

УДК 66.097

## МОНИТОРИНГ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА БЕНЗИНОВ АЧИНСКОГО НПЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

А.Г. Каракулов, Е.С. Шарова\*, Э.Д. Иванчина\*, А.Я. Сваровский\*\*, Д.А. Кульбов

ОАО «Ачинский нефтеперерабатывающий завод Восточной нефтяной компании»

\*Томский политехнический университет

\*\*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ

E-mail: anatoleast@mail.ru; sharova@sibmail.com

*Проведены исследования основных показателей работы промышленной установки каталитического риформинга бензинов с учетом типа сырья, марки используемого катализатора и технологических особенностей производства в разных сырьевых циклах. Показана необходимость проведения непрерывного мониторинга промышленных установок с использованием компьютерных систем. Это позволяет выдавать рекомендации по оптимизации режимов работы, тем самым повышая эффективность производства бензинов.*

### Ключевые слова:

Риформинг, катализатор, кокс, дифференциально-термический анализ, математическое моделирование, компьютерные моделирующие системы.

### Key words:

Reforming, catalyst, coke, differential-thermal analysis, mathematical modeling, computer modeling systems.

Процесс каталитического риформинга с неподвижным зернистым слоем катализатора в настоящее время является одним из важнейших промышленных процессов при производстве высокооктанового компонента автомобильного бензина, и трудно найти завод, технология переработки нефти на котором не предусматривала бы каталитического риформирования.

Повышение уровня эксплуатации этого процесса влечет за собой снижение себестоимости продукции, выпускаемой на промышленных установках. Решение этой задачи осуществляется за счет разработки и внедрения новых катализаторов и совершенствования реакторных и теплообменных аппаратов, а также реконструкции существующих схем [1]. При этом остается проблема снижения дезактивации катализаторов, которая может быть решена в основном за счет увеличения стабильности их работы при эксплуатации. Объективная оценка стабильности работы платинового контакта обеспечивается путем непрерывного мониторинга работы установки. В последние годы для решения поставленных задач используется метод математического моделирования с применением технологических моделирующих систем. Программно реализованная методика компьютерного мониторинга и прогнозирования работы установок каталитического риформинга позволяет провести исследования основных показателей работы установок с учетом типа сырья, марки используемого катализатора и технологических особенностей производства [2].

На Ачинском нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) установка каталитического риформинга является одним из самых значимых объектов. Стабильность работы данной установки определяет производительность установок изомеризации, гидроочистки дизельного топлива и газодифракционной установки. Таким образом, цель работы заключается в оценке эффективности эксплуатации

Pt-Re-катализатора на Ачинском НПЗ. Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие основные задачи:

- с использованием компьютерной моделирующей системы провести мониторинг работы установки каталитического риформинга бензинов Ачинского НПЗ;
- на основании полученных результатов выполнить оценку эффективности эксплуатации катализатора в разных сырьевых циклах и дать рекомендации по оптимизации промышленного процесса.

Для реализации поставленных задач была использована компьютерная моделирующая система «Контроль работы катализатора» (рис. 1), разработанная на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики ТПУ. Данная система обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматизированная обработка результатов хроматографического анализа и перевод их в цифровой формат;
- расчет основных показателей качества целевого продукта (октановое число и выход);
- расчет основных эксплуатационных характеристик катализатора (скорость дезактивации, а также текущую и оптимальную активности), позволяющий выполнить оценку эффективности эксплуатации катализатора риформинга;
- исследование влияния состава сырья на выход и качество получаемого продукта;
- мониторинг работы установки и выдача рекомендации по оптимальному ведению процесса.

Возможность адекватного расчета большого количества показателей работы промышленного процесса обусловлена тем, что математическая модель процесса каталитического риформинга бензинов, положенная в основу компьютерной моделирующей системы, учитывает физико-химические закономерности превращения углеводородов реакционной смеси и дезактивацию катализатора.

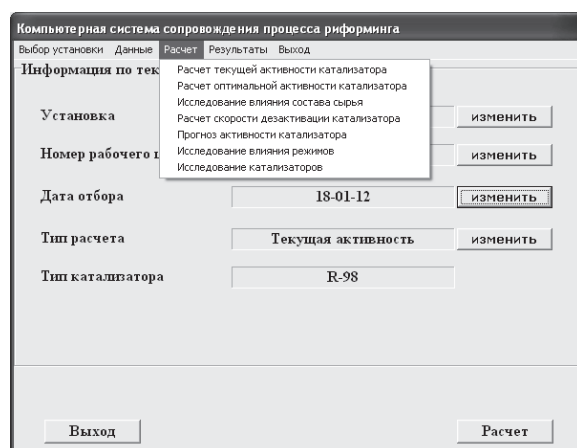


Рис. 1. Основное активное окно компьютерной моделирующей системы «Контроль работы катализатора»

Установка каталитического риформинга бензинов Ачинского НПЗ работает на Pt-Re-катализаторе R-98 четвертый сырьевой цикл. Для оценки стабильности катализатора проведен анализ работы четырех рабочих циклов при сопоставимом объеме переработанного сырья (рис. 2).

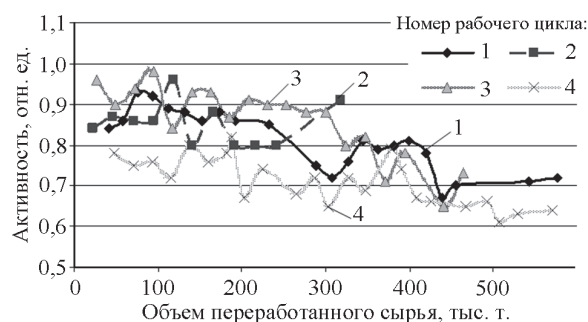


Рис. 2. Зависимость текущей активности катализатора от объема переработанного сырья для разных сырьевых циклов

Катализатор в каждом из четырех рабочих циклов сохраняет достаточно высокую активность. Эффективность первого цикла обусловлена работой установки на свежем катализаторе. Второй цикл работы был относительно коротким (9 мес.). Это объясняется неудачно проведенной регенерацией в августе 2009 г. В этом цикле наблюдалось значительное уменьшение температурных перепадов по реакторам с 74,8 до 50,1 °С, что объясняется снижением металлических и увеличением кислотных функций катализатора. Следствием этого явилось повышение коксообразования на поверхности катализатора (таблица).

Непрерывный мониторинг промышленной установки в третьем и четвертом рабочих циклах с использованием компьютерной моделирующей системы позволил анализировать режимы работы установки каталитического риформинга, выдавать в процессе работы рекомендации по их оптимизации, тем самым повысить эффективность производства на 5 %.

Таким образом, третий и четвертый циклы характеризуются относительно равномерными режимами работы установки по температуре и нагрузке

по сырью. Поддержание активности катализатора на уровне, близком к оптимальному, позволило снизить коксообразование, повысить температурные перепады в реакторах, увеличить октановое число продукта на 2–3 пункта и стабилизировать выход риформата (рис. 3, 4). Это стало возможным с применением непрерывного мониторинга работы промышленной установки.

Таким образом, системный анализ эффективности промышленной эксплуатации установки с помощью компьютерной моделирующей системы, внедренной на заводе, позволяет обеспечить контроль и оптимизацию режимных параметров.

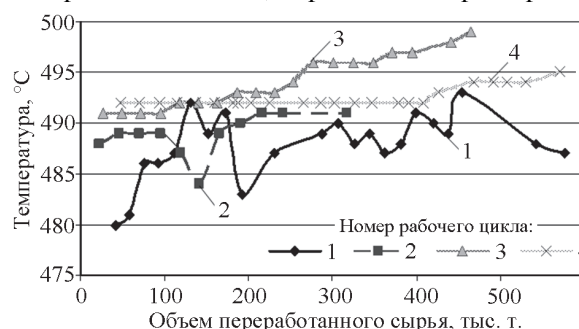


Рис. 3. Изменение температуры ввода сырья от объема переработанного сырья для разных сырьевых циклов



Рис. 4. Изменение расхода сырья на установку от объема переработанного сырья для разных сырьевых циклов

Таблица. Усредненные результаты мониторинга работы промышленной установки

Технологические параметры	Рабочий цикл			
	1	2	3	4
Объем переработанного сырья, тыс. т.	230,76			
Активность катализатора, отн. ед.	0,85	0,80	0,90	0,74
Число крекинга	1,90	2,80	1,50	2,90
Концентрация водорода в ВСГ, %	81,90	79,40	74,80	80,10
Выход водорода, %	2,08	1,75	2,10	1,93
Температура входа, °С	487	491	493	492
Расход сырья, м³/ч	161,1	199,4	180,0	175,0
Пар/(Нафт+Аром) в сырье	1,09	1,00	1,00	0,92
н-Пар/и-Пар в сырье	0,96	1,02	1,10	1,10
Кратность циркуляции, м³/м³	1299,0	1087,8	1100,0	938,9
Степень изомеризации	50	66	70	74
Степень ароматизации	16,27	14,19	20,70	16,68
Ароматика, мас. %	57,35	57,62	64,80	62,52
Кокс, мас. %	2,23	2,91	2,71	1,55
Октановое число	93,4	92,5	95,4	94,3
Перепад температур, °С	74,8	50,1	65,0	64,0
Выход риформата, мас. %	85,51	82,55	84,41	83,82

Так как низкое содержание водорода в циркулирующем газе не позволяет эксплуатировать каталитическую систему риформинга при пониженном давлении, то в третьем рабочем цикле для частичного гидрирования промежуточных продуктов уплотнения, являющихся предшественниками кокса, давление в системе рекомендовано было поддерживать в интервале от 2,5 до 2,7 МПа при содержании водорода в водородсодержащем газе (ВСГ) от 80 до 75 об. %. При повышенном давлении катализатор обладает достаточно высокой селективностью (рис. 5).

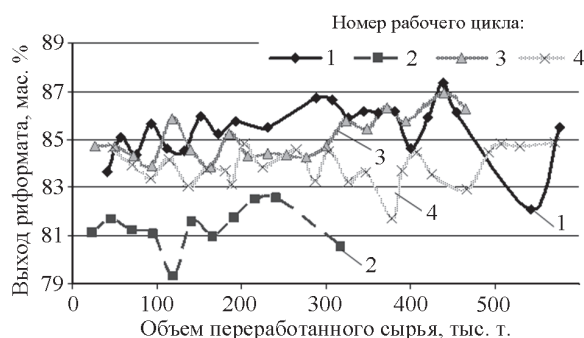


Рис. 5. Изменение выхода стабильного катализата в зависимости от объема переработанного сырья для разных сырьевых циклов

В первом и третьем рабочих циклах наблюдается высокая селективность катализатора (84...85 мас. %), во втором цикле вследствие неудачно проведенной регенерации селективность процесса снизилась

до 81...82 мас. %. Четвертый цикл работы также показывает достаточно высокую селективность: 83...85 мас. %. Также от цикла к циклу становится заметной общая тенденция снижения активности катализатора, которая связана с процессом старения Pt-Re-контакта.

#### Выводы

1. С использованием компьютерной моделирующей системы «Контроль работы катализатора» проведен мониторинг работы установки каталитического риформинга бензинов Ачинского НПЗ. Нарушение режима регенерации во втором цикле привело к уменьшению температурных перепадов по реакторам с 74,8 до 50,1 °С, увеличению коксообразования (0,7...1,5 мас. %), а также к снижению октанового числа (в среднем на 1 пункт) и выхода (2...3 мас. %) целевого продукта.
2. Непрерывный мониторинг работы промышленной установки в третьем и четвертом рабочих циклах с корректировкой технологических режимов относительно оптимального обеспечил повышение эффективности производства в целом на 5 %.
3. Поддержание активности катализатора на уровне, близком к оптимальному, позволило снизить коксообразование, повысить температурные перепады в реакторах, увеличить октановое число продукта на 2–3 пункта и стабилизировать выход риформата.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Компьютерное прогнозирование и оптимизация производства бензинов. Физико-химические и технологические основы. – Томск: STT, 2000. – 92 с.
2. Костенко А.В., Молотов К.В., Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Ясюкевич О.М. Мониторинг установки ЛЧ-35–11/1000 с использованием компьютерной системы контроля работы катализаторов риформинга // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2007. – № 4. – С. 13–16.
3. Молотов К.В., Фалеев С.А., Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Шарова Е.С., Дементьев А.Ю. Повышение технико-экономической эффективности работы промышленной установки ЛЧ-35–11/1000 методом математического моделирования // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2009. – № 12. – С. 3–5.
4. Слинко М.Г. Основы и принципы математического моделирования каталитических процессов. – Новосибирск: ИК СО РАН, 2004. – 488 с.

Поступила 26.06.2012 г.