

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КРЕКИНГА И СОСТАВА ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОГО СЫРЬЯ  
НА ВЫХОД СВЕТЛЫХ ФРАКЦИЙ И КОКСА**

Г. Ю. Назарова, Т.А. Шафран, Е.Н. Ивашкина

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: [silko@tpu.ru](mailto:silko@tpu.ru)

**IMPACT OF THE CRACKING TEMPERATURE AND FEEDSTOCK COMPOSITION  
ON THE LIGHT FRACTION AND COKE YIELD**

G. Y. Nazarova, T.A. Shafran, E.N. Ivashkina

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E.N. Ivashkina

National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [silko@tpu.ru](mailto:silko@tpu.ru)

***Abstract.** The results of numerical studies to determine the yield of light fractions and coke from a catalytic cracking unit are carried out in this research. The yields of gasoline fraction, light gas oil and coke are forecasted using a mathematical model of catalytic cracking taking into account the feedstock composition and the cracking temperature.*

**Введение.** В технологии каталитического крекинга перерабатывают различные виды сырья, включая остатки вторичных процессов нефтепереработки. Вовлечение тяжелого остатка в качестве сырья процесса обусловлено увеличением нагрузки по коксу для обеспечения теплового баланса системы «реактор-регенератор». Эффективность технологии в значительной степени зависит от температуры процесса, структурно-селективных свойств катализатора и состава перерабатываемого сырья [1]. С увеличением температуры кипения фракции увеличивается склонность сырья к коксообразованию в виду увеличения ароматических углеводородов и тяжелых металлов в сырье крекинга. Анализ данных с промышленной установки каталитического крекинга показал, что показатель преломления фракции и фракционный состав изменяются в диапазоне 1,4984-1,5200, 423-442 °С – по температуре 50 % выкипания и 506-544 °С – по температуре конца кипения фракции, что свидетельствует о значительном изменении группового состава сырья процесса и увеличении содержания ароматических углеводородов и смол во фракции, во многом определяющих выход и качество продуктов крекинга, содержание кокса и степень дезактивации катализатора.

Целью работы является прогнозирование выхода светлых фракций и кокса с установки каталитического крекинга в зависимости от состава перерабатываемого сырья и температуры крекинга с применением математической модели процесса.

**Объект и методы исследования.** Объектом исследования является установка каталитического крекинга смеси вакуумного дистиллята и остатков вторичных процессов нефтепереработки. Фракционный состав сырья – 258-560 °С, содержание серы в вакуумном дистилляте – 0,69-0,90 % мас. Для исследования характеристик сырья процесса каталитического крекинга были использованы методы,

представленные в таблице 1.

Таблица 1

*Методы анализа для исследования сырья каталитического крекинга*

Метод анализа	Аппаратура, материалы	Точность
Жидкостно-адсорбционный хроматографический	силикагель марки АСКГ (размер зерен 0,2-0,5 мм)	$\pm 5\%$ – (50÷70) % мас. определяемого компонента; $\pm 10\%$ – (15÷50) % мас. то же; $\pm 20\%$ – менее 15 % мас. то же.
Оптический ГОСТ 18995.2-73	рефрактометр Atago NAR-3T	$\pm 0,0001$ nD – (1,3÷1,7) nD.
Криоскопический	КРИОН-1	$\pm 9\%$ – температурные измерения 0,001°C.
ГОСТ 3900-85	пикнометр, весы аналитические	$\pm 0,0001$ г, $\pm 0,1^\circ\text{C}$ .
n-d-m, метод Хазельвуда	-	воспроизводимость при определении распределения углерода – 1,5 %, числа колец – 0.1 ед.

Прогнозные расчеты выполнены с использованием математической модели, в основе которой положена формализованная схема превращений углеводородов [2]. Модель ориентирована на прогнозирование суммарного отбора газа и рефлюкса, стабильного бензина, легкого газойля, тяжелого газойля, кокса, группового состава стабильного бензина, содержания пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракций в суммарном потоке газ + рефлюкс.

**Экспериментальная часть.** Расчеты, направленные на прогнозирование отбора светлых фракций и кокса с установки в зависимости от состава перерабатываемого сырья и температуры крекинга выполнены при постоянных параметрах технологического режима: расход сырья к прямоточному реактору 166,65 м<sup>3</sup>/ч, расход водяного пара в первый и во второй контуры аэрации J-образного перехода – 244,11 и 180,22 кг/ч соответственно, температура сырья на входе реактор 273,4 °С, кратность циркуляции катализатора изменяли в интервале 6,5 – 12,5 т<sub>кат</sub>/т<sub>сырья</sub>.

**Результаты и их обсуждение.** Лабораторные исследования показали, что групповой состав сырья процесса каталитического крекинга изменяется, даже при незначительном изменении плотности и молекулярной массы фракции (таблица 2).

Таблица 2

*Результаты лабораторных исследований двух образцов сырья процесса каталитического крекинга*

Показатель	Сырье №1	Сырье №2
Насыщенные ув / ароматические ув / смолы, % мас.	65,3 / 28,1 / 6,6	60,2 / 32,6 / 7,2
Молекулярная масса, г/моль / плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	382,2 / 0,911	389,5 / 0,913
Показатель преломления при 50°C для насыщенных ув / ароматических ув	1,4689 / 1,5534	1,4750 / 1,5778

Высокое содержание ароматических углеводородов и смол являются существенным с точки зрения образования кокса на поверхности катализатора, поскольку тяжелая ароматика и смолистые соединения при высоких температурах крекинга практически полностью конденсируются с образованием кокса и обратимо дезактивируют катализатор, активность которого восстанавливается в процессе регенерации.

На рисунке 1 показано влияние группового состава сырья и температуры каталитического крекинга на отбор стабильного бензина, легкого газойля и кокса.

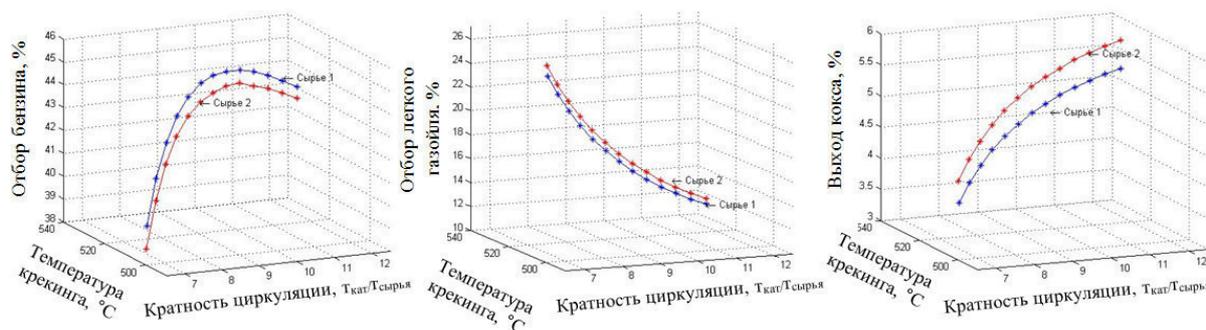


Рис. 1. Влияние состава перерабатываемого и температуры крекинга на отбор бензина и легкого газойля и кокса с применением математической модели процесса

Расчеты по модели показали, что при увеличении кратности циркуляции катализатора с 6,5 по 12,5  $\text{тн}_{\text{кат}}/\text{тн}_{\text{сырья}}$  при постоянной температуре катализаторного потока после регенерации (651,6 °С), температуре сырья (273,4 °С) и прочих равных условиях, температура крекинга возрастает с 500,0 до 535,0 °С, что оказывает существенное влияние на отбор светлых фракций с промышленной установки. Отбор бензиновой фракции при увеличении температуры крекинга проходит через максимум, при этом при переработке высокоароматизированного сырья (сырье №2) максимум выхода бензина сдвигается в область более высоких температур. Так, при переработке сырья №1 максимальный отбор бензиновой фракции выше и составляет – 44,7 % мас. при температуре крекинга 521,8 °С и кратности циркуляции катализатора 9,5  $\text{тн}_{\text{кат}}/\text{тн}_{\text{сырья}}$ . При переработке сырья №2 с большим содержанием ароматических углеводородов и смол максимальный выход бензиновой фракции ниже 44,0 % мас., но выше температура максимума по бензину составляет 524,83 °С. Отбор легкого газойля на всем интервале температур для двух типов сырья интенсивно снижается с 26,47 по 11,56 % мас. при переработке сырья №2 и с 25,61 по 11,1 % мас. при переработке сырья №1 соответственно в технологии каталитического крекинга. Кроме того, групповой состав сырья оказывает значительное влияние на выход кокса, а значит и степень дезактивации катализатора. Так, при переработке сырья с большим содержанием ароматических углеводородов выход кокса возрастает с 4,27 до 5,64 % мас.– для сырья №2 и с 3,93 до 5,18 % мас. – для сырья №1, которое характеризуется большим содержанием насыщенных углеводородов.

**Заключение.** Прогнозные расчеты с применением математической модели позволяют определить температуру крекинга, необходимую для достижения максимального отбора целевого продукта с учетом состава перерабатываемого сырья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доронин В.П., Липин П.В., Сорокина Т.П. Влияние условий проведения процесса на состав продуктов при традиционном и глубоком каталитическом крекинге нефтяных фракций. // Катализ в промышленности. – 2012. №1. – С. 27–32.
2. Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Назарова Г.Ю., Стебенева В.И., Шафран Т.А., Киселева С.В., Храпов Д.В., Короткова Н.В., Есипенко Р.В. Разработка кинетической модели процесса каталитического крекинга // Катализ в промышленности. – 2017. – Т. 17. – №6. – С. 477–486.