

насыщаемость ($50,99 \text{ г/см}^3$) высокомолекулярными соединениями. Газовый конденсат показал среднюю степень растворения, гуминовая кислота – низкую (рис. 1).

Также провели второй эксперимент, в котором объем образцов был немного больше, чем в первом эксперименте, и увеличили время контакта растворителя с отложениями (рис. 2).

По итогам второго эксперимента выяснили, что насыщаемость у газового конденсата ($218,51 \text{ г/см}^3$) больше, чем у керосина ($199,73 \text{ г/см}^3$), что говорит о том, что два типа данных растворителей можно использовать при работе с данным типом осадка. С увеличением массы осадка увеличивается время растворения именно для гуминовой кислоты. Для полного растворения осадка понадобился 1 час, тогда как другие соединения удалили отложения за 30 минут.

В ходе данной работы было установлено, что наиболее эффективными растворяющими способностями обладает керосин. Но по значе-

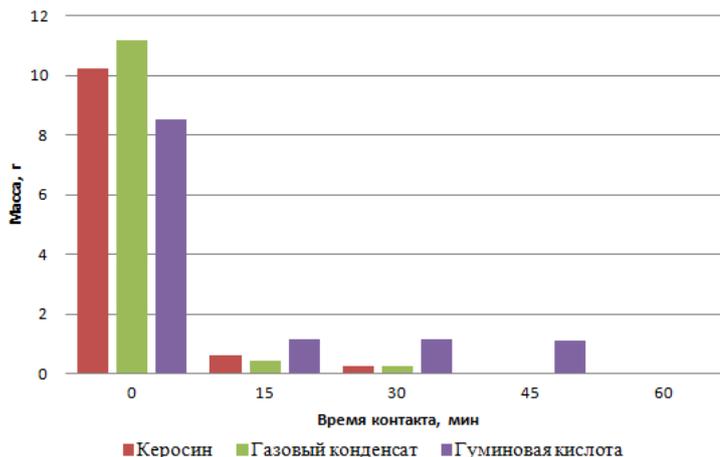


Рис. 2. Зависимость времени контакта от массы осадка при проведении второго эксперимента

ниям насыщаемости растворителя высокомолекулярными соединениями можно увидеть, что газовый конденсат тоже обладает достаточно хорошими растворяющими способностями. Эффективность керосина в качестве растворителя лучше примерно на 10%, чем у газового конденсата. Гуминовая кислота показала самые низкие показатели при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Агаев С.Г., Землянский Е.О., Гултыяев С.В., Яковлев Н.С. Парафиновые отложения в условиях добычи нефти и депрессорные присадки для их ингибирования // Журнал прикладной химии, 2006. – №8. – Т.79. – С.1373 – 1378.
2. Мальшев А.Г. Выбор оптимальных способов борьбы с парафинообразованием / А.Г. Мальшев, Н.А. Черемисин, Г.В. Шевченко // Нефтяное хозяйство, 1997. – №9. – С.62–69.

РАЗРАБОТКА ФОРМАЛИЗОВАННОЙ СХЕМЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ЦЕОФОРМИНГА Н-ПЕНТАНА

Н.С. Багдасарян, А.А. Алтынов, М.В. Киргина
 Научный руководитель – аспирант А.А. Алтынов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, 10030077@mail.ru

Перспективным процессом получения компонентов автомобильных бензинов из легкого углеводородного сырья, в частности, из стабильных газовых конденсатов, является цеоформинг [1].

Цеоформинг обеспечивает повышение детонационной стойкости бензина, при этом, в отличие от каталитического риформинга, стано-

вится возможным отказаться от дорогостоящего платинового катализатора и циркуляции водородсодержащего газа.

В настоящее время в нефтеперерабатывающей промышленности все более актуальным становится использование математических моделей производств на физико-химической основе. Для построения математической модели

Таблица 1. Термодинамические и кинетические характеристики некоторых реакций цеоформинга н-пентана

№	Реакция	ΔG , кДж/моль	K_0 , с ⁻¹
Крекинг			
1	н-пентан = метан + бут-1-ен	-1,10	$2,62 \cdot 10^{19}$
2	н-пентан = метан + бут-2-ен	-10,41	$1,56 \cdot 10^{19}$
3	н-пентан = метан + изобутилен	-10,80	$1,32 \cdot 10^{19}$
Изомеризация			
4	н-пентан = изопентан	-0,98	$1,09 \cdot 10^{13}$
Перераспределение водорода в олефинах			
5	3 бутен = бензол + парафины	-236,28	$1,33 \cdot 10^{15}$
6	4 бутен = бензол + парафины	-243,39	$1,02 \cdot 10^{10}$
7	3 бутен = толуол + парафины	-254,69	$1,03 \cdot 10^{16}$
8	4 бутен = бензол + парафины	-261,80	$7,94 \cdot 10^{10}$
9	3 бутен = ксилол + парафины	-243,54	$3,68 \cdot 10^{14}$
10	4 бутен = ксилол + парафины	-252,96	$1,18 \cdot 10^9$

цеоформинга необходимы знания химизма процесса, то есть основных протекающих реакций, а также знание термодинамических и кинетических параметров данных реакций.

Одним из основных углеводородов в составе стабильных газовых конденсатов является н-пентан, его доля составляет в среднем от 15 до 25 % об. В связи с чем, целью данной работы является разработка формализованной схемы превращений веществ в процессе цеоформинга н-пентана.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

1) проведен анализ данных хроматографического анализа продуктов цеоформинга н-пентана;

2) составлен список теоретических возможных реакций;

3) для сформированного списка реакций осуществлен расчет термодинамических параметров и кинетических параметров (предэкспоненциального множителя) в программном пакете Gaussian (GaussianView 3.0) [2].

Расчет осуществлялся при условиях реализации цеоформинга: температура – 648 К (375 °С), давление – 25 атм. (2,5 МПа).

Список литературы

1. Алтынов А.А., Богданов И., Белинская Н.С., Попок Е.В., Киргина М.В. // *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*, 2019. – №2. – С.217–242.
2. Ochterski J.W. *Thermochemistry in Gaussian. Gaussian / 2000, – P.19.*

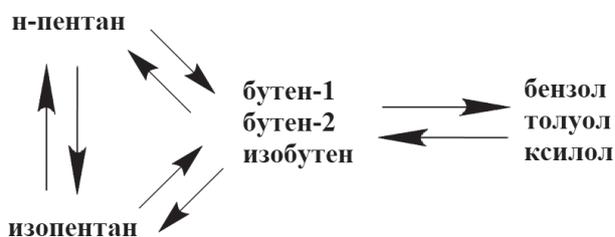


Рис. 1. Формализованная схема превращений веществ в процессе цеоформинга н-пентана

Формализованная схема превращений веществ в процессе цеоформинга н-пентана представлена на рисунке.

В разработанную формализованную схему превращения веществ входят основные реакции процесса такие, как крекинг и изомеризация н-пентана, также перераспределение водорода в олефинах с получением ароматических соединений.

В Таблице представлены результаты расчета термодинамических и кинетических параметров для некоторых реакций цеоформинга н-пентана, а именно энергии Гиббса (ΔG) и предэкспоненциального множителя (K_0).

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации № МК-351.2020.3.