Ni, V, Cu, Na, Fe) в высококипящих фракций нефти, увеличивающиеся во фракциях с ростом температуры кипения фракции. Дезактивация катализатора крекинга коксом является обратимым процессом, активность катализатора восстанавливается путем удаления кокса с его поверхности в процессе окислительной регенерации катализатора.

Разработка математической модели реактора каталитического крекинга и прогнозирование показателей процесса с учётом функции дезактивации катализатора крекинга позволят скорректировать технологический режим работы установки для увеличения выхода светлых фракций и оценить влияние различных факторов (состав сырья, технологический режим реактора и регенератора и др.) на содержание кокса и степень дезактивации катализатора.

Целью работы является разработка математической модели процесса каталитического крекинга, учитывающей функцию дезактивации цеолитсодержащего катализатора коксом.

Объектом исследования является промышленная установка каталитического крекинга вакуумного дистиллята (фр. 350–550 °С). В качестве сырья установки используют гидроочищенный вакуумный дистиллят. Температура процесса составляет 495–542 °С, давление в реакторе – 0,08–0,2 МПа. На установке каталитического крекинга эксплуатируют микросферический цеолитсодержащий катализатор (Y и ZSM-5).

Цеолит типа Y имеет четыре входных окна диаметром 0,73-1,3 нм, соотношение Si/Al находится в диапазоне