

600-кратном увеличении видно, что молекулы парафинов значительно уменьшились в размере после введения присадки №3, структура нефти изменилась.

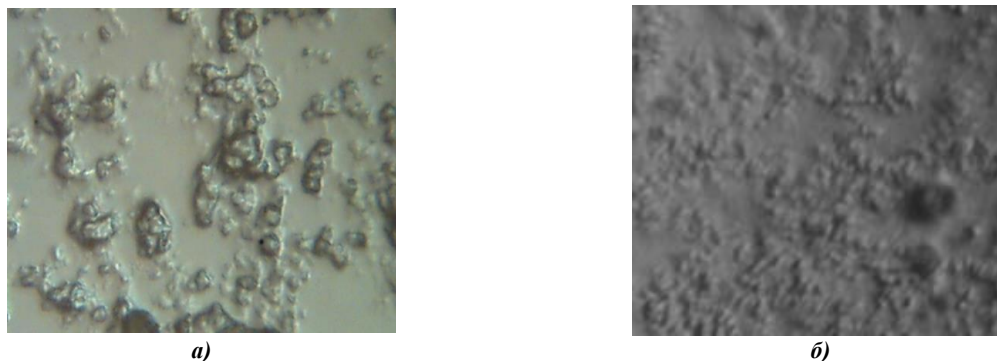


Рис. 3 Микрофотография исследуемой нефти: а) исходная нефть; б) нефть с присадкой №3

Таким образом, по полученным результатам исследования следует, что разработанная присадка №3 обладает наименьшими ингибирующими свойствами, чем другие присадки, возможно из-за состава многофазной нефтяной системы, поскольку каждая нефть индивидуальна по своему составу трудно точно спрогнозировать эффективность действия присадки. Они подбираются индивидуально для каждого месторождения в зависимости от его свойств. Однако присадка №3 обладает достаточно выраженными депрессорными свойствами. Поэтому присадка такого типа композиции может быть рекомендована к применению для близких по составу исследуемой нефтям.

Литература

- 1 Макаревич В.Н., Искрицкая Н.И., Богословский С.А. РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – Т.7. – №3. – 16 с.
- 2 Миллер В.К. Комплексный подход к решению проблемы асфальтосмолопарафиновых отложений из высокообводненных нефтей (на примере нефтей месторождений Удмуртии). М: 2016, 196 с.
- 3 Шадрин П.Н. Совершенствование технологий борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями на нефтепромысловом оборудовании месторождений высоковязких нефтей: Автореферат. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Уфа, 2017 г. – 145 с.
- 4 Юдина Н.В., Лоскутова Ю.В., Бешагина Е.В. Состав и реологические свойства асфальтосмолопарафиновых отложений // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 2. – с. 69–71.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ЭТАН – ПРОПАНОВОЙ ФРАКЦИИ

Чернышов М.Н.

Научный руководитель - доцент И.М. Долганов

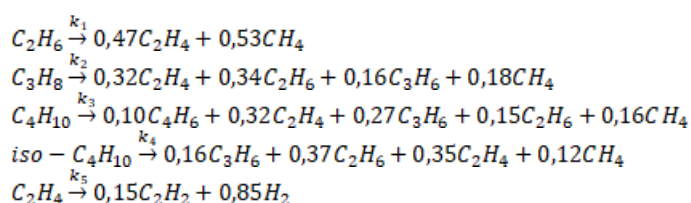
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В промышленных отраслях нефтегазопереработке и нефтехимии осуществляется огромное разнообразие процессов, среди которых большой спрос представляют тепловые процессы. Пиролиз углеводородного сырья является одним из главных процессов нефтехимии, который позволяет получать непредельные углеводороды.

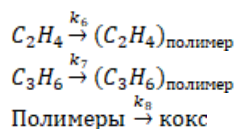
Одной из основных проблем пиролиза является образование побочного продукта - кокса. С отложением кокса увеличивается толщина сечения трубы, что в свою очередь ведёт к увеличению скорости потока газов, снижению теплопередачи и многих других проблем, которые негативно влияют на экономику процесса пиролиза.

При решении проблемы по выбору оптимального режима работы, в качестве решения проблемы выступает создание детерминированной математической модели, которая позволяет сформулировать наилучшую стратегию оптимизации за счет многостороннего анализа [2].

При разработке модели была создана схема из 8 реакций, в которых участвуют 13 веществ. В основе схемы лежит кинетическая модель, предложенная Жаровым Ю.М., в которой 7 реакций и 12 веществ, но в данную схему добавлена реакция образования из побочных полимеров кокса [1].



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



С учетом того, что представленная модель и основывается на достаточно упрощенной схеме реакций, она, всё же, дает возможность получать расчётные данные изменения концентраций различных компонентов в зависимости от времени и температуры.

Динамику изменения концентраций компонентов, входящих в систему мы можем описывать с помощью дифференциальных уравнений, во времени, что и осуществляется в данной модели [2]:

$$\frac{dC_k}{d\tau} = \sum a_{i,j} \cdot k_j \cdot C_i$$

где C_i, C_k – концентрация компонента i, k , моль/л, τ – время контакта, с, $a_{i,j}$ – стехиометрический коэффициент компонента i в реакции j .

Основная цель данной модели рассчитывать изменение концентрации кокса, а также толщину его отложения на стенках змеевика в зависимости от времени суток [3].

$$\frac{dC_{\text{кокса}}}{d\tau} = K_8 C_{\text{кокса}} - \exp(0,023 \cdot C_{\text{кокса}} - 1) \cdot G^{0,8} \cdot (D - 2 \cdot \delta)^{-1,8}$$

где G – массовый расход сырья, кг/с, D – диаметр трубки, мм, δ – толщина отложений кокса, мм.

Как мы уже увидели ранее, давление процесса используется для расчета константы скорости реакции и для повышения адекватности расчетов нужно учитывать потери напора из-за гидродинамического сопротивления [2]:

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d_w} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot \rho}$$

где λ – коэффициент сопротивления, w – линейная скорость потока, м/с, ρ – плотность потока смеси, кг/м³, l – длина змеевика, мм, d_w – внутренний диаметр змеевика, мм.

Полученная модель была протестирована с помощью набора входных данных о этан – пропановой фракции в составе парогазовой смеси.

Сырье для процесса пиролиза представляет собой парогазовую смесь, таким образом в типовой модели учитывается полный состав компонентного сырья, представленный в таблице 1.

Таблица 1

Состав парогазовой смеси на входе

Компоненты	количество		доля	Температура, К
	кг/ч	кмоль/ч	массовая	
H_2O	2500	138,89	0,2	1098
C_2H_4	137,5	4,91	0,011	
C_2H_6	1875	62,5	0,15	
C_3H_8	6975	158,52	0,558	
C_4H_{10}	625	10,76	0,05	
<i>iso</i> – C_4H_{10}	387,5	6,68	0,031	
Итого	12500	382,26	1	

Анализ процесса пиролиза заключался в исследовании периода работы модели 42 – х дней, были получены результаты, описывающие толщину накопления кокса на стенках труб реактора пиролиза, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Состав продуктов

Компоненты	Концентрация, моль/л	Толщина отложения кокса, мм	Температура, K	Перепад давления, кПа
C_2H_6	0,0209	0,0002258	1135	265
C_2H_4	0,1158			
CH_4	0,1226			
C_3H_8	0,0027			
C_3H_6	0,0349			
C_4H_{10}	0,0005			
C_4H_6	0,0022			
$iso - C_4H_{10}$	$1,78 \cdot 10^{-13}$			
C_2H_2	0,0011			
H_2	0,0063			
$(C_2H_4)_{\text{полимер}}$	0,0327			
$(C_3H_6)_{\text{полимер}}$	0,0125			
C	0,1720			

Таким образом созданная модель позволяет анализировать влияние входных параметров, а именно концентрации, массовые доли входных веществ, расход парогазовой смеси и температуры на выход целевых продуктов, а также отслеживать скорость отложения кокса на стенках труб змеевика.

Литература

- 1 Жаров Ю.М. Моделирование физико – химических процессов нефтепереработке и нефтехимии. – М.: Химия, 1978. – 376 с.
- 2 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. / А.Г. Касаткин. – М.: «ИД Альянс», 2009. – 753 с.
- 3 Самедов Ф.А., Морозов А.Ю., Самойлов Н.А., Просочкина Т.Р. Математическое моделирование нестационарного процесса пиролиза углеводородов // Нефтехимия. 2019. № 2. С. 143-151.