

УДК 665.733

*Подоплелов Евгений Викторович,**к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Машины и аппараты химических производств»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: uch_sovet@angtu.ru**Качан Константин Петрович,**студент ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»**Петрова Мария Олеговна,**студентка, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»***ОБ АКТУАЛЬНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО
РИФОРМИНГА***Podoplelov E.V., Kachan K.P., Petrova M.O.***ON THE RELEVANCE OF CATALYTIC REFORMING INSTALLATION
MODERNIZATION**

Аннотация. В работе рассмотрены варианты технологического оформления процесса каталитического риформинга, показано, что перевод установки каталитического риформинга с периодической регенерацией катализатора на непрерывную регенерацию катализатора позволит повысить октановое число риформата, получить водородсодержащий газ с более высоким содержанием водорода, а также позволит контролировать количество катализатора, не прибегая к остановке рабочего процесса.

Ключевые слова: каталитический риформинг, октановое число, риформат, катализатор.

Abstract. The paper discusses options for the technological design of the catalytic reforming process and shows that switching from a catalytic reforming unit with periodic catalyst regeneration to a continuous catalyst regeneration unit can increase the octane number of the reformat, produce hydrogen-containing gas with a higher hydrogen content, and allow for the control of the catalyst quantity without stopping the process.

Keywords: catalytic reforming, octane number, reformer, catalyst.

Основным приоритетом нефтеперерабатывающих компаний является увеличение объема производства нефтепродуктов, глубины переработки, а также расширение ассортимента выпускаемой продукции и улучшение её качества. Решение многих задач, связанных с увеличением доли переработки сернистых, высокосернистых и высокопарафинистых нефтей, что является актуальным в настоящее время, требует применения новых технологических процессов, а также модернизации существующих установок по переработке нефти. Для повышения качества нефтепродуктов в нефтепереработке активно применяются вторичные процессы, в частности, алкилирование, изомеризация, каталитический риформинг, каталитический крекинг и гидроочистка.

Процесс каталитического риформинга – это процесс производства высокооктановых компонентов автомобильных бензинов и ароматических углеводородов. Особое значение имеет и тот факт, что на некоторых

производствах показатели по риформированию достигают достаточно высоких значений от 17 до 24 % от мощностей всей первичной переработки, а если сравнивать в среднем по России, то это значение составляет около 11 % от мощности по первичной переработке.

В настоящее время на нефтеперерабатывающих заводах активно модернизируют установки каталитического риформинга. Модернизация заключается в изменении технологического режима, в частности, снижении давления. Это делается для улучшения качества бензина и получения продукта с октановым числом 98-100 (по исследовательскому методу), а также в связи с повышением экологических требований к качеству бензинов (в 2008 г. в России утвержден специальный технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту»), которые диктуют отказ от ис-

пользования канцерогенного тетраэтилсвинца и снижение содержания бензола до 1 %

об., а в целом ароматических соединений до 35% об. (таблица 1).

Таблица 1 – Требования к автомобильным бензинам по техническому регламенту

Показатели	Евро-2	Евро-3	Евро-4	Евро-5
Содержание бензола, % масс., мах	1,00	1,00	1,00	1,00
Массовая доля серы, мг/кг, не более	500	150	50	10
Содержание ароматических углеводородов, % об., не более	42	42	35	35
Содержание олефиновых углеводородов, % об., не более	18	18	18	18
Содержание кислорода, % масс., не более	2,7	2,7	2,7	2,7
Концентрация свинца, мг/дм ³	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.
Наличие моющих присадок	обязательно	обязательно	обязательно	обязательно
Октановое число				
- по исследовательскому методу, не менее	92	95	95	95
- по моторному методу, не менее	83	85	85	85

При этом непрерывно осуществляется поиск способов модернизации уже действующих производственных установок каталитического риформинга и наибольшую актуальность приобретает оптимизация работы реакторов.

Технологическое оформление процесса каталитического риформинга определяется режимом проведения регенерации катализатора. Подавляющее большинство установок риформинга в мире (около 1500) реализуют три типа технологий [1]:

1. С периодической регенерацией катализатора (со стационарным слоем);
2. Циклический тип технологии;
3. С непрерывной регенерацией катализатора.

Наибольшее количество установок работает по технологии с периодической регенерацией катализатора.

Параметры работы установок риформинга по технологии с периодической регенерацией катализатора:

- давление от 1,3 до 3,0 МПа;
- температура от 480 до 530 °С;
- выход риформата от 80 до 88% (масс.);
- межрегенерационный цикл работы катализатора год и более;
- октановое число производимого бензина колеблется от 94 до 98 (ИМ).

Второй тип технологии - циклический - применяется в основном на заводах США и характеризуется более жесткими условиями

проведения процесса:

- давление 0,9-2,1 МПа;
- температура 505-550 °С;
- небольшой межрегенерационный цикл (от 5 до 40 суток);
- октановое число риформата – от 95 до 103 (ИМ);
- количество циклов регенерации до полной отработки до 600.

Серьезным недостатком данной технологии является повышенная сложность переключения потоков больших объемов, а, следовательно, высокая взрывоопасность.

Третий тип технологии каталитического риформинга представляет собой процесс с непрерывной регенерацией катализатора. Эта технология наиболее прогрессивна, она позволяет осуществить процесс в лучших термодинамических условиях:

- давление 0,35-0,9 МПа;
- температура до 550 °С;
- октановое число риформата 100-102 (ИМ);

- без остановки на регенерацию (межремонтный пробег установки достигает трех лет) [1-4].

На Омском нефтеперерабатывающем производстве в настоящее время функционирует установка каталитического риформинга с непрерывной регенерацией катализатора, а на нефтеперерабатывающем производстве АО «АНХК» – установка каталитического риформинга Л-35/11-1000 со стационарным

слоем катализатора. Сравнительный анализ по работе установок приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели работы блока риформинга установок

Режим	Л-35/21-1000 с непрерывной регенерацией катализатора (г. Омск)	Л-35/11-1000 с периодической регенерацией катализатора (г. Ангарск)
Объемная скорость подачи сырья, ч ⁻¹	1,33-1,64	1,2
Температура на входе в реакторы, °С	494-526	496
Концентрация водорода, % об. В ЦВСГ В ВСГ с установки	88,4-93,2 91,3-96,7	82,5
Выход стабильного риформата, % масс.	91,8	87,5
Октановое число риформата (по ИМ)	96,1-100,8	95,3
Давление на выходе из реактора Р-4, МПа	0,35	1,9

Таким образом, данные из таблицы 1 показывают, что основные показатели работы установки с непрерывной регенерацией катализатора значительно выше, чем у установки со стационарным слоем катализатора. Риформат характеризуется более высоким октановым числом (96,1-100,8 против 95,3), получен ВСГ с более высоким содержанием водорода (91,3-96,7% против 82,5%). Перевод установки каталитического риформинга с периодической регенерацией катализатора на непрерывную регенерацию катализатора позволит повысить октановое число риформата, получить ВСГ с более высоким содержанием водорода, контролировать количе-

ство катализатора, не прибегая к остановке рабочего процесса. В целом, основными направлениями по совершенствованию процесса каталитического риформинга могут быть следующие:

1. Повышение эффективности катализаторов;
2. Перевод установок каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора на непрерывную регенерацию катализатора;
3. Совершенствование технологического оборудования установки каталитического риформинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Маслянский, Г.Н.** Каталитический риформинг бензинов / Г.Н. Маслянский, Р.Н. Шапиро. – Л. : Химия, 1985. – 224 с.
2. **Подоплелов, Е.В.** О перепрофилировании установки МТБЭ на установку этерификации легкой фракции бензина каталитического крекинга / Е.В. Подоплелов, Д.С. Сморгчов, А.Ю. Антоненко, А.И. Дементьев // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2017. – Т. 1. – С. 52-53.
3. **Подоплелов, Е.В.** Разработка путей перепрофилирования установки МТБЭ на

установку этерификации легкой фракции бензина каталитического крекинга / Е.В. Подоплелов, Д.С. Сморгчов, А.И. Дементьев, В.В. Мартинюк // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2017. – Т. 1. – № 1. – С. 33-36.

4. **Подоплелов, Е.В.** Разработка технического проекта установки этерификации легкой фракции бензина каталитического крекинга / Е.В. Подоплелов, Д.С. Сморгчов, А.И. Дементьев, В.В. Мартинюк // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2017. – Т. 1. – С. 54-55.