

ТЕХНОЛОГИИ ИМПУЛЬСНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЬ И НЕФТЕПРОДУКТЫ

М.А. Промтов

Impulse energy excitation on crude oil stimulates growth of processing technology effectiveness and gain in yield of light hydrocarbon products: there is formed up to 35% of diesel fuel in crude oil.

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 объёма светлых фракций, в основном, используются каталитический крекинг, гидрокрекинг, термический крекинг [1]. Российскими и зарубежными исследователями предлагаются различные способы и технологии позволяющие увеличить выход светлых нефтепродуктов. Основными технологиями переработки нефти являются обессоливание, перегонка и способы вторичной переработки (крекинг, риформинг, пиролиз и т.д.).

Воздействовать на кинетику этих процессов можно химическими веществами (катализаторами, поверхностно-активными веществами, присадками и т.д.) и физическими полями (тепловыми, кавитационными, электромагнитными и т.д.). В настоящее время особое внимание многие исследователи уделяют методам интенсивной обработки нефти и нефтепродуктов с целью увеличения выхода светлых фракций при перегонке, снижения содержания серы и улучшения других характеристик нефти. Для решения этой задачи применяются различные энергетические воздействия в импульсной (пульсационной) форме: механические, гидродинамические, электрические, магнитные [2 - 13].

Выводы по эффективности конкретного импульсного энергетического воздействия на

нефть и нефтепродукты неоднозначные, например, имеются серьезные и аргументированные исследования, показывающие низкую эффективность кавитационного воздействия на органические соединения [14, 15]. Но, существует также много информации о положительном и эффективном воздействии на нефть и нефтепродукты с целью увеличения выхода светлых фракций при перегонке нефти и улучшению их характеристик, например, снижение вязкости и содержания серы [2 - 12].

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. 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].

Технология интенсивного разделения углеводородного сырья (ТИРУС) основана на термомеханическом воздействии, на нефть, инициирующем низкотемпературный крекинг в условиях кавитации и ультразвуковых колебаний без использования катализаторов [2]. В аппарате для проведения ТИРУС на нагретое до подкритичной 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 реакционные среды [3]. Подвод энергии осуществляется методом кавитационно-акустического воздействия, вносящим изменения в гидродинамику и дисперсионную стабильность жидких сред, что по-

Максим Александрович Промтов, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность», Тамбовский государственный технический университет

разному влияет на разные стадии процесса – заметно интенсифицирует одни (деструкцию) и резко замедляет другие (коксообразование).

Применение кавитационно-акустического воздействия, 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. Использование этого технологического приема позволило значительно снизить температуру крекинга – до 410 °С и ниже, избежать нежелательного закоксовывания оборудования, а также снизить давление с 2,5 до 0,5-0,2 МПа и вдвое уменьшить металлоемкость оборудования [3].

В технологии «SonoCracking» компании SulphCo (<http://www.sulphco.com>) используется мощный ультразвук для того, чтобы изменить молекулярные структуры в воде и углеводородах. Технология использует энергию мощного ультразвука для обработки смеси сырой нефти и воды в соединении с катализаторами, разработанными компанией SulphCo. Результатом применения этой технологии является снижение содержания серы в нефти и разрыв цепочек длиномерных молекул, увеличение содержания светлых фракций.

Для разрыва связей в молекулах углеводородных соединений необходимо обеспечить на сложную многокомпонентную систему, которой является нефть и нефтепродукты, многофакторное энергетическое воздействие в импульсной форме. Такое воздействие реализуется в ротор-

ных импульсных аппаратах (РИА) [10,11]. 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:

- механическое воздействие на частицы гетерогенной среды, заключающееся в ударных, срезающих и истирающих нагрузках и контактах с рабочими частями РИА;
- гидродинамическое воздействие, выражающееся в больших сдвиговых напряжениях в жидкости, развитой турбулентности, пульсациях давления и скорости потока жидкости;
- гидроакустическое воздействие на жидкость осуществляется за счет мелкомасштабных пульсаций давления, интенсивной кавитации, ударных волн и нелинейных акустических эффектов.

Нами проведены экспериментальные исследования по импульсной многофакторной энергетической обработке мазутов различных нефтеперерабатывающих заводов: Карабашский НПЗ, Нижнекамский НПЗ, Шугуровский НПЗ. Многофакторное импульсное энергетическое воздействие на мазуты позволяет снизить вязкость на 20-30%, увеличить температуру вспышки на 5-10% [11, 12].

Экспериментальные исследования по импульсной многофакторной энергетической обработке нефти («легкая») показали,



Рис. 1. Роторный импульсный аппарат РИА-250

что многократно обработанная в РИА нефть начинает перегоняться под атмосферным давлением при температуре ниже на 10 °С, чем необработанная нефть, 50% обработанной нефти перегоняется при температуре до 265 °С. Фотография РИА-250, на котором проводилась обработка нефти, показана на рис. 1.

Многофакторное импульсное энергетическое воздействие на мазуты позволяет снизить вязкость на 20-30%, увеличить температуру вспышки на 5-10%, снизить содержание серы в 1.5 раза.

По данным авторов монографии [10], после однократной обработки нефти в роторно-пульсационном акустическом аппарате (РПАА) в интервале температур от НК до 200 °С - выход светлых фракций по сравнению с базовым образцом (необработанная нефть) увеличивается в 4,5 раза, вязкость нефти снижается в среднем в 1,5 раза. Такое увеличение выхода светлых фракций, по мнению авторов [10], можно объяснить тем, что акустическое излучение достаточно большой

интенсивности разрушает дисперсную структуру нефтяного сырья. И чем тяжелее это сырьё, чем больше его вязкость, чем меньше в нём содержится лёгких фракций, тем более эффективен РПАА. При обработке нефтепродукта (типа мазута) в РПАА его вязкость снизилась в 2 раза, температура вспышки - в 1,5 раза, температура застывания - в 2,5 раза, выход светлых фракций увеличился в 1,8 раз. Лабораторные исследования по обезвоживанию нефти на РПАА периодического действия показали, что использование РПАА позволяет сократить количество вводимого реагента (деэмульгатора) в 1,5 - 3 раза по сравнению с обычными нормами введения его в эмульсию (без использования РПАА), использование РПАА позволяет проводить в некоторых случаях обезвоживание нефти без применения реагента. Использование РПАА для процессов обессоливания и обезвоживания нефти дают положительный результат, увеличивая интенсивность и глубину проведения этих процессов в 2 - 2,5 раза [10].

Несомненно, что для создания научной базы для применения импульсных энергетических воздействий в нефтеперегонке и нефтехимии необходимо четкое понимание механизма каждого из видов воздействий и обоснование эффективности такого воздействия. Но, для промышленности важен конечный результат и экономическая эффективность. Критики кавитационных импульсных технологий признают, что при импульсной обработке органических соединений происходит интенсификация тепло-массообмена и возникают су-

щественные тепловые и другие физико-химические эффекты [15]. Импульсное многофакторное воздействие на нефть и нефтепродукты является синергетическим и инициирует физико-химические эффекты на новом качественном уровне.

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. В. А. Золотухин, 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», 2005. Уфа. - С. 70 - 71.
4. Патент № 2078116 РФ. Кладов А.Ф. Способ крекинга нефти и нефтепродуктов и установка для его осуществления. 27.04.1997.
5. Патент № 2149886 РФ. Быков И.Н., Бембель В.М., Колмаков В.А. и др. Способ обработки нефти, нефтепродуктов, углеводов. 27.05.2000.
6. Деструкция углеводов в кавитационной области в присутствии электрического поля при активации водными растворами электро-

литов / А.С. Бесов, К.Ю. Колтунов, С.О. Брулев и др. // Письма в ЖТФ, 2003, том 29, вып. 5. - С. 71 - 77.

7. Влияние кавитационного воздействия на углеводородное топливо / А.Ф. Немчин, В.А. Михайлик, Г.Т. Тодорашко, Е.В. Щелкин // Пром. теплотехника, 2002, том 24, № 6. - С. 60 - 63.
8. Kenneth S. Suslick. The Chemical Effects of Ultrasound // Scientific American, 1989, February. - P. 80 - 86.
9. R. Tao, X. Xu. Reducing the Viscosity of Crude Oil by Pulsed Electric or Magnetic Field // Energy & Fuels, 2006, 20 (5). - P. 2046-2051.
10. Роторно-пульсационные акустические аппараты / В.М.Фомин, А.А.Корноухов, В.Н. Понькин и др. - Казань: Изд. «Отечество», 2010. - 136 с.
11. Промтов М.А., Авсеев А.С. Импульсные технологии переработки нефти и нефтепродуктов // Нефтепереработка и нефтехимия. 2007. №6. С. 22-24.
12. Промтов М.А. Кавитационная технология улучшения качества углеводородных топлив. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2008. №2. С. 6-8.
13. Промтов М. А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. - М.: Машиностроение 1; 2001. - 260 с.
14. Нестеренко А.И., Берлиозов Ю.С. Возможность крекинга углеводов под действием кавитации. // Химия и технология топлив и масел, 2007, №6. - С. 43 - 44.
15. Исследование химических превращений органических соединений при кавитационном воздействии / В. А. Яковлев, С. Г. Заварухин, В. Т. Кузавов и др. // Хим. физика, 2010, Т. 29, №3. - С. 43 - 51.