

НЕФТЕ
ПЕРЕРАБОТКА
И НЕФТЕХИМИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ
И ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ

2007

Москва

6

ISSN 0233-5727



www.npnh.ru



недостаток, а именно — физико-химические модели, заложенные в них, не учитывают нестационарности процесса. Так, например, система REF-SIM использует для этой цели алгоритм оптимизатора на основе данных по полному пробегу установки, а моделирующий стенд фирмы «БЕЛРИФ» требует ежемесячной калибровки констант. Такое отсутствие чувствительности к дезактивации катализатора вследствие таких факторов, как закоксовывание катализатора и отравления серой, лишает эти программы прогнозирующей способности.

Основу системы контроля составляет математическая модель, основанная на физико-химических и кинетических закономерностях превращения углеводородов. Она описывает возможные виды реакций, протекающих в условиях каталитического риформинга — дегидрирование нафтенов, дегидроциклизация парафинов, крекинг и гидрогенолиз, изомеризация нафтенов и парафинов, образование непредельных углеводородов, образование кокса на катализаторе (см. рис. 4). При построении модели был применен принцип агрегирования, в результате чего количество реагентов было сокращено до 68 ключевых. Основным критерием при этом был вклад каждого компонента в детонационную стойкость смеси [3].

В настоящее время разработанная технологическая компьютерная система контроля, представляющая собой программный продукт для расчета

основных характеристик работы катализатора риформинга, проходит промышленные испытания на установках, напрямую взаимодействуя с общезаводской базой данных АСУТП (рис. 6).

Приведенная выше схема отображает функциональное взаимодействие элементов системы контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костенко А.В. Совершенствование конструкции и повышение эффективности работы реакторного блока процесса каталитического риформинга углеводородного сырья: Дис. канд. тех. н. — Томск, 2006. — 153 с.

2. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Компьютерное прогнозирование и оптимизация производства бензинов. Физико-химические и технологические основы. — Томск: STT, 2000. — 192 с.

3. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Интеллектуальные системы в химической технологии и инженерном образовании: Нефтехимические процессы на Pt-катализаторах — Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. — 200 с.

4. Островский Н.М. Кинетика дезактивации катализаторов. — М.: Наука, 2001. — 334 с.

5. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Технологические компьютерные системы — новый этап в развитии методов управления процессами переработки углеводородного сырья // Нефтепереработка и нефтехимия. — 2005. — № 9. — С. 40-43.

6. Гершберг А.Ф., Безручко О.А. Автоматизация шаг за шагом // Нефтепереработка и нефтехимия. — 2006. — № 2. — С. 45-47.

7. <http://www.technoil.ru>

Импульсные технологии для переработки нефти и нефтепродуктов

М.А. ПРОМТОВ, А.С. АВСЕЕВ

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

По прогнозам специалистов в мире происходит уменьшение запасов нефти. В связи с этим основная задача нефтеперерабатывающего комплекса заключается в повышении эффективности технологии переработки нефти, увеличении выхода светлых нефтепродуктов. На нефтеперерабатывающих заводах для увеличения объема светлых фракций в основном используются каталитический, термический и гидрокрекинг [1].

Российскими и зарубежными исследователями предлагаются различные способы и технологии, позволяющие увеличить выход светлых нефтепродуктов. Основными технологиями переработки нефти и нефтепродуктов являются перегонка и крекинг. Воздействовать на кинетику этих процессов можно химическими веществами (катализаторами, поверхностно-активными веществами — ПАВ, при-

садками и т.д.) и физическими полями (тепловым, кавитационным, электромагнитным и т.д.). В результате такого вмешательства изменяется радиус ядра и толщина адсорбционно-сольватной оболочки сложной структурной единицы, которая является элементом нефтяной дисперсной системы.

Воздействие на нефть и ее остатки с помощью химических веществ приводит к существенному возрастанию себестоимости конечного продукта, ускоренному износу ректификационных колонн и, кроме того, является сложно регулируемым процессом. В настоящее время многие исследователи уделяют особое внимание методам интенсивной обработки нефти с целью увеличения выхода светлых фракций при ее перегонке, снижения содержания серы.

Технология интенсивного разделения углеводородного сырья (ТИРУС) основана на термомехани-

ческом воздействии на нефть, инициирующем низкотемпературный крекинг в условиях кавитации и ультразвуковых колебаний без использования катализаторов [2]. В аппарате для проведения ТИРУС на нагретое до подкритической температуры сырье накладываются резонансные колебания, образующиеся за счет движения потока сырья, что приводит к разрыву связей в молекулах, их крекингу и, как следствие, увеличению выхода светлых целевых продуктов.

В основе технологии, получившей название «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ», лежит мягкий термический крекинг, интенсифицированный кавитационно-акустическим воздействием на реакционную среду [3]. Подвод энергии осуществляется методом кавитационно-акустического воздействия, вносящим изменения в гидродинамику и дисперсионную стабильность жидких сред, что по-разному влияет на разные стадии процесса – заметно интенсифицирует одни (деструкцию) и резко замедляет другие (коксообразование).

Применение кавитационно-акустического метода позволяет подавить процессы коксообразования и интенсифицировать процессы деструкции за счет воздействия на микрогидродинамику жидких реакционных сред. В качестве генератора кавитации используются кавитационно-акустические насосы с регулируемой энергетикой кавитационного воздействия. В результате этого технологического приема значительно снижается температура крекинга — до 410°C и ниже, устраняется нежелательное закоксовывание оборудования, а также снижается давление с 2,5 до 0,5-0,2 МПа и вдвое уменьшается металлоемкость оборудования [3].

В технологии «SonoCracking» компании SulphCo (<http://www.sulphco.com/index.asp>) используется мощный ультразвук для обработки смеси сырой нефти и воды с целью изменения молекулярных структур воды и углеводородов. В технологии применяют катализаторы, разработанные компанией SulphCo. В результате происходит снижение содержания серы в нефти и разрыв цепочек длинномерных молекул, увеличение содержания светлых фракций.

Энергетическое воздействие на нефть и нефтепродукты позволяет увеличить выход легколетучих фракций при ее перегонке. Применяя импульсное энергетическое воздействие, из тяжелой нефти можно получить 20-30% бензина, 40-50% дизельного топлива, 20-30% мазута, битума и других тяжелых товарных продуктов. Кавитационная обработка ускоряет диффузию нефти в полости парафина, интенсифицирует процесс его разрушения. Ускорение растворения парафина идет за счет интенсификации перемешивания нефти на границе нефть-парафин и действия импульсов давления, которые как бы разбрызгивают частицы парафина. Кавитация разрывает непрерывную цепочку, разрушая связи между отде-

льными частями молекул, влияет на изменение структурной вязкости, т. е. на временный разрыв Ван-дер-ваальсовых связей. Под воздействием кавитации большой интенсивности на протяжении длительного времени нарушаются связи С-С в молекулах парафина, вследствие чего происходят изменения физико-химического состава (уменьшение молекулярного веса, температуры кристаллизации и др.) и свойств нефтепродуктов (вязкости, плотности, температуры вспышки и др.). В процессе импульсной кавитационной обработки нефти и нефтепродуктов энергия, выделяющаяся при схлопывании кавитационных пузырьков, используется для разрыва химических связей между атомами больших молекул углеводородных соединений [4-8].

Для разрыва связей в молекулах углеводородных соединений необходимо осуществить на сложную многокомпонентную систему, которой является нефть и нефтепродукты, многофакторное энергетическое воздействие в импульсной форме. Такое воздействие реализуется в роторных импульсных аппаратах (РИА) [9]. Энергия диссоциации связи С-Н колеблется в зависимости от молекулярной массы и структуры молекулы в пределах 322-435 кДж/моль, энергия диссоциации связи С-С — 250-348 кДж/моль [10]. При разрыве связи С-Н от углеводородной молекулы отрывается водород, при разрыве связи С-С углеводородная молекула разрывается на две неравные части. При кавитационной обработке углеводородного сырья происходит деструкция молекул, вызванная микрокрекингом молекул и процессами ионизации. В результате протекания этих процессов в системе накапливаются «активированные» частицы: радикалы, ионы, ионно-радикальные образования [7].

РИА используются для обработки таких систем, как жидкость-жидкость, жидкость-твердое тело и газ-жидкость, за счет широкого спектра факторов воздействия:

- механического на частицы гетерогенной среды, заключающегося в ударных, срезающих и истирающих нагрузках и контактах с рабочими частями РИА;
- гидродинамического, выражающегося в больших сдвиговых напряжениях в жидкости, развитой турбулентности, пульсациях давления и скорости потока жидкости;
- гидроакустического на жидкость за счет мелкомасштабных пульсаций давления, интенсивной кавитации, ударных волн и нелинейных акустических эффектов.

Были проведены экспериментальные исследования по импульсной многофакторной энергетической обработке мазутов различных нефтеперерабатывающих заводов: Карабашского, Нижнекамского, Шугуровского. Исходные и конечные параметры мазутов после обработки

Таблица 1

Характеристика мазута до и после обработки в роторном импульсном аппарате

Производитель мазута	Время истечения через вискозиметр ВЗ-246 (ГОСТ 9070-75), с, при t=60°C			Температура вспышки, °C			Плотность, кг/м ³		
	Исходное	Конечное	Изменение, %	Исходная	Конечная	Изменение, %	Исходная	Конечная	Изменение, %
Карабашский НПЗ	155	90	42	120	127	5	925	920	-0,5
Шугуровский НПЗ	38	23	39	105	115	9	915	915	0
Нижнекамский НПЗ	165	120	25	145	135	-7	920	920	0

Таблица 2

Разгонка нефти до и после обработки ее в роторном импульсном аппарате

Сырая нефть	Температура начала конденсации паров, °C	Температура °C, при которой перегоняется нефть, % об.				
		10	20	30	40	50
Необработанная	75	134	189	237	286	328
Обработанная	65	110	161	196	241	265
Изменение температуры в результате, °C	10	24	28	41	45	63

в роторном импульсном аппарате приведены в табл. 1.

Многофакторное импульсное энергетическое воздействие на мазуты позволяет снизить вязкость на 20-30%, увеличить температуру вспышки на 5-10%. После кавитационной обработки в РИА в мазуте образуется до 35% дизельного топлива (температура отгонки 250-290°C).

Экспериментальные исследования показали, что обработанная в РИА нефть начинает перегоняться под атмосферным давлением при температуре ниже на 10°C и более, чем необработанная нефть, 50% обработанной нефти перегоняется при температуре 265°C, а 50% необработанной нефти перегоняется при температуре 328°C под атмосферным давлением (табл. 2).

Энергия, вводимая в объем обрабатываемого мазута с учетом затрат энергии на подачу мазута в РИА центробежным насосом, составляла около 200-350 кДж/моль в зависимости от молекулярной массы мазута разных производителей. Удельные затраты энергии при обработке мазута соотносятся с энергией диссоциации связей в молекулах углеводородов, а следовательно имеются все условия для разрыва молекул углеводородного топлива за счет импульсного многофакторного воздействия.

Авторы выражают благодарность Ген. директору ЗАО «Оптсырьеконтракт» Туровцеву С. В. за финансовую поддержку проведенных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. — М.: Издательство Техника. ООО «ТУМА ГРУПП», 2001. — 384 с.
2. Золотухин В.А. Новая технология для переработки тяжелой нефти и осадков нефтеперерабатывающих производств // Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 2004. — № 10. — С. 8-11.
3. Курочкин А.К., Козлов К.Н., Курочкин А.В., Курочкин А.А. Применение процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ» в структуре действующих НПЗ // «Нефтепереработка и нефтехимия - 2005»: Материалы секции Д VI конгресса нефтегазопромышленников России «Нефтегазовый комплекс — реальность и перспективы». — Уфа, 2005. — С. 70-71.
4. Пат. 2078116 РФ, 1997.
5. Пат. 2149886 РФ, 2000.
6. Деструкция углеводородов в кавитационной области в присутствии электрического поля при активации водными растворами электролитов / А.С.Бесов, К.Ю.Колтунов, С.О.Брулев и др. // Письма в ЖТФ. — 2003. — Т. 29, Вып. 5. — С. 71-77.
7. Влияние кавитационного воздействия на углеводородное топливо / А.Ф.Немчин, В.А.Михайлик, Г.Т.Тодорашко, Е.В.Щепкин // Пром. теплотехника. — 2002. — Т. 24, № 6. — С. 60-63.
8. Kenneth S. Suslick. The Chemical Effects of Ultrasound // Scientific American. — 1989. — February. — P. 80-86.
9. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. — М.: Машиностроение-1, 2001. — 260 с.
10. Пилипенко А.Т. Справочник химика. — Киев: Наукова думка, 1987. — 407 с.