

Опыт промышленной эксплуатации установки ЛЧ-35-11/600 с радиальным потоком сырья от центра к периферии реакторов

А.С. Белый (ООО «Научно-производственная фирма «Рифинг»)

Известно, что в настоящее время большинство установок каталитического риформинга оснащено реакторами с радиальным направлением движения газосырьевой смеси (ГСС). Главное преимущество этих реакторов перед реакторами с аксиальным направлением потока – низкое гидравлическое сопротивление слоя катализатора.

На установке ЛЧ-35-11/600 ЗАО «Рязанская НПК» замена аксиальных вводов ГСС радиальными была осуществлена в 1973 г. Поскольку эти мероприятия проводили с применением нестандартных материалов и оборудования, смонтированные устройства физически и морально быстро устарели. Недостаточная жесткость конструкции, а также неоптимальные размеры ячейки перфорации приводили к низкой эффективности контакта ГСС и катализатора, большому механическому изнашиванию катализатора и опасности его проседания с последующим байпасированием сырья. Поэтому назрела необходимость замены внутренних устройств в реакторах блока риформинга более современными.

Известно, что эффективность работы радиального реактора определяется полнотой использования катализатора, которая зависит от равномерности распределения потока ГСС по его слою, в первую очередь, по высоте. Изучение влияния различных факторов на распределение потока в радиальных реакторах, выполненное на моделях, показало, что различие в скорости газов по высоте катализатора составляет 10–30%. Однако обследование гидродинамического режима реакторов промышленной установки свидетельствует, что скорость газа в различных точках может различаться в 2 раза. При этом происходит байпас верхних слоев катализатора, составляющий 9–22% (по данным «ООО НПФ «Рифинг»).

Одним из способов устранения данной проблемы является изменение направления потока ГСС на обратный – от центра к периферии (рис. 1). Такое движение потока обеспечивает и лучшие условия протекания процесса риформинга: по мере продвижения ГСС катализаторный слой расширяется, и уменьшение активности катализатора из-за снижения температуры частично компенсируется увеличением времени контакта.

По заказу ИППУ СО РАН специалистами Томского политехнического института с помощью метода математического моделирования проведен сравнительный анализ эффективности различных направлений потока ГСС в реакторе радиального типа применительно к установке ЛЧ-35-11/600 ЗАО «Рязанская НПК». Было показано, что применение измененной схемы ввода ГСС от центра к периферии приводит к повышению эффективности процесса риформинга за счет увеличения степени использования катализатора и его более равномерной дезактивации при эксплуатации. Это выражается в снижении входной температуры в реакторах

на $\sim 3^\circ\text{C}$ при сохранении жесткости процесса и увеличении продолжительности межрегенерационного цикла на 20–30%.

На основании полученных результатов было принято следующее техническое решение: для реактора Р-602 изготовить стандартное внутреннее устройство ввода ГСС от периферии к центру реактора, а для реакторов Р-603, Р-604 а, б – внутреннее устройство с обратным направлением потока ГСС от центра к периферии.

На основании технического задания, полученного от ЗАО «Рязанская НПК», а также расчетов и рекомендаций ИППУ СО РАН фирма «Рифинг» спроектировала и изготовила данные внутренние устройства в январе–марте 2005 г. Монтаж с участием представителей фирмы «Рифинг» был осуществлен в апреле 2005 г. в период капитального ремонта установки. Одновременно была проведена замена отработанного катализатора ПР-51 новым – ПР-71.

В таблице представлены основные показатели активности, селективности и стабильности катализаторов ПР-71 и ПР-51 в режиме по-

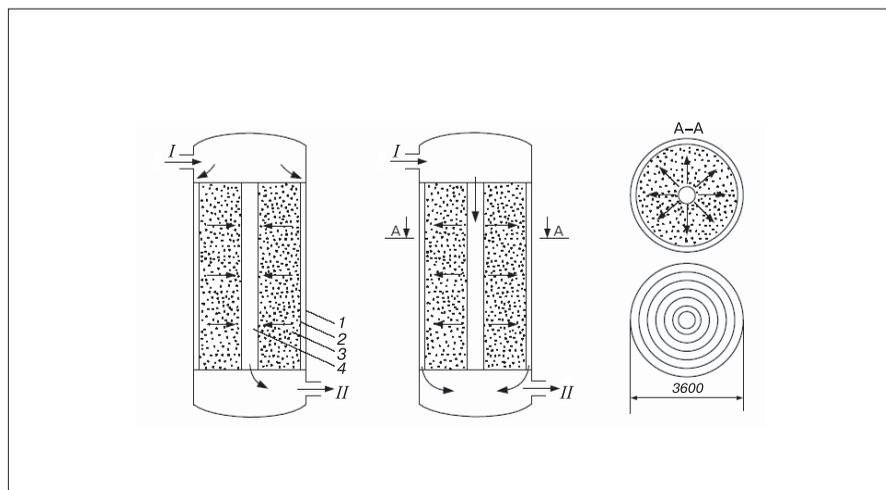


Рис. 1 Схемы движения газового потока реакторах: а – от периферии к центру; б – от центра к периферии; 1 – корпус аппарата; 2 – катализаторная корзина; 3 – катализатор; 4 – коллектор; I – вход гидрогенизатора; II – выход катализатора

Показатели	Катализатор		Факт 22.06.2005
	ПР-51 (август 1998 г двойной цикл)	ПР-71 (техпредложение/ контракт)	
Загрузка катализатора, т	39,0	39,2	35,0
Метод загрузки	Рукавная	Плотная	Рукавная
Объем катализатора, м ³	58	61,2	58,4
Загрузка по сырью, м ³ /ч	90	90/100	100
Объемная скорость подачи сырья, 1/ч	1,55	1,47/1,63	1,71 (1,92)*
Кратность циркуляции ВСГ, м ³ /(м ³ сырья)	1600	1200...1600	1200
Давление на выходе Р-604, МПа	2,2	Не более 2,0	2,1
Температура на входе в реакторы, °С	497	481/484	490 (485)**
Среднеинтегральная температура по слою, °С	475	–	469 (464)**
Выход стабильного катализата, % (мас.)	86...87	Не менее 88	88,0...88,5
Концентрация Н ₂ в ВСГ, % (об.)	84	Не менее 85	85
Выход Н ₂ , % (мас.)	2,1...2,2	2,3...2,4	2,3...2,4
Длительность цикла, мес.	15	24	8 (цикл продолжается)
Скорость дезактивации катализатора, °С/мес.	0,70	–	1,0 (0,7)***
То же, °С/(м ³ сырья / кг катализатора)	0,44	–	0,48 (0,32)***

*С учетом поправки на массу катализатора
**С учетом поправки на массу катализатора и объемную скорость подачи сырья
***С учетом поправки на кратность циркуляции ВСГ

лучения риформата с ИОЧ = 95...96. Для сравнения выбран наиболее представительный двойной межрегенерационный цикл эксплуатации катализатора ПР-51, в котором наиболее наглядно был продемонстрирован его потенциал.

Следует отметить, что по техническим причинам загрузка катализатора ПР-71 произведена методом свободной засыпки из бункера в боковые штуцеры реакторов по

желобу, в результате чего его фактическая масса составила 35 т против ожидаемых 39,2 т в случае плотной загрузки.

Из таблицы следует, что при близких условиях эксплуатации температура на входе в реакторы с катализатором ПР-71 достигает 490°С, что примерно на 7°С ниже, чем с катализатором ПР-51. В то же время фактическая объемная скорость подачи сырья при эксплу-

атации ПР-71 значительно выше и с учетом поправки на массу катализатора составила 1,92 1/ч против ожидаемой 1,63 1/ч и 1,55 1/ч для ПР-51.

На рис. 2 представлено изменение среднеинтегральной температуры по слою катализатора в зависимости от объемной скорости подачи сырья (по данным пилотных испытаний и промышленной эксплуатации катализатора ПР-51 на установке ЛЧ-35-11/600 в период 1995–2004 гг.).

Как видно, изменение объемной скорости в диапазоне 1,63...1,92 1/ч соответствует увеличению температуры на 5°С, а в диапазоне 1,55...1,63 1/ч на 1,5°С. Таким образом, можно прогнозировать температуру входа для ПР-71 при ожидаемой объемной скорости 1,63 1/ч на уровне 485°С, что близко к прогнозируемой (484°С), и среднеинтегральную температуру на уровне 465°С, и на 13...14°С ниже, чем для ПР-51 (объемная скорость – 1,55 1/ч). Различие среднеинтегральных температур по слою катализаторов ПР-71 и ПР-51 составляет соответственно 11...12°С.

По данным пилотных испытаний (рис. 3), режим жесткости с ИОЧ = 95...96 с катализатором ПР-71 достигается при температуре 467...470°С, что примерно на 7°С ниже, чем с катализатором ПР-51. Таким образом, можно оценить снижение среднеинтегральной температуры на 7°С за счет замены катализатора. Следовательно, снижение среднеинтегральной температуры за счет замены внутренних

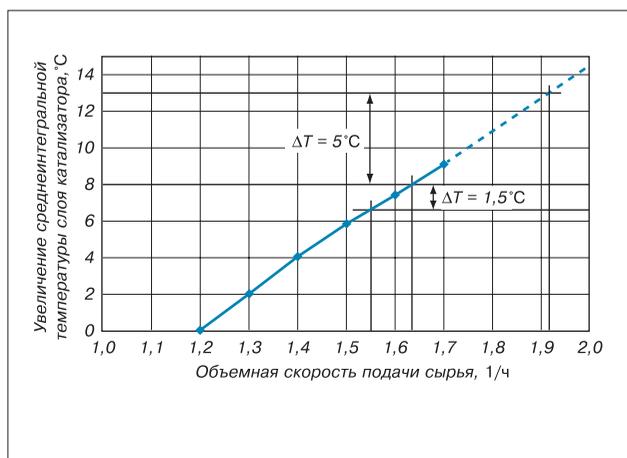


Рис. 2. Изменение среднеинтегральной температуры слоя катализатора в зависимости от объемной скорости подачи сырья

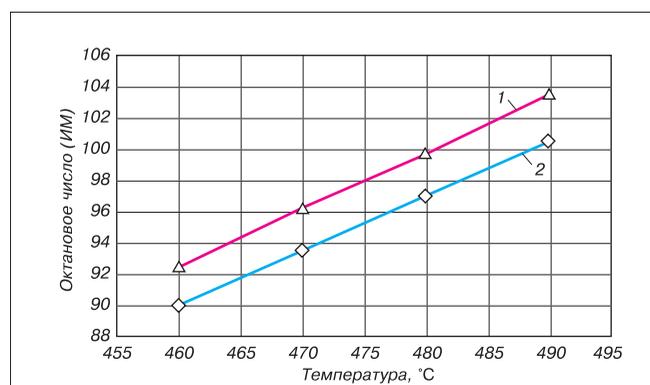


Рис. 3. Зависимость октанового числа риформата от температуры процесса (активность). Условия проведения пилотных испытаний на активность и селективность: давление – 1,5 МПа; объемная скорость подачи сырья – 1,5 1/ч; молярное отношение водород / сырье – 5:1; сырье – гидрогенизат ЗАО «Рязанская НПК»: 1 – ПР-71; 2 – ПР-51

ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА

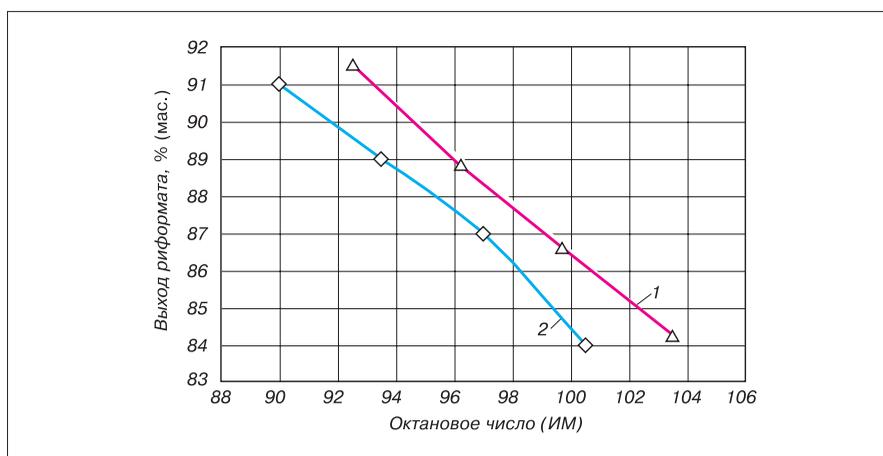


Рис. 4. Зависимость выхода риформата от его октанового числа (селективность): 1 – ПР-71; 2 – ПР-51

устройств можно оценить на уровне 4...5°C. Как уже отмечалось, изменение направления потока ГСС от центра к периферии реакторов применительно к установке ЛЧ-35-11/600 должно привести к снижению температуры слоя на 3°C. Отсюда следует, что дополнительное снижение температуры на 1...2°C может быть связано с улучшением контакта ГСС и катализатора при

использовании в качестве ячейки перфорации скаллопов.

Показатели селективности катализаторов характеризуются выходом стабильного риформата и водорода. Для катализатора ПР-71 в заданных условиях эксплуатации выход стабильного катализата оценивается на уровне 88,0–88,5% (мас.), что на 1,5–2% выше, чем для ПР-51. Выход стабильного ка-

тализата оценивался расчетным методом на основании пилотных испытаний (рис. 4) и требует подтверждения путем проведения фиксированного пробега установки. Выход водорода на катализаторе ПР-71 составил 2,3–2,4% (мас.), что на 0,2% выше, чем на ПР-51.

Из таблицы следует, что в течение 8 мес. эксплуатации скорость дезактивации катализатора ПР-71 составила 0,48 °C/(м³ сырья / кг катализатора), а с учетом корректировки на кратность циркуляции ВСГ – 0,32 против 0,44 °C/(м³ сырья / кг катализатора) для катализатора ПР-51. Следовательно, замена катализатора наряду с заменой внутренних устройств обеспечивает снижение скорости дезактивации и увеличение длительности межрегенерационного цикла.

В целом замена внутренних устройств в реакторах блока риформинга установки ЛЧ-35-11/600 совместно с заменой катализатора ПР-51 на ПР-71 обеспечила существенное увеличение эффективности ее эксплуатации.



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ
«ВНИИХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ»



Три ведущих предприятия российской холодильной отрасли – ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг», ОАО «Казанькомпрессормаш» и ЗАО «Остров» – достигли соглашения о совместной разработке, производстве и реализации турбохолодильных машин (ТХМ) для систем кондиционирования воздуха и технологического холодоснабжения промышленных предприятий в диапазоне холодопроизводительности до 20 МВт.

Турбохолодильные машины разрабатываются в соответствии со всеми современными техническими регламентами, нормами и правилами, действующими в Российской Федерации, а также с учетом международных норм и правил, принятых в ведущих индустриальных странах.

Применение в разрабатываемом оборудовании самых современных комплектующих, материалов и технологий, а также систем управления на базе промышленных программируемых контроллеров позволит добиться максимальной надежности и эффективности работы оборудования и существенно снизить эксплуатационные затраты.

Холодильные машины будут производиться на основе современных компрессорных агрегатов ОАО «Казанькомпрессормаш» под общим техническим руководством специалистов ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг». Производство емкостного и теплообменного оборудования, а также сборка и испытание машин будут осуществляться ЗАО «Остров».

Предприятия, участвующие в соглашении, готовы выполнить в полном объеме разработку проектов и поставку «под ключ» систем холодоснабжения предприятий с использованием ТХМ.

ОАО «Казанькомпрессормаш»
420029, г. Казань,
ул. Халитова, д. 1.
Тел./факс: (8432) 72 22 21, 72 31 61.
E-mail: Kompr@online.kzn.ru
www.compr.kzn.ru

ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг»
127410, Москва,
Алтуфьевское шоссе, д.79а, стр.3.
Тел./факс: (495) 901 01 00,
901 00 20.
E-mail: info@vniikholiday.ru

ЗАО «Остров»
141011, Московская обл., г. Мытищи,
ул. Коммунистическая, 23.
Тел./факс: (495) 726 53 53, 726 53 66.
E-mail: ostrov@ostrov.ru
www.ostrov.ru