СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ

# Бурение & Нефть

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИДЕОЛОГИЯ РОССИИ.
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

НАДЕЖНОСТЬ ПОСТАВОК РОССИЙСКОГО ГАЗА В ЕВРОПУ
И ЦЕНОВАЯ ПОЛИТИКА НА ВНУТРЕННЕМ РЫНКЕ

ГИДРОЦИКЛОННАЯ ОЧИСТКА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

1 ЯНВАРЬ 2007

# УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ДИСТИЛЛЯТА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ОБМЕННЫХ РЕЗОНАНСНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

**В.М. КАПУСТИН**, д. т. н., проф., генеральный директор ОАО «ВНИПИнефть»
**А.М. ИЛЬИНЕЦ**, к. ф-м. н.
**Н.Н. АМИРОВ**, **А.В. НАЗАРОВ**, к. т. н., **Ю.Н. КИТАШОВ**, к. т. н., доц., зам. заведующего кафедрой
**Е.А. ЧЕРНЫШЕВА**, к. х. н., доц., зам. заведующего кафедрой, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
**Л.В. ЛОГИНОВ**, инженер-технолог ОАО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез»
**А.А. СИНЕВ**, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

*Рациональное использование нефти является важнейшей задачей российской нефтепереработки. На НПЗ России глубина переработки нефти не превышает 68 — 70% против 80 — 90% в развитых странах Запада. Повысить глубину переработки нефти возможно за счет строительства новых установок последнего поколения и модернизации действующих, что требует значительных капитальных вложений, причем, как правило, долговременных.*

## Catalysis Cracking Control of the Vacuum Distillate with Exchange Resonance Interaction Method

**V. Kapustin**, VNIPYneft Inst. OAO
**A. Ilyinets**
**N. Amirov, A. Nazarov, Y. Kitashov, E. Chernisheva**, Gubkin Oil&Gas University
**L. Loginov**, Lukoil-Nizhegorodnefteorg Cintes OAO
**A. Sinev** , Gubkin Oil&Gas University

They designed O.R.B. Method which helps to increase deepness of oil recovery which in its turn is based at calculating and come buck reactive system of electromagnetic waves in reasonable regime which are produced at atom's level while dreacking process is in action.

Наиболее крупнотоннажным и важным процессом среди каталитических, позволяющим как увеличивать глубину переработки нефти, так и получать высокооктановые компоненты автомобильных топлив, является каталитический крекинг. Ужесточение экологических требований к автомобильным бензинам приводит к необходимости поиска эффективных методов воздействия на процесс каталитического крекинга — с целью увеличения выхода целевых продуктов и улучшения экологических характеристик топлив.

Существуют альтернативные направления углубления переработки нефти путем модификации сырья, катализаторов. Новые методы на основе ОРВ-технологии позволяют, избежав больших материальных затрат, в кратчайшие сроки достичь поставленных задач.

На кафедре технологии переработки нефти РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина испытан принципиально новый метод воздействия на протекание различных физических и химических процессов.

Известно, что молекулы жидких и газообразных веществ находятся в поступательном, вращательном и колебательном движении. При этом система излучает некий спектр частот слабых электромагнитных волн, зависящий как от свойств самой систе-

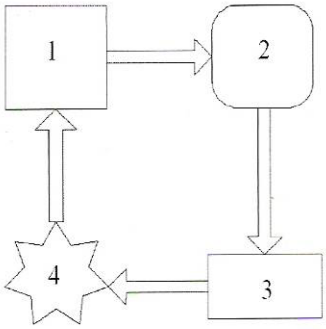


**Рис. 1. Блок-схема ОРВ-метода**

1. Реактор каталитического крекинга.
2. Модуль регистрации.
3. Модулятор.
4. Резонатор.

**Табл. 1. Физико-химическая характеристика вакуумного дистиллята**

| Свойства | Показатели |
|---|---|
| Плотность при 20°С, кг/м3 | 926 |
| Вязкость кинематическая при 50°С, мм2/с | 44,84 |
| Поверхностное натяжение, мН/м | 42,7 |
| Коксуемость, % масс. | 0,4 |
| Содержание серы, % масс. | 1,51 |
| Температура застывания, °С | 24 |
| Начало кипения, °С | 326 |
| Фракционный состав, % масс. | |
| НК-350°С | 7 |
| 350-550°С | 89 |
| >550°С | 4 |

мы, так и от внешних условий, например температуры и давления.

ОРВ-метод основан на регистрации и возвращении в режиме резонанса в реакционную систему электромагнитных волн, испускаемых молекулами в процессе каталитического крекинга.

Положительный эффект применения ОРВ достигается увеличением, за счет резонанса, амплитуды колебаний валентных связей атомов, вступающих в химическую реакцию.

В результате такого автоколебательного воздействия можно добиться интенсификации того или иного технологического процесса. Так, например, увеличение амплитуды колебания молекул фракций легких углеводородов при дистилляции нефтяных фракций способствует ослаблению межмолекулярного взаимодействия, отрыву этих молекул от сольватных оболочек надмолекулярных структур и переходу в паровую фазу, что ведет к увеличению выхода светлых нефтепродуктов. Наоборот, уменьшение этой амплитуды может быть использовано в процессах кристаллизации различных растворов или расплавов для достижения оптимальных свойств системы. Метод также позволяет интенсифицировать процесс дезмульсации пластовых флюидов.

Принципиальная упрощенная блок-схема ОРВ-метода представлена на рис. 1. Принцип работы ОРВ-метода можно представить следующим образом. Модулем регистрации 2 снимают весь спектр слабых электромагнитных волн, излучаемых реакционной системой 1 в процессе каталитического крекинга, затем этот спектр проходит через модулятор 3, позволяющий производить необходимую корректировку сигнала, который попадает в резонатор 4 для концентрирования волн. Резонатор представляет собой тороидальную конструкцию, образованную тонкостенными металлическими листами Мебиуса. Такая конструкция способна многократно повторять введенные в полость тора электромагнитные колебания. Резонатор, прогоняя указанные слабые электромагнитные колебания процесса по многомерной замкнутой поверхности торообразной камеры, возвращает их через пространство в реактор каталитического крекинга для достижения резонансного эффекта с последующим многократным повторением съема и возврата указанных колебаний в реакционную систему.

Проведено исследование возможности увеличения глубины и оптимизации управления процессом каталитического крекинга вакуумного дистиллята путем применения обменных резонансных взаимодействий.

Как известно, для осуществления акта химической реакции требуется избыточное количество энергии по сравнению с некоторой средней величиной, которой должна обладать реагирующая частица (активная), — энергии активации.

Скорость реакции прямо пропорциональна концентрации активных частиц. То есть для увеличения скорости протекания химической реакции необязательно увеличивать концентрацию реагирующего вещества или температуру процесса, для этого достаточно увеличить концентрацию активных частиц, готовых вступить в реакцию. Следовательно, неактивные частицы следует «подпитать» дополнительной энергией. По-видимому, такого рода энергетическую подпитку и осуществляет ОРВ-метод, позволяя части молекул реагирующего вещества перейти в активное состояние. Активная молекула вступает в реакцию, тем самым интенсифицируя процесс каталитического крекинга.

Активизация процесса происходит за счет автоколебательного воздействия на молекулы и атомы, участвующие в процессе. Для активизации процесса с помощью эмпирических данных подбирали те или иные модулирующие частоты.

Объектом исследования был вакуумный дистиллят Рязанского НПЗ, характеристики которого представлены в табл. 1.

Процесс каталитического крекинга проводился на лабораторной установке со стационарным слоем шарикового катализатора Ц-100 при температуре 500°С, объемной скорости 1,2 $ч^{-1}$, кратности циркуляции катализатора, равной 2.

Результаты крекинга при различных модулирующих частотах приведены в табл. 2.

ОРВ оказывает влияние на выход бензина. Наибольший выход бензина наблюдается при совместном воздей-

**Табл. 2. Влияние ОРВ-метода на выход продуктов (% масс.) в процессе каталитического крекинга вакуумного газойля**

| Полученные продукты | Контрольный опыт (без ОРВ, в % на сырье) | Выход соответствующих продуктов (в %) по отношению к контрольному опыту при режиме модуляции ОРВ-метода | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | №1 | №2 | №3 | №4 | №5 | №6 |
| Бензин | 30,15 | 108 | 105 | 112 | 112 | 108 | 115 |
| Газ | 23,37 | 97 | 77 | 80 | 83 | 77 | 104 |
| Газойль 205 — 350°С | 18,71 | 116 | 124 | 140 | 123 | 120 | 114 |
| Газойль выше 350°С | 16,51 | 90 | 78 | 45 | 65 | 95 | 70 |
| Кокс | 8,96 | 92 | 135 | 132 | 114 | 100 | 97 |

Примечание. Потери составляли от 1,18 до 2,53% на сырье

**Табл. 3. Изменение состава газов каталитического крекинга при воздействии обменно-резонансных взаимодействий с различной модуляцией**

| Состав газа, % масс.: | Без ОРВ | Модуляция | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | №1 | №2 | №3 | №4 | №5 | №6 |
| $CH_4$ | 7,53 | 11,86 | 12,43 | 1,68 | 2,22 | 11,20 | 12,94 |
| $C_2H_4$ | 6,76 | 5,27 | 4,59 | 5,58 | 1,57 | 4,90 | 1,69 |
| $C_2H_6$ | 6,67 | 13,04 | 12,41 | 15,05 | 4,89 | 11,52 | 12,10 |
| $C_3H_6$ | 19,72 | 13,97 | 13,63 | 17,57 | 11,81 | 15,75 | 14,00 |
| $C_3H_8$ | 18,35 | 17,10 | 17,00 | 17,16 | 15,05 | 15,03 | 16,69 |
| изо-$C_4H_{10}$ | 28,79 | 18,88 | 18,92 | 16,76 | 26,36 | 19,23 | 18,51 |
| н-$C_4H_{10}$ | 5,43 | 8,52 | 9,05 | 8,93 | 15,93 | 8,81 | 9,15 |
| е$C_4H_8$ | 6,76 | 11,37 | 11,96 | 17,27 | 22,17 | 13,59 | 12,92 |

**Табл. 4. Изменение химического состава бензинов каталитического крекинга при воздействии обменно-резонансных взаимодействий с различной модуляцией**

| Групповой состав бензина, % масс.: | Без ОРВ | Модуляция | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | №1 | №2 | №3 | №4 | №5 | №6 |
| Парафины | 7,70 | 11,87 | 15,73 | 12,56 | 2,26 | 8,01 | 10,50 |
| Изопарафины | 23,90 | 24,78 | 23,48 | 26,54 | 15,49 | 22,70 | 28,05 |
| Ароматические у/в | 42,50 | 35,20 | 16,21 | 20,81 | 16,86 | 40,69 | 35,21 |
| Нафтены | 11,30 | 11,23 | 20,05 | 15,68 | 25,00 | 10,59 | 10,54 |
| Олефины | 14,60 | 16,92 | 24,53 | 24,41 | 40,39 | 18,01 | 15,70 |



ствии резонатора с модулятором №6 и достигает 34,64% масс. (прирост составляет 15% отн.).

Экспериментальные данные показали, что в системе наблюдается положительный эффект от воздействия ОРВ. Наиболее оптимальным является применение модулирующей частоты под №6, так как применение данного модулятора позволяет повысить выход целевого продукта — бензина на 4,5% и снизить выход тяжелого газойля на 4%, при этом выход легкого газойля и содержание кокса не изменяются.

В табл. 3, 4 приведен состав газов и бензинов каталитического крекинга.

Как видно из табл. 3, 4, ОРВ-метод оказывает влияние не только на материальный баланс каталитического крекинга, но и на химический состав продуктов. При этом групповой углеводородный состав бензинов меняется в широких пределах в зависимости от типа модулятора. Во всех случаях снизилось количество ароматических углеводородов, что положительно с точки зрения современных требований по их содержанию в бензинах. Воздействие модулятора №6 приводит к снижению содержания ароматических углеводородов на 7%, и повышению изопарафиновых углеводородов почти на 5%.

Под воздействием модулятора №4 содержание ароматических углеводородов уменьшается более чем в 2,5 раза, однако при этом также уменьшается содержание изопарафиновых углеводородов. Содержание олефиновых углеводородов повышается в 2,7 раза. Это приводит к ухудшению качества бензина из-за его низкой химической стабильности. Вместе с тем высокое содержание легких олефиновых углеводородов перспективно для дальнейшего использования в процессах нефтехимического синтеза и получения высокооктановых компонентов бензинов типа МТБЭ, ЭТБЭ и т.п.

Таким образом, результаты исследования химического состава бензина и газа показали, что ОРВ-метод оказывает существенное влияние не только на материальный баланс каталитического крекинга, но и на химический состав продуктов. Это позволяет оптимизировать процесс управления качеством составом продуктов каталитическо крекинга.

Из проведенных исследований мо но сделать вывод, что применен ОРВ-метода во вторичных каталитиче ких процессах позволит повысить гл бину переработки нефти, что на сего няшний день является актуальным д нефтеперерабатывающей промышле ности РФ.

**Литература**


1. Патент РФ №2247763 — «Способ улучш ния качественных показателей дорожн го битума».
2. Патент РФ №2253498 — «Способ увел чения выхода светлых нефтепродукт при первичной переработке нефти ректификационных установках».
4. «Переработка нефти и производство о новных нефтепродуктов на НПЗ Росси Ежемесячный бюллетень. ИА «Кортес
5. «Нефтепанорама». Еженедельный журн ИА Petroleum Argus.
6. И.М. Колесников. Катализ и производст катализаторов // М., Техника. ТУМ ГРУПП. 2004. С. 400.