

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РИФОРМИНГА НА УСТАНОВКЕ ПЕТРОФАК СУРГУТСКОГО ЗСК

*А.В. ИШМУРЗИН, М.Ф. МИНХАЙРОВ, П.А. СОЛОДОВ, М.Р. ЗАЙНУЛЛОВ,
А.Б. ДОРОЩУК, В.В. МАРЫШЕВ, А.И. ОСАДЧЕНКО*

Сургутский ЗСК, НПФ «ОЛКАТ»

Установка каталитического риформинга фирмы «Петрофак» мощностью по сырью 100 тыс. т/год эксплуатируется на Сургутском ЗСК (ОАО «Газпром») с 1994 г. Сырье установки — высоконафтеновая бензиновая фракция, содержащая всего лишь 25-30 мг/кг серы. Поэтому основная особенность технологической схемы установки ПЕТРОФАК заключается в отсутствии блока предварительной гидроочистки сырья, вместо которого предусмотрена очистка от серы на оксидномарганцевом катализаторе — адсорбенте серы, загруженном в первый по ходу сырья реактор R-204 (рисунок).

Первоначально в соответствии с проектом в реакторы риформинга был загружен катализатор E-601, в реактор R-204 — адсорбент HRD. Установка ПЕТРОФАК предназначена для получения riformата с ИОЧ 91-93 пунктов (табл. 1), и первые несколько лет ее эксплуатировали преимущественно в таком режиме.

В последующем приступили к усовершенствованию технологии процесса, улучшению качества сырья и замене импортных катализаторов на отечественные.

Уже к 2002 г. на установке риформинга ПЕТРОФАК были внедрены следующие мероприятия:

- загружен катализатор КР-108У вместо катализатора E-601;
- адсорбент серы HRD заменен на отечественный КАС-50, а затем на улучшенный аналог АГС-60;

- в реакторе R-204 внедрена комбинированная загрузка адсорбента серы и катализатора риформинга (АП-56), работающего в режиме конвертора нафтенов;

- изменена технология восстановления адсорбента и катализатора риформинга; первоначально восстанавливают катализатор риформинга, а затем адсорбент, в то время как по проекту восстановление производят одновременно.

Указанные мероприятия позволили повысить октановое число riformата до 93-94, а при необходимости и 95 пунктов по ИМ для выполнения производственной программы по выпуску высокооктановых автобензинов не только АИ-92, но и АИ-95.

Использование в течение длительного времени адсорбента серы вместо блока гидроочистки подтвердило надежность такого мероприятия, за все время эксплуатации установки ПЕТРОФАК не произошло не только отравления серой катализатора риформинга, но и какого-либо превышения регламентируемой концентрации сероводорода в циркулирующем ВСГ. Сероемкость импортного адсорбента HRD и отечественного КАС-50 была достаточна для их эксплуатации в течение 1 года, сероемкость же усовершенствованного адсорбента АГС-60 была почти в 1,5 раза выше и составляла 27-28% мас.

Изменение показателей работы установки ПЕТРОФАК при замене катализатора риформинга E-601 на отечественный катализатор КР-108У приведено в табл. 2.

Схема обвязки реакторов риформинга установки ПЕТРОФАК

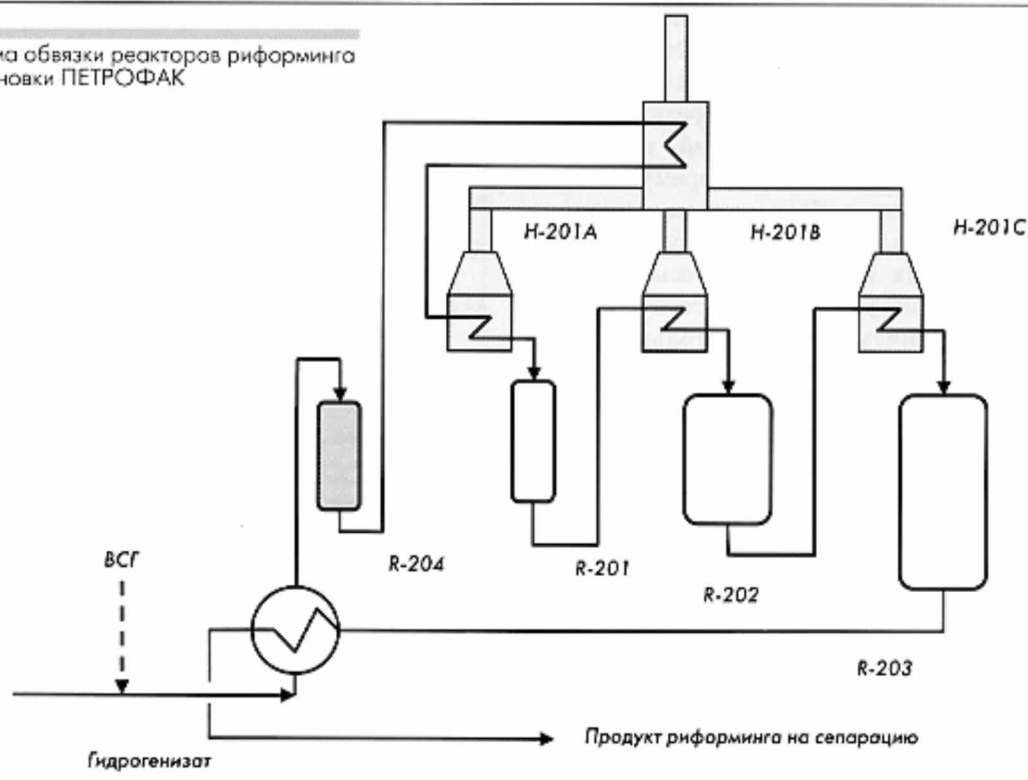


Таблица 1
Проектные условия эксплуатации установки фирмы «Петрофак»

Показатели	Величина показателя
Параметры	
Объемная скорость по сырью, ч ⁻¹	1,47
Мольное отношение водород/сырье	4,6
Давление на входе в третью ступень, МПа	1,99
Температура на входе в реакторы риформинга R-201, R-202, R-203, °С:	
начало цикла	507
конец цикла	528
Соотношение катализатора по реакторам	1:1,5:2,5
Температура на входе в реактор R-204, °С	370-390
Сырье	
Фракционный состав, °С:	
н.к.	85
10%	90
50%	110
90%	148
к.к.	169
Групповой состав, % мас.:	
нафтяные	48,9
ароматические	6,5
парафиновые	44,6
Показатели	
ИОЧ реформата	91-93
Концентрация водорода в ВСГ, % об.	83,3
Содержание сероводорода в ВСГ, ppm	Менее 0,1
Выход C ₅₊ , % мас.	82,2

Представленные результаты свидетельствуют о близкой первоначальной активности катализаторов E-601 и КР-108У, однако по стабильности катализатор КР-108У имел заметное превосходство. При работе на импортном катализаторе E-601 температуру на входе в реакторы к концу межрегенерационного цикла поднимали до 519°С, тем не менее при этом октановое число реформата по моторному методу снижалось до 82,0 пункта, в то время как при работе на катализаторе КР-108У температура в конце цикла составляла лишь 514°С, а октановое число со-

Таблица 2
Показатели работы установки ПЕТРОФАК на катализаторах E-601 и КР-108У

Показатели	Катализатор	
	E-601	КР-108У
Начало цикла		
Расход сырья, м ³ /ч	16,6	16,0
Температура входа, °С	509	507
Перепад температуры по реакторам, °С	184	186
Концентрация водорода в ВСГ, % об.	86,7	88,0
Октановое число реформата по ММ	84,4	84,0
Конец цикла		
Расход сырья, м ³ /ч	16,6	16,6
Температура входа, °С	519	514
Перепад температуры по реакторам, °С	152	165
Концентрация водорода в ВСГ, % об.	83,5	81,1
Октановое число реформата по ММ	82,0	84,2

хранялось в течение всего периода — 84,2 пункта по ММ.

С конца 2002 г. вместо прямогонной бензиновой фракции на установке ПЕТРОФАК начали перерабатывать стабильный гидрогенизат с секции 400 установки ЛКС 35-64. При этом качество сырья улучшилось: на 3-4% мас. возросло содержание нафтеновых углеводородов, в первую очередь C_7 и C_8 , что привело к дальнейшему повышению октанового числа риформата, которое достигло величины 85-86 пунктов по ММ. На базе полученного риформата готовили товарный автобензин Премиум-95.

На следующем этапе совершенствования технологии, в середине 2007 г., на установку загрузили катализатор РВ-44У фирмы «ОЛКАТ», который ранее показал высокие результаты на ряде НПЗ*. От предыдущих партий загруженный катализатор отличался тем, что был изготовлен в шариковой форме с диаметром 1,8 мм. При загрузке подтвердились особенности катализаторов в форме шариков: катализатор не крошился, не пылил, не требовались специальные устройства для создания плотного и равномерного слоя.

После пуска, сушки системы и последующего хлорирования катализатора на установке сразу же был получен риформат с МОЧ 86 пунктов, а после оптимизации режимных параметров — с октановым числом 86,5-87 пунктов по ММ и 97-98 пунктов по ИМ (табл. 3).

При проектной объемной скорости по сырью и новом катализаторе риформинга РВ-44У марки «Ш» на установке риформинга ПЕТРОФАК была снижена температура в начале межрегенерационного цикла на 10 °С, при этом получен риформат с ИОЧ до 98 пунктов. Наряду с повышенной активностью новый катализатор отличается высокими показателями, характеризующими селективность процесса. Так выход стабильного риформата с ИОЧ 98 составил 88,9% мас., выход водорода — 2,7% мас., а концентрация водорода в циркулирующем ВСГ — 86-87% об.

Особое внимание при эксплуатации шарикового катализатора было уделено оценке сопротивления катализаторного слоя. Замеры перепада давления в реакторах образцовым манометром показали, что в целом сопротивление катализаторного слоя увеличилось, однако рост перепада давления составил лишь 20% отн. При допустимой норме перепада давления 0,24 МПа фактический суммарный перепад давления в трех реакторах составил 0,12 МПа.

Таким образом, последовательное изменение отдельных технологических операций, использование новых отечественных катализаторов и адсорбентов, улучшение качества сырья позволили принципно

Таблица 3

Показатели работы установки ПЕТРОФАК на катализаторе РВ-44У марки «Ш» в начальный период эксплуатации

Показатели	Величина показателя
Характеристика сырья	
Плотность, г/дм ³	751
Фракционный состав, °С:	
н.к.	101
10%	106
50%	115
90%	145
к.к.	175
Групповой состав, % мас.:	
нафтеновые	49,6
ароматические	10,6
парафиновые	39,7
олефиновые	0,1
Параметры режима	
Объемная скорость, ч ⁻¹	1,4
Давление на входе в третью ступень, МПа	2,09
Мольное отношение водород/сырье	5,5
Температура входа, °С	495
Среднеинтегральная температура процесса, °С	463
Суммарный перепад температуры по реакторам, °С	177
Концентрация водорода в ВСГ, % об.	87
Характеристика стабильного риформата	
Октановое число по:	
ИМ	97-98
ММ	86,5-87
Плотность, г/дм ³	799
Групповой состав, % мас.:	
ароматические	65,8
в том числе бензол	3,2
нафтеновые	3,6
парафиновые	30,4
олефиновые	0,2
Выход риформата, % мас.	88,9
Выход водорода, % мас.	2,7

ально усовершенствовать технологию импортной установки риформинга фирмы «Петрофак». Без изменения объема реакторов риформинга удалось не только снизить температуру на входе в реакторы риформинга, но и одновременно существенно повысить как выход, так и октановое число стабильного риформата.

* Марышев В.Б., Красий В.В. Современные отечественные катализаторы риформинга бензиновых фракций // Нефтехимия. — 2007. — Т. 47, № 4. — С. 1-7.