

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА СМЕСИ ВАКУУМНОГО ДИСТИЛЛЯТА И ОСТАТКОВ ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

А.А. Кислинская, Г.Ю. Назарова, Г.Р. Бурумбаева
 Научный руководитель – ассистент Г.Ю. Назарова

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

В виду потребности увеличения глубины переработки нефтяного сырья в технологии каталитического крекинга вовлекают тяжелые нефтяные фракции – остатки вторичных процессов переработки нефтяного сырья, экстракты, гачи, мазуты, гудроны и др. При переработке остаточного сырья, выход кокса в процессе значительно выше, чем при переработке вакуумных дистиллятов, что приводит к снижению активности катализатора и низкому выходу целевого продукта – бензиновой фракции.

Целью работы является разработка математической модели процесса каталитического крекинга смеси вакуумного дистиллята и остатков вторичных процессов нефтепереработки.

Математическая модель основана на формализованной схеме превращений углеводородов [1], при этом термодинамический анализ реакций с применением методов квантовой химии показал, что при технологических условиях про-

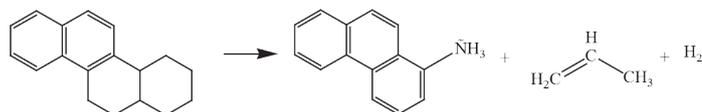


Схема 1.

$$\Delta_r H_{810}^0 = 169,53 \text{ кДж/моль}; \Delta_r G_{810}^0 = -119,68 \text{ кДж/моль}$$

цесса (равновесная температура сырья и катализатора 810 К) возможен крекинг нафтно-ароматических углеводородов с образованием би- и трициклической ароматики:

Математическая модель представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений материального и теплового балансов реагирующих веществ по времени контакта для реактора идеального вытеснения с начальными условиями $\tau=0, C_i=C_{i0}, T_0=T_{н.р.}$

$$\begin{cases} \frac{dC_i}{d\tau} = W_j \\ \rho_{см} c_{см} \frac{dT}{d\tau} = \sum_{j=1}^n (\pm \Delta H_j) W_j \end{cases}$$

где dC_i – изменение концентрации i -группы углеводородов, моль/л; τ – время контакта, с; W_j – скорость химической реакции; dT – изменение температуры $\Delta_r H_j^0$ – тепловой эффект химической реакции при температуре теплового равновесия сырья и катализатора, кДж/моль; $\rho_{см}, c_{см}$ – плотность и теплоемкость потока, кг/м³, кДж/кг • К; $T_{н.р.}$ – температура начала реакции, К.

Максимальная относительная погрешность (таблица 1) по отбору продуктов составляет не

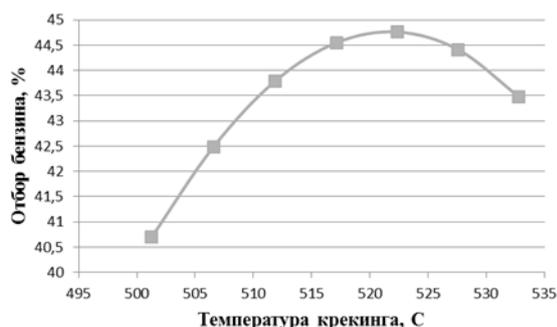


Рис. 1. Отбор по бензину в зависимости от температуры крекинга

Таблица 1. Расчетные и экспериментальные данные по выходу продуктов каталитического крекинга и групповому составу бензина

Поток	эксп.	расч.	Δ, отн.	Группа УВ в бензине	эксп.	расч.	Δ, отн.
бензин	44,04	44,63	1,33	н-парафины	7,32	7,45	1,78
легкий газойль	18,32	17,51	4,44	и-парафины	23,90	23,84	0,26
тяжелый	13,01	12,65	2,79	олефины	31,97	31,82	0,46
газ+рефлюкс	19,73	20,46	3,70	нафтены	10,74	11,15	3,83
кокс	4,76	4,76	0,00	ароматика	26,06	25,74	1,24

более 5,0 % мас., по групповому составу бензина крекинга – не более 4,0 % мас.

С применением математической модели процесса каталитического крекинга, возможно оценить влияние состава сырья, активности катализатора, технологического режима на температуру процесса, а соответственно состав и выход светлых фракций и кокса и осуществить подбор оптимальных параметров технологического режима. При этом важно учитывать, что при увеличении температуры процесса бензино-

вая фракция проходит через максимум в области 520–525 °С, вследствие увеличения скорости реакций крекинга углеводородов бензиновой фракции в компоненты жирного газа. При этом пик по выходу бензина изменяется при изменении состава перерабатываемого сырья, что необходимо учитывать при оптимизации процесса.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МД-4620.2018.8

Список литературы

1. 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. // *Катализ в промышленности*, 2017.– 17(6).– С.477–486.

О НЕАДДИТИВНОСТИ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА БЕНЗИНОВ

М.С. Костень, М.В. Киргина

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.В. Киргина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, kosten.ms@ya.ru*

Товарные автомобильные бензины, получаемые в результате сложных многостадийных процессов компаундирования по заданным рецептурам смешения, являются приоритетным продуктом нефтеперерабатывающих заводов, ввиду неизменной востребованности на рынке.

Однако к товарным бензинам предъявляются жесткие требования по целому ряду параметров, причем несоответствие хотя бы по одному из них запрещает реализацию полученного продукта, то есть ведет к потере сырьевых и временных ресурсов предприятия.

Во избежание подобных ситуаций используются методики прогнозного расчета свойств товарных бензинов, которые позволяют просчитать параметры товарного бензина до начала его производства.

Одной из важных, нормируемых в [1] характеристик товарных бензинов является испаряемость, характеризующая, в частности, фрак-

ционным составом. Как было отмечено ранее, прогнозный расчет фракционного состава товарных бензинов позволит своевременно скорректировать рецептуры смешения для предотвращения получения неликвидных продуктов.

Данная работа посвящена расчетному определению фракционного состава смесей компонентов и определению наиболее точного метода расчета.

К сравнению предлагаются аддитивный метод, предполагающий наличие экспериментально определенных фракционных составов для каждого из смешиваемых компонентов, и программный метод, использующий для расчета данные об индивидуальном углеводородном составе компонентов, реализованный в программном комплексе «Compounding».

Для выполнения работы были закуплены

Таблица 1. Перечень исследуемых образцов

№ образца	Компания дистрибьютор	Марка
Образец 1	ПАО «Газпром нефть»	АИ-95
Образец 2	ПАО «Лукойл»	АИ-95
Образец 3	ПАО НК «Роснефть»	АИ-95

Таблица 2. Составы исследуемых смесей

Название	Объемные доли, % об.		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Смесь 1	50	–	50
Смесь 2	–	50	50
Смесь 3	50	50	–
Смесь 4	–	30	70