

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВОВЛЕЧЕНИЯ ГУДРОНА И ПРОДУКТОВ ЕГО ДЕАСФАЛЬТИЗАЦИИ В ПРОЦЕСС КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Эффективная переработка тяжелых нефтепродуктов в индустриальном обществе является одним из главных способов улучшения экологии в мире. Процесс каталитического крекинга FCC позволяет увеличить глубину переработки нефти, так как предназначен для получения дополнительного количества легкокипящих углеводородов из более высококипящих. Однако переработка таких тяжелых продуктов сильно ограничена характеристиками сырья и катализатора. Несмотря на это, ведутся исследования по возможности переработки в процессе крекинга: пиролизного масла, нефтяного битума, отработанных масел и др. продуктов [1–4].

В настоящем исследовании поставлено две задачи:

- оценить показатели качества альтернативного сырья в процессе каталитического крекинга FCC: гудрона и деасфальтизата (ДА);
- провести анализ выход продуктов каталитического крекинга при утяжелении сырья.

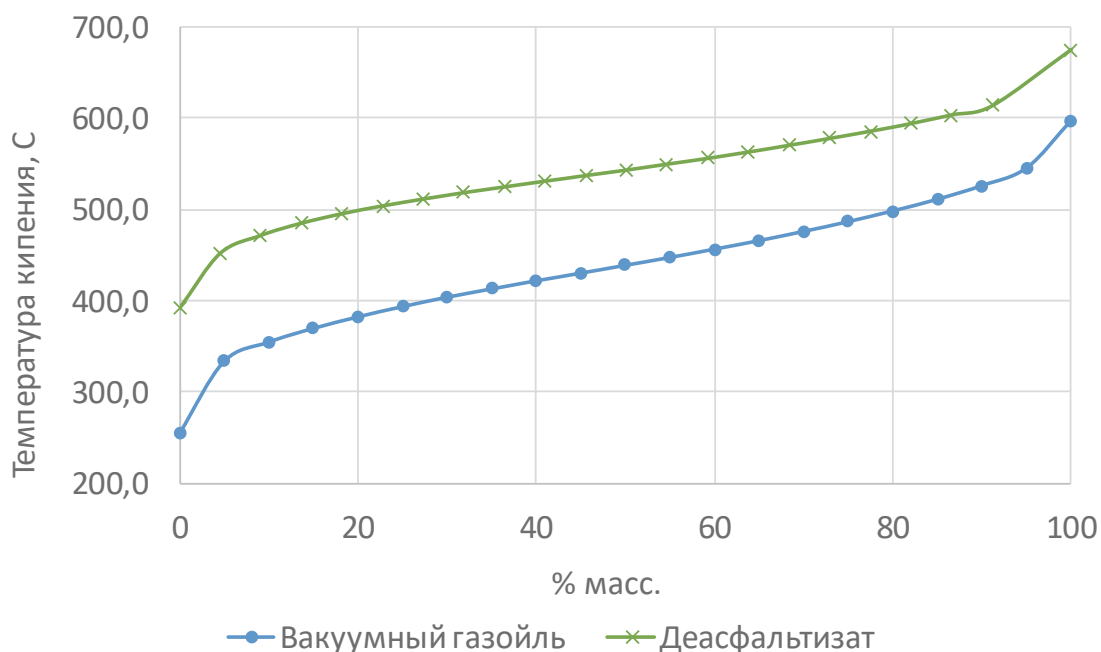
Для определения основных показателей качества сырьевых компонентов использована классификация сырья каталитического крекинга, представленная в [5]. Физико-химический анализ ряда высококипящих нефтепродуктов, в частности, гудрона (см. табл. 1), показал, что последний имеет высокое содержание металлов, которые негативно влияют на процесс каталитического крекинга, отравляя катализатор [6].

**Таблица 1 – Физико-химические характеристики потенциального сырья крекинга**

Сырьевой компонент	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Коксуемость, мас. %	Содержание S, масс. %	Содержание Ni, г/т	Содержание V, г/т
Вакуумный газойль	913,06	0,3	2,72	<< 10	<< 10
Деасфальтизат	921,43	0,9	2,34	<< 10	<< 10
Гудрон	981,20	13,1	2,38	30	50

Поэтому в данной работе использовали смесь вакуумного газойля (ВГ) и гудрона в массовом соотношении 4:1 соответственно.

Оценка фракционного состава вакуумного газойля и деасфальтизата проведена на газовом хроматографе Agilent 7890В с использованием специального программного обеспечения AC SimDis (рис. 1). По результатам анализа можно говорить о более низких температурах выкипания отдельных фракций первого продукта.



**Рисунок 1 – Фракционный состав сырья крекинга**

Групповой анализ вакуумного газойля и деасфальтизата представлен в таблице 2. Результаты показывают высокую долю парафино-нафтенной части деасфальтизата, несмотря на значительное увеличение температуры кипения продукта.

**Таблица 2 – Групповой состав сырья крекинга**

Наименование класса	ВГ	ВГ: гудрон (4:1 масс.)	ДА
Парафино-нафтеновые углеводороды	33,0	25,0	31,0
Моноциклические арены	29,5	33,7	36,2
Полициклические арены	37,5	41,3	32,8
сумма	100,0	100,0	100,0

Крекирование исследуемых образцов проведены на установке ACE R+ при температуре 530 °C, режим псевдооживления создавался с помощью азота. Массовое соотношение катализатор/сырье равно 6. Результаты крекинга представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Выход продуктов каталитического крекинга**

Наименование	ВГ	ДА	ВГ:гудрон (4:1)
Степень конверсии, %	73,9	79,0	74,3
Кокс	6,8	8,0	9,0
Сухой газ, в т.ч.	2,0	2,0	2,1
Водород	0,096	0,103	0,096
Метан	0,7	0,7	0,8
Этан	0,5	0,5	0,5
Этилен	0,7	0,7	0,7
Фракция C <sub>3</sub> , в т.ч.	7,1	7,6	6,4
Пропан	1,3	1,3	1,3
Пропилен	5,7	6,3	5,2
Фракция C <sub>4</sub> , в т.ч.	11,5	12,6	10,4
н-Бутан	1,0	1,0	0,9
Изобутан	4,5	4,7	4,0
Бутен-1	1,3	1,4	1,2
Бутен-2	3,1	3,5	2,8
Изобутилен	1,6	2,0	1,5
Бензин (C <sub>5</sub> –210 °С)	46,5	48,7	46,4
Фракция 210–340 °С	16,9	14,7	17,1
Фракция > 340 °С	9,2	6,4	8,6
Выход продуктов, масс. %	100,0	100,0	100,0

В ходе экспериментов, установлено, что крекинг продуктов пропановой деасфальтизации дает высокий выход бензиновой фракции и легких углеводородов, что делает перспективным его использование в качестве сырья каталитического крекинга II типа (не требующего предварительной подготовки). При крекинге деасфальтизата наблюдается наименьший выход фракций, выкипающих выше 210 °С, в сравнении с вакуумным газойлем и смесью ВГ-гудрон. В то же время выход кокса на деасфальтизате выше, чем на вакуумном газойле. Групповой анализ этих сырьевых компонентов показал, при близких значениях концентрации парафино-нафтеновых углеводородов, более высокое содержание моноциклических аренов в деасфальтизате. Этот класс углеводородов может принимать участие в реакциях расщепления наряду с парафинами за счет наличия длинных боковых цепей. Гудрон не может использоваться в чистом виде, однако его добавка к вакуумному газойлю в количестве до 20 % масс. позволяет охарактеризовать этот продукт как сырье II типа.

Исследования выполнены на базе оборудования Научного образовательного центра FCC и Центра наукоемких химических технологий и физико-химических исследований Пермского национального исследовательского политехнического университета, рег. номер: 354089.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Siau Ng et al. Comparison of catalytic cracking performance between riser reactor and microactivity test (MAT) unit / Ng Siau, Yang Hong, Wang Jinsheng, Zhu Yuxia, Fairbridge Craig, Yui Sok // *Energy and Fuels*. 2001. Vol. 15, № 4. P. 783–785.

2. Ancheyta J., Rodríguez S. Results of processing VGO-LCO blends in a fluid catalytic cracking commercial unit / J. Ancheyta, S. Rodríguez // *Energy and Fuels*. 2002. Vol. 16, № 3. P. 718–723.

3. Haruna A.M., Meredith W., Snape C.E. Synergistic effect in co-processing a residue from a transesterification process with vacuum gas oil in fluid catalytic cracking / A.M. Haruna, W. Meredith, C.E. Snape // *Fuel*. Elsevier Ltd, 2022. Vol. 327, P. 124973–124983.

4. Липин П.В. и др. Совместный крекинг вакуумного газойля на цеолитсодержащих катализаторах различного / П.В. Липин, О.В. Потепенко, Т.П. Сорокина, В.П. Доронин // *Современные молекулярные сита.* – 2022. – Т.4, №2. – С. 76–85.

5. Лихтерова Н.М. Технология глубокой переработки нефти. Ч.1. Термокаталитические процессы / Н.М. Лихтерова. – М., МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2004. – 64 с.

6. № 2624443 С2. Российская Федерация. Катализатор для каталитического крекинга углеводородов / Хаяси С., Аракава С., Сакаи С. // URL:<https://www.fips.ru/cdfi/fips.dll/ru?ty=29&docid=2624443> (Дата обращения: 29.09.2023). – 2013.

УДК 504.064.2

**Белов Д.А.**

(Тюменский индустриальный университет)

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Нефтегазовая промышленность на протяжении многих лет вносит большой вклад в мировую экономику, являясь ценным источником энергии для транспорта, производства и других аспектов современной