

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЦИКЛА ГАЗОВ КАК СПОСОБ СНЯТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ

УДК 665.644

**Е.А. ЗЕЛЕНСКАЯ****И.С. ЗАВАЛИНСКАЯ****П.А. ПЕТРЕНКО****Д.Е. ГОНЧАРОВ****И.В. МАЛИКОВ**

инженер ЗАО «НИПИ «ИнжГео», аспирант Кубанского государственного технологического университета к.х.н., доцент Кубанского государственного технологического университета  
аспирант Кубанского государственного технологического университета  
студент Кубанского государственного технологического университета  
студент Кубанского государственного технологического университета

Краснодар  
zelenskayaEA@injgeo.ru

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

окислительная регенерация, цеолитсодержащий катализатор, облагораживание низкооктановых бензинов, рецикл газов регенерации

Реактивация катализаторов процессов глубокой переработки нефтяного сырья является неотъемлемой частью технологического процесса, зачастую определяющей его экономические и экологические показатели. Использование рецикла части отходящих газов регенерации позволяет снизить количество токсичных продуктов неполного окисления коксовых отложений катализатора при незначительных капитальных затратах на организацию данной операции.

Ужесточение технико-экономических и экологических требований к производственным процессам глубокой переработки нефти обуславливает необходимость поиска путей создания технологий, приближающихся к малоотходным. Одним из путей создания таких процессов является совершенствование способов реактивации отработанных контактов.

Большое значение имеет состав газов регенерации катализаторов, как источник негативного воздействия на окружающую среду в промышленно развитых регионах. Поэтому снижение количества токсичных компонентов в отходящих газах при глубокой переработке нефти весьма актуально. Основной целью настоящего исследования является исследование и подбор технологических параметров и оборудования установки окислительной регенерации для создания основ технологии со сниженным энергопотреблением и улучшенными технико-экологическими характеристиками стадии окислительной регенерации катализаторов облагораживания топливных фракций\*.

Исследовались высококремнеземные цеолиты семейства пентасил с содержанием модифицирующих металлов (Fe, Mn, Zn) от 0,2 до 0,5% массовых. Силикатные модули цеолитов 35, 60 и 93. В качестве модификаторов также использовали органические соединения с развитой системой ароматический сопряжений.

Активность катализаторов и определение их межрегенерационного пробега исследовался на оригинальных лабораторных установках проточного типа со стационарным слоем катализатора при 350 °С и атмосферном давлении для металлосодержащих катализаторов, при 100 °С для образцов,

модифицированных органическими соединениями, при объемной скорости подачи сырья 1-4 ч<sup>-1</sup>. Регенерация катализаторов проводилась на лабораторных установках двумя способами: прямая регенерация – при однократном пропускании окислительной смеси, и регенерация с рециклом части отходящих с установки газов с кратность рецикла от 10 до 70 %. Параметры регенерации: давление атмосферное, температура 500-550 °С для катализаторов, модифицированных металлами и 200-250 °С для катализаторов, модифицированных органическими соединениями.

Качественный состав жидких и газообразных продуктов, полученных на исследованных катализаторах, анализировался хроматографическим методом. В качестве методов физико-химического анализа катализаторов использовали дериватографию и сканирующую электронную микроскопию. Для определения габаритных размеров и технологических параметров работы реактора и регенератора установки облагораживания низкооктановых бензиновых фракций применяли общепринятые расчетные методики [1, 2].

При расчете состава отходящих из регенератора газов использовали полученные экспериментальные значения для масштабирования и моделирования параметров его работы, приведенные в [3,4]. Для установки каталитического облагораживания бензиновых фракций в стационарном слое цеолитсодержащего катализатора производительностью 320 т/сутки бензина с концом кипения 180 °С рассчитанные габаритные размеры регенератора составляют: высота 5,2 м, диаметр 2 м.

В таблице 1 приведены данные по компонентному составу газов регенерации, при

регенерации с рециклом (50 % отходящих газов) и без рецикла.

Расчеты показывают, что рецикл газов несколько (с 14,061 до 17,843 м<sup>3</sup>/кг) увеличивает суммарный объем проходящих через регенератор газов. Между тем, качественный состав этих газов меняется в лучшую сторону. Объем выходящего с установки монооксида углерода снижается с 0,62 до 0,39 м<sup>3</sup>/кг. Данное значение можно корректировать кратностью рецикла, как это видно из рисунка 1. Оптимальная кратность рецикла, обеспечивающая весомое снижение количества продуктов неполного сгорания коксовых отложений без существенного увеличения газового потока через слой катализатора находится в пределах 40-60 %. Кроме того, в большинстве исследуемых катализаторов при использовании рецикла продолжительность стадии регенерации снижалась на 10-12 % по сравнению с прямой регенерацией. Данный факт объясняется образованием на стадии регенерации небольшого количества (около 5 % масс., см. таблицу) паров воды, обеспечивающих «отпаривание» кокса с поверхности катализатора.

Экономические затраты на покупку компрессионного оборудования для создания рецикла газов и его энергообеспечение составят порядка 156942,4 рублей (для примера взят винтовой компрессор фирмы ZAMMER Technology (Великобритания) с ременным приводом, обладающий необходимыми техническими характеристиками). При использовании рецикла обеспечивается снижение ущерба, подлежащего компенсации, за загрязнение атмосферы, на 36,4 % (расчет для кратности рецикла 50 %), за счет уменьшения количества монооксида ►

\* Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Компоненты	Прямая регенерация			Регенерация с рециклом		
	Кол-во газов при сгорании 1 кг кокса		Состав газов, % масс.	Кол-во газов, при сгорании 1 кг кокса		Состав газов, % масс.
	м <sup>3</sup> /кг	кг/кг		м <sup>3</sup> /кг	кг/кг	
CO <sub>2</sub>	1,230	2,420	13,17	1,730	3,400	14,43
CO	0,620	0,770	4,19	0,390	0,490	2,08
N <sub>2</sub>	8,809	11,004	59,91	11,3	14,13	59,95
O <sub>2</sub>	2,304	3,292	17,92	2,956	4,223	17,92
Σ сухих газов	12,963	17,486	95,19	16,376	22,243	94,39
H <sub>2</sub> O	1,098	0,882	4,81	1,647	1,323	5,61
Σ влажных газов	14,061	18,368	100	18,023	23,566	100

Таб.1. Состав газов регенерации

углерода, относящегося к 4 классу опасности. Учитывая тенденцию к ужесточению санкций по загрязнению окружающей среды, данный аспект приобретает определенный вес.

Таким образом, использование рецикла части отходящих газов при регенерации катализаторов облагораживания бензиновых фракций имеет следующие преимущества перед прямой окислительной регенерацией: процесс протекает интенсивнее и за более короткий временной интервал; рецикл способствует уменьшению количества токсичных компонентов в составе отходящих с установки газов; снижается температура окислительной смеси за счет экзотермического эффекта при вторичном окислении CO в CO<sub>2</sub>.

Это позволяет уменьшать энергетические затраты на подогрев регенерационного газа и увеличивать содержание в нем кислорода. Относительно невысокие капитальные затраты на организацию данной операции позволяют сделать вывод о том, что использование рецикла части газов, отходящих из регенератора в каталитических процессах глубокой переработки нефти является конкурентоспособным инженерно-техническим решением.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Жоров Ю.М. Моделирование физико-химических процессов нефтепереработки и

нефтехимии / Ю.М. Жоров. – М.: Химия, 1978. – 376 с.

2. Гусейнов Д.А., Спектор Ш.Ш., Вайнер Л.З. Технологические расчеты процессов переработки нефти. Изд. М.: Химия, 1964, 310 с.

3. Завалинская И.С., Петренко П.А., Зеленская Е.А., Колесников А.Г. Особенности коксообразования на цеолитсодержащих катализаторах облагораживания бензиновых фракций. Газовая промышленность, 2011, №5, с. 82-83.

4. Зеленская Е.А., Завалинская И.С., Петренко П.А. Разработка технологии окислительной регенерации катализаторов с рециклом отходящих газов. Нефтяное хозяйство, 2011, №5, с. 2-4.

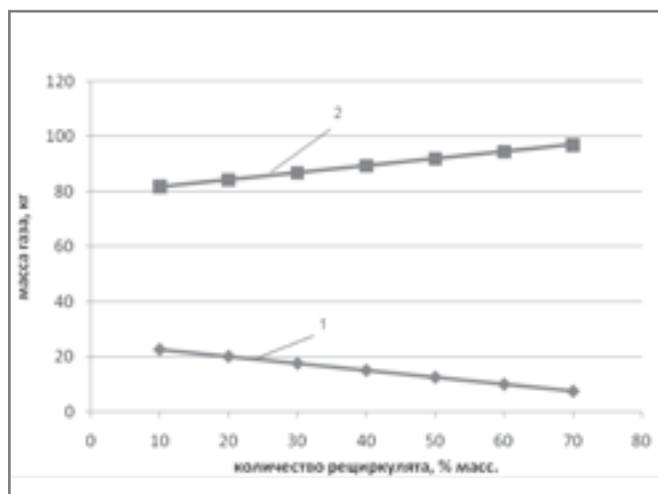


Рис. 1. Зависимость содержания газов от кратности рецикла; 1 – CO, 2 – CO<sub>2</sub>.

## ■ ВЫСТАВКА

19-21 октября

У международная специализированная выставка

# Нефтедобыча. Нефтепереработка. Химия

- ♦ Геология и геофизика нефтегазодобычи
- ♦ Бурение скважин. Нефтегазодобыча
- ♦ Хранение и переработка нефтегазового сырья
- ♦ Системы транспортировки нефтегазовых продуктов
- ♦ Оборудование для нефтегазового комплекса

- ♦ Химические материалы, процессы и аппараты для нефтехимического производства
- ♦ Промышленная безопасность и экология нефтехимического и нефтегазового комплекса



**ЭКСПО-ВОЛГА**  
организатор выставок с 1986 г.

г. Самара, ул. Мичурина, 23а  
тел.: (846) 279-07-08, 270-34-05

oil@expo-volga.ru  
www.gasoil-expo.ru