

**СЕКЦИЯ 12. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. ПОДСЕКЦИЯ 2 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫХОДА И КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СОСТАВА СЫРЬЯ И ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА
ЛИФТ-РЕАКТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА**

Межова М.Ю., Назарова Г.Ю., Орешина А.А.

Научный руководитель - ассистент Г.Ю. Назарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Каталитический крекинг сегодня является одним из основных крупнотоннажных процессов на современном НПЗ. В мире установки каталитического крекинга могут быть направлены на производство с максимальным выходом бензина, газов крекинга или средних дистиллятов. В зависимости от состава и типа перерабатываемого сырья технологическое оформление и катализаторы процесса каталитического крекинга существенно различаются. Более того, в ходе эксплуатации промышленной установки состав сырья крекинга изменяется непрерывно и зависит от предыдущих стадий переработки нефтяных фракций. Знание о свойствах сырья и его влиянии на процесс представляет одну из главных задач в рамках обеспечения стабильной работы установок, поскольку выход и качество продуктов во многом определяется составом сырья, наряду с большим числом параметров технологического режима работы реакторно-регенераторного блока, структурно-селективными свойствами катализатора и др. [1]. Проблема прогнозирования работы и оптимизации процессов каталитического крекинга с учетом состава сырья является актуальной для действующих промышленных установок. С этой целью в мире широко используют методы математического моделирования, при этом крайне важен учет термодинамических и кинетических закономерностей процесса с участием высокомолекулярных углеводородов, что с одной стороны, значительно усложняет этапы разработки модели, а с другой стороны повышает точность и прогнозирующую способность разрабатываемых моделей.

Целью работы является прогнозирование выхода и качества продуктов процесса каталитического крекинга в зависимости от состава сырья и параметров технологического режима с применением математической модели.

Объектом исследования является промышленная установка каталитического крекинга вакуумного дистиллята. С применением математической модели [2], можно установить влияние состава сырья на показатели процесса каталитического крекинга и корректировать технологический режим с учетом изменения состава сырья для получения того или иного целевого продукта. Было исследовано 4 состава сырья (таблица 1), результаты прогнозных расчетов представлены на рисунке 1.

Таблица 1

Состав сырья для расчетов по модели

Характеристики сырья	Сырье			
	№1	№2	№3	№4
Насыщенные углеводороды, % мас.	69,7	73,1	56,8	57,4
Ароматические углеводороды, % мас.	28,2	23,3	40,5	38,8
Смоли, % мас.	2,1	3,6	2,7	3,8
Плотность при 15 °С, кг/м ³	890,0	888,2	893,1	891,3

В соответствии с таблицей 1, сырье № 1 и № 2 характеризуется большим содержанием насыщенных углеводородов (69,7 и 73,1 % мас.), вместе с тем наряду с высоким содержанием парафинов и нафтенов, сырье № 2 характеризуется высоким содержанием смол. Содержание ароматических углеводородов наибольшее в сырье № 3 и № 4 (40,5 и 38,8 % мас.), сырье №4 характеризуется наибольшим содержанием смол (3,8 % мас).

Выход бензина наибольший для сырья №1 и №2 (55,47 и 54,85 % мас.), которое содержит большее содержание насыщенных углеводородов. Хотя содержание парафинов и нафтенов выше в составе сырья №2, выход бензина ниже, относительно сырья №1, что связано с высоким содержанием смол, которые с высокой скоростью конденсируются с образованием коксовых структур (6,58 % мас.), снижая активность катализатора и, как следствие, выход целевого продукта. В общем случае выход кокса (6,85 % мас.) значительно выше при работе на сырье с высоким содержанием ароматических углеводородов и смол (сырье №4), выход бензина при работе на таком сырье существенно ниже (53,48 % мас), но выше выход фракции 195-340 °С (12,2 % мас – для сырья №4 и 10,59 % мас. – для сырья №2).

Выход пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракций преобладает для сырья №2 и №1, поскольку данные виды сырья содержат наибольшее количество насыщенных углеводородов, участвующих в реакциях крекинга. Октановое число бензина возрастает с увеличением содержания ароматических углеводородов в сырье каталитического крекинга на 3,7 пункта.

Выполненные расчеты показали, что наиболее благоприятным для производства бензина является сырье №1 (55,47 %), для производства пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракций – сырье № 2 (7,42 % и 13,61 %) с высоким содержанием насыщенных углеводородов, для производства фр. 195-340 °С – сырье №3 (12,57 %) с большим содержанием ароматических структур. Переработка сырья № 4 обеспечивает высокий выход кокса, вследствие чего существенно снижается выход целевых продуктов бензиновой фракции.

Вовлечение в переработку тяжелого нефтяного сырья способствует усиленному коксообразованию, что может вызвать существенный подъем температуры в регенераторе при экзотермическом процессе окисления кокса и привести к нарушению теплового баланса системы «лифт-реактор-регенератор», термической деструкции катализатора в области высоких температур, а также снижению выхода целевых продуктов. В зависимости от типа установки, состава сырья и свойств катализатора выход кокса при переработке вакуумного газойля не должен превышать 5-6 % мас. К способам регулирования теплового баланса при переработке утяжеленного нефтяного сырья

относятся использование многоступенчатой регенерации, холодильников для катализатора и пр. для регулировки теплового баланса системы лифт-реактор регенератор и предотвращения перегрева катализатора. В случае переработки слабококующегося сырья, для регулировки теплового баланса осуществляют рециркуляцию тяжелых фракций, как правило, выше точки ввода сырья, а также введение к слабо коксованному катализатору перед регенерацией коксующейся фракции (с содержанием ароматических соединений более 50 % мас. и содержанием полиароматических соединений 20 % мас. или более) [3]. Таким образом, рециркуляция коксующегося углеводородного потока делает возможным регулирование температуры регенерированного катализатора, обеспечивая эффективность при переработке слабо коксующегося сырья. С применением математической модели определено, что снижение расхода шлама с 19,18 м³/ч до 10,9 м³/ч и до 5,8 м³/ч (для сырья № 2 и № 3) обеспечивает снижение выхода кокса на 0,6 и 0,9 % мас. при сохранении высокого выхода целевых продуктов.

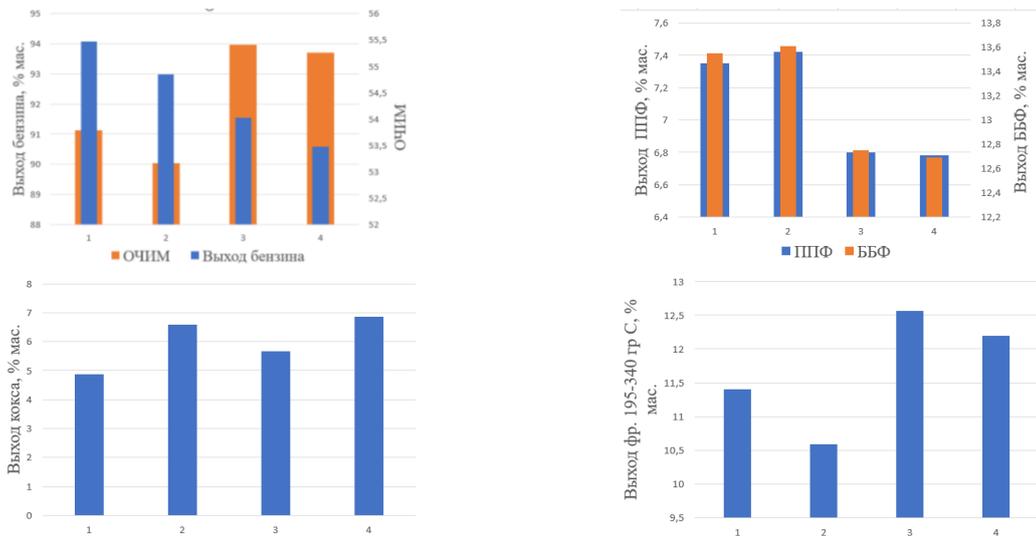


Рис. Влияние состава сырья на выход продуктов каталитического крекинга и октановое число бензина

Таким образом, применение математической модели реактора каталитического крекинга позволяет прогнозировать выход и качество продуктов процесса в зависимости от состава сырья и параметров технологического режима. 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. Назарова Г.Ю. 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; науч. рук. Е. Н. Ивашкина // Проблемы геологии и освоения недр труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г.: в 2 т.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР); под ред. А. С. Боева. — 2017. — Т. 2. — [С. 335-337]. — Заглавие с экрана. — [Библиогр.: с. 337 (3 назв.)].
2. Назарова Г.Ю. Повышение эффективности процесса каталитического крекинга вакуумного дистиллята в лифт-реакторе с применением метода математического моделирования: дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 02.00.13 / Назарова Галина Юрьевна. — Томск, 2020. — с. 22-23.
3. Пат. 2605547 Россия МПК7 C10G 11/18, B01J 19/32, B01J 8/24. Способ каталитического крекинга для обработки фракции, имеющей низкий углеродный остаток Конрадсона. Бори М., Леруа П.; заявитель и патентообладатель ТОТАЛЬ РАФИНАЖ ФРАНС. — № 2013132972/04; заявл. 09.12.2011; опубл. 20.12.2016, Бюл. № 35. — 9 с. — ил.