

УДК 665.654.2

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА  
НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ В ОАО «НАФТАН»  
С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОСТАТОЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

**С.В. МОНАСТЫРЁВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.А. ЕРМАК)*

*Рассмотрены основные тенденции развития современных нефтеперерабатывающих предприятий и перспективы использования процессов гидрокрекинга для переработки нефтяных остатков. Проанализированы основные достоинства и недостатки существующих технологий процесса гидрокрекинга нефтяных остатков в зависимости от конфигурации применяемого реактора. Рассмотрены особенности технологии Veba Comb Cracking (VCC). На основании анализа поточной схемы ОАО «Нафтан» выявлены ресурсы сырья для блоков гидроподготовки и гидрокрекинга комплекса гидрокрекинга нефтяных остатков.*

Основными тенденциями развития современных нефтеперерабатывающих предприятий являются повышение глубины переработки нефти, увеличение производства топлив, повышение их качества, обеспечение экологической и промышленной безопасности производства. Глубина переработки нефти служит показателем, характеризующим возможность НПЗ производить большее количество более ценных нефтепродуктов, чем мазут или котельное топливо, т.е. эффективность использования сырья [1].

Глубина переработки нефти в ОАО «Нафтан», согласно источникам [2; 3] в период с 2012 по 2015 год находилась в пределах от 70,3 до 75,6%. Ожидается, что в результате реализации комплексной программы развития предприятия этот показатель повысится до 89...90% [4]. Увеличение глубины переработки нефти в ОАО «Нафтан» главным образом будет достигнуто за счет включения в схему завода процесса замедленного коксования нефтяных остатков. Однако в долгосрочной перспективе для повышения технико-экономических показателей работы завода требуется внедрение новых процессов, углубляющих переработку нефти.

В США, где глубина переработки нефти на НПЗ достигает 95%, наиболее распространена схема переработки мазута, включающая в себя процессы коксования, каталитического крекинга и гидрокрекинга. Одним из наиболее эффективных процессов переработки нефтяных остатков является гидрокрекинг, позволяющий получать дополнительное количество светлых продуктов и сырьё для вторичных процессов, в частности каталитического крекинга [5].

**Исследовательская часть.** Цель настоящей работы рассмотреть существующие технологии гидрокрекинга нефтяных остатков и проанализировать возможности внедрения данного процесса в поточную схему ОАО «Нафтан» с целью обеспечения безостаточной переработки нефти.

Применение остаточного сырья в процессе гидрокрекинга имеет огромное промышленное значение. Данный процесс позволяет значительно повысить глубину переработки нефти, увеличив при этом выход светлых нефтепродуктов, что выгодно отразится на экономике предприятия.

Основными процессами гидрокрекинга нефтяных остатков, в зависимости от конфигурации применяемого реактора, являются [6]:

- реактор со стационарным слоем катализатора – Axens (Hyvahl), Chevron (RDS/VRDS), Exxon, Shell (RHU), UOP (RCD/Union Fining);
- реактор с движущимся слоем катализатора – Shell (Hycon), Chevron (OCR), Axens (Hyvahl-M);
- реактор с «кипящим» (ebullated bed) слоем катализатора – Axens (H-Oil), ABB Chevron Lummus (LC-Fining);
- реактор с суспензированным (slurry/entrained bed) слоем катализатора – Veba (VCC), Petrocanada (Canmet), Exxon (Microcat), Eni (EST). UOP (Uniflex, Aurabam).

Трудности, которые возникают при каталитической переработке тяжелых нефтяных остатков, связаны в основном с отложением кокса на поверхности катализатора и необратимого его отравления металлоорганическими соединениями, содержащимися в сырье. К недостаткам процессов гидрокрекинга со стационарным слоем катализатора следует отнести его быструю дезактивацию, в связи с чем суммарное содержание ванадия и никеля в сырье не должно превышать 400 мг/кг [7], а содержание азота и асфальтенов – не более 1500 мг/кг и 1% масс. соответственно [8]. Использование процессов с движущимся слоем катализатора позволяет перерабатывать сырьё с содержанием тяжелых металлов до 700 мг/кг. При этом конверсия сырья не превышает 70% масс.

Активность катализатора возрастает, если его эксплуатируют в трехфазном, так называемом «кипящем», слое, который создают движущимися потоками газа, жидкости и катализатора. Поддержание активности катализатора осуществляется непрерывной заменой в ходе процесса части отработанного катализатора свежим [9].

К преимуществам процессов с «кипящим» слоем катализатора следует отнести:

- изотермичность процесса, которая обеспечивается заданным соотношением скоростей жидкой и газовой фаз; при этом перепад температуры по высоте слоя не превышает 3...4 °С;
- низкий перепад давления;
- возможность переработки сырья с содержанием металлов более 700 мг/кг [7];
- конверсия сырья до 80% масс.

Возможность постоянного обновления катализатора способствует достижению постоянных выходов продуктов и устраняет необходимость периодических остановок для выгрузки катализатора.

К недостаткам процессов с «кипящим» слоем следует отнести необходимость постоянного подвода свежего или регенерированного катализатора, сложность конструкции и обслуживания реактора, большие капитальные и эксплуатационные затраты. Степень обновления катализатора, его расход и соответственно технико-экономические показатели процесса зависят от качества исходного сырья – содержания в нем вредных примесей, особенно ванадия и асфальтенов. С повышением концентрации металлов в сырье эксплуатационные затраты процессов с «кипящим» слоем существенно возрастают, что требует использования защитного реактора демееталлизации сырья.

В реакторах с суспензированным слоем используются одноразовые катализаторы, представляющие собой порошок с размером частиц менее 2 мкм, состоящие, по различным данным, из сульфида молибдена [6], мелкодисперсного угля, пропитанного сульфатом железа, прочих железосодержащих катализаторов без дорогостоящих компонентов, а также бурого угольного кокса [10]. Расход катализатора, как правило, составляет не более 2% масс. на сырьё. Одним из примеров данной технологии является процесс Veba Combi Cracking (VCC), предназначенный для переработки как гудронов тяжелых нефтей, так и асфальта процесса деасфальтизации гудронов, вакуумных остатков висбрекинга, тяжелых смол термического крекинга и т.п. Технология VCC представляет собой комбинацию процессов гидроподготовки сырья в суспензированном слое дешевого катализатора и гидрокрекинга со стационарным слоем катализатора. Конверсия сырья в процессе VCC достигает 95% масс. На стадии гидроподготовки образуется около 5% масс. пека, содержащего отработанный катализатор и не превращенное сырьё.

Таким образом, при включении в схему завода процесса VCC на НПЗ практически не образуется остатков, то есть этот процесс позволяет осуществлять безостаточную переработку нефти без получения мазута.

С целью осуществления безостаточной переработки нефти в ОАО «Нафтан», учитывая вышесказанное, в технологическую схему завода предлагается включить процесс переработки остаточного сырья по технологии VCC.

В результате детального анализа поточной схемы ОАО «Нафтан» выявлено, что в качестве сырья блока гидроподготовки комплекса гидрокрекинга нефтяных остатков могут быть использованы:

- гудрон с установок АВТ-2, АВТ-6, ВТ-1, а также со строящегося на АВТ-2 вакуумного блока для переработки мазута установки АТ-8;
- тяжелый газойль со строящейся установки замедленного коксования (УЗК);
- асфальт с установки деасфальтизации гудрона пропаном;
- остаток с вакуумного блока установки «Висбрекинг-Термокрекинг».

Основным сырьём блока гидрокрекинга будет являться вакуумный газойль, получаемый в блоке гидроподготовки тяжелого сырья, а также, при необходимости, вакуумные газойли с установок АВТ-2, АВТ-6, ВТ-1, вакуумного блока установки «Висбрекинг-Термокрекинг», атмосферный остаток с установки «Фракционирование» комплекса гидрокрекинга вакуумных газойлей по технологии «Юникрекинг» (UOP), остаток-рециркулят с блока фракционирования продуктов гидрокрекинга.

Помимо блоков гидроподготовки, гидрокрекинга и фракционирования продуктов, получаемых на установке VCC, в состав комплекса гидрокрекинга нефтяных остатков следует включить следующие блоки и установки:

- блок аминной очистки циркулирующего водородсодержащего газа и углеводородных газов;
- установка регенерации раствора амина;
- установка отпарки кислой воды;
- установка по производству водорода;
- установка по производству серы.

При прогнозируемой мощности завода по переработке нефти до 12 млн тонн в год и повышении глубины переработки нефти с 90 до 98% проектная мощность блока гидроподготовки остаточного сырья комплекса гидрокрекинга нефтяных остатков составит около 1 млн тонн в год.

Мощность блока гидрокрекинга с учетом рециркуляции образующегося остатка – около 1,5 млн тонн в год. Выход пека с блока гидроподготовки сырья составит не более 0,5% масс. от количества перерабатываемой нефти.

**Заключение.** В результате проведенных исследований выявлено, что для обеспечения безостаточной переработки нефти в схему ОАО «Нафтан» целесообразно включить комплекс по переработке нефтяных остатков с использованием технологического процесса Veba Combi Cracking (VCC).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов, С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа / С.А. Ахметов. – Уфа : Изд-во «Гилем», 2002. – 672 с.
2. Нефтепереработка 2015 / ЗАО Инвестиционная компания ЮНИТЕР, апрель 2015. – 19 с.
3. Развитие / Официальный сайт ОАО «Нафтан» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.naftan.by/ru/develop.aspx>. – Дата доступа: 07.09.2016.
4. На стройплощадках не прекращается работа // Вестн. Белнефтехима. – 2015. – № 4. – С. 37–39.
5. Капустин, В.М. Химия и технология переработки нефти / В.М. Капустин, М.Г. Рудин. – М. : Химия, 2013. – 496 с.
6. Beccari, Mario Encyclopedia of hydrocarbons / Mario Beccari, Ugo Romano. / Vol. II, Refining and petrochemicals. – Rome: ENI, Istituto della Enciclopedia italiana, 2006. – P. 309–323.
7. Fahim, M.A. Fundamentals of petroleum refining / M.A. Fahim, T.A. Al-Sahhaf, A.S. Elkilani. – Khaideya, Kuwait; Department of Chemical Engineering Kuwait University, 2010. – 513 p.
8. Каминский, Э.Ф. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты / Э.Ф. Каминский, В.А. Хавкин. – М. : Изд-во «Техника», ООО «ТУМАГРУПП», 2001. – 384 с.
9. Капустин, В.М. Технология переработки нефти: в 4-х ч. / В.М. Капустин, А.А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – Ч. 2 : Физико-химические процессы. – 400 с.
10. Козин, В.Г. Современные технологии производства компонентов моторных топлив / В.Г. Козин, Н.Л. Солодова, Н.Ю. Башкирцева. – Казань, 2008. – 328 с.