

УГЛУБЛЕНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ДОСТУПНЫМИ ПРОЦЕССАМИ



Достичь глубины переработки нефти (ГПН) свыше 85-90% — уже более чем 30-летняя задача отечественной нефтеперерабатывающей отрасли. И если более 20 лет назад такие задачи записывались в министерских программах, то в последние годы о необходимости углубления переработки нефти говорят все чиновники и менеджеры всех ВИНК и НПЗ со всех нефтяных трибун.

В 2009 году средний показатель ГПН по отрасли составил около 70%. Из 28 НПЗ только 5 имеют глубину переработки свыше 80%. В разрабатываемых в Минэнерго программах и планах развития отрасли лишь к 2020 году (очередной раз) планируется достичь ГПН 80-85%.

Александр Курочкин
к.т.н., генеральный директор проектов
ООО «НПЦ «Термакат»

Стратегические цели модернизации отечественной нефтепереработки предельно четки, ясны и конкретны: производство топлив по Евро-5 и минимизация выхода мазута. И путь понятен: необходимо строить и вводить в эксплуатацию конверсионные процессы, увеличив их мощность практически в 2 раза: с 72 до 136 млн тонн в год. И пример всегда рядом: в США доля углубляющих процессов более 55%, а в России — лишь 17%. Надо догонять. Можно применить классический набор процессов. Но это долго и очень дорого. Вот здесь и должен проявиться высокий профессионализм отечественного технологического менеджмента: необходимо найти наиболее эффек-

тивные технологические решения для модернизации каждого НПЗ.

При поиске новых адаптируемых или интегрируемых технологических решений в привязке к действующим производствам необходимо, в первую очередь, учитывать такие специфические свойства тяжелых остатков, как повышенное содержание смол и асфальтенов, а также высокие показатели коксуюмости. Эти свойства косвенно указывают на то, что классические способы вторичной переработки тяжелых нефтяных остатков (термический крекинг, деасфальтизация и коксование) будут иметь ограниченный предел возможного максимального отбора светлых дистиллятных фракций, т.е. углубления переработки нефти.

Доступные процессы

В США основной конверсионный процесс — замедленное коксование гудронов, он обеспечивает максимальный выход дистиллятных фракций в 60-80% от сырья. При этом дистиллятные фракции коксования тяжелых остатков соответствуют характеристикам средних и тяжелых газойлевых фракций. Средние дистилляты после гидроочистки направляют в дизтоплива, а тяжелые газойли направляют на каталитическую переработку. В Канаде и Венесуэле уже более 20 лет процесс замедленного коксования используется как базовый для промышленной переработки тяжелых нефтей. Но применительно к высокосернистым нефтям процесс коксования становится экологически неприемлемым.

Производимый в громадных количествах высокосернистый кокс как топливный продукт не находит квалифицированного применения. Подвергать обессериванию такой кокс нерентабельно. В России плохой кокс также не нужен, тем более в огромном количестве. Сам процесс замедленного коксования весьма энергоемок, экологически грязен и в малых мощностях нерентабелен. Необходим поиск других технологий.

Процессы гидрокрекинга и газификации, как одни из самых дорогостоящих, в ближайшие, по крайней мере 3-5 лет, для отечественных НПЗ будут недоступны, поэтому мы их здесь не рассматриваем.

Для России мы рассматриваем процессы с малой капиталоемкостью. Многие фирмы ведут усиленный поиск эффективных технологий глубокой переработки тяжелых остатков. В их основе, прежде всего, рассматривается решение задач получения квалифицированного остаточного продукта. К таковым относят высокоплавкий пек, битумы различных видов и марок, остаточные тяжелые энергетические топлива — «жидкий кокс». Выход остаточного продукта должен быть в минимальном количестве, тогда его можно достаточно рентабельно перерабатывать и коксованием, и газификацией и гидрокрекингом.

При выборе вторичного процесса переработки нефтяных остатков мы также берем за базовый критерий оценки эффективности процесса возможность получать востребованный и качественный остаточный продукт. Особенно востребованным для России, несомненно, является высококачественный дорожный битум. Битум, извечно проблемный продукт, особенно для строительства хороших дорог. И если найти эффективный процесс производства высококачественного битума, то вполне очевидно, что при этом одновременно должна быть решена и проблема углубления переработки нефти, т.е. технология должна обеспечить и максимально возможную конверсию тяжелых углеводородных ингредиентов, не входящих в состав битумов, в среднедистиллятные фракции.

Среди технологических процессов, пригодных к переработке и перспективных для углубления тяжелых



Фото 1: модернизация установки DRW на НПЗ-Ясло (Польша), смонтированные 2 единицы оборудования позволили получить дополнительно 14% бензино-дизельных фракций

остатков, можно рассматривать: вакуумную перегонку мазута, деасфальтизацию гудрона, висбрекинг мазута.

Вакуумная перегонка мазута

Процесс позиционируется как самый известный для производства гудронов и битумов. Общеизвестно, что до 80-90% гудронов, получаемых вакуумной перегонкой мазута не соответствуют по качественным показателям товарным битумам, и гудроны используют в качестве сырья для получения битумов окислением. В большинстве случаев перед окислением гудроны необхо-

димо дополнительно подвергнуть висбрекингу, в первую очередь, для снижения вязкости получаемых котельных топлив, а также, чтобы снизить содержание трудноокисляемых парафиновых углеводородов в битумном сырье. Получаемые при вакуумной перегонке мазута вакуумные газойли отличаются высокой плотностью (более 900 кг/м³), высокой вязкостью, высокими температурами застывания (зачастую выше +30-40 °С). Высоковязкие и, как правило, высокопарафинистые вакуумные газойли являются полупродуктом и подвергаются дальнейшей квалифицированной каталитической

Рис. 1 Процесс Shell Thermal Gasoil (Shell, Голландия/Англия)

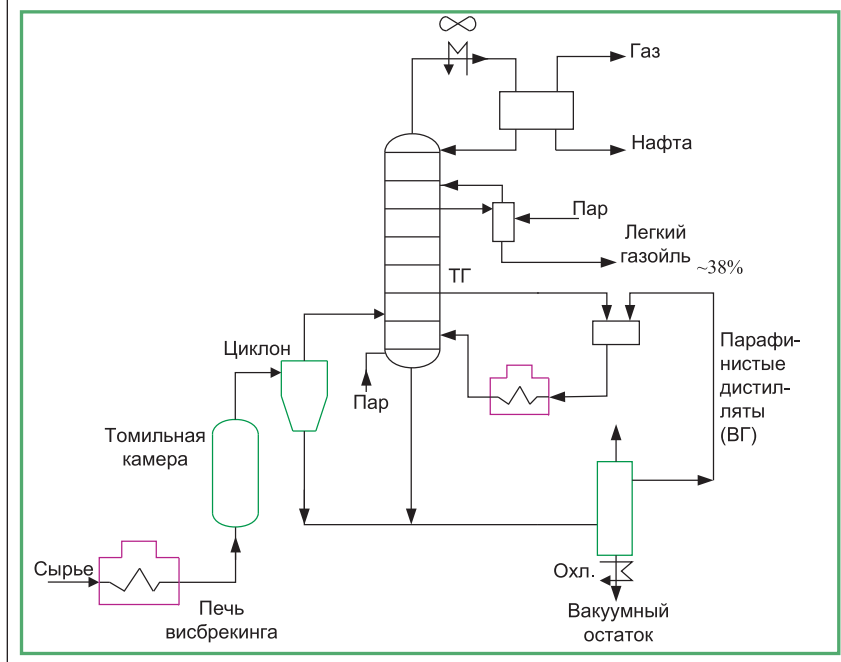
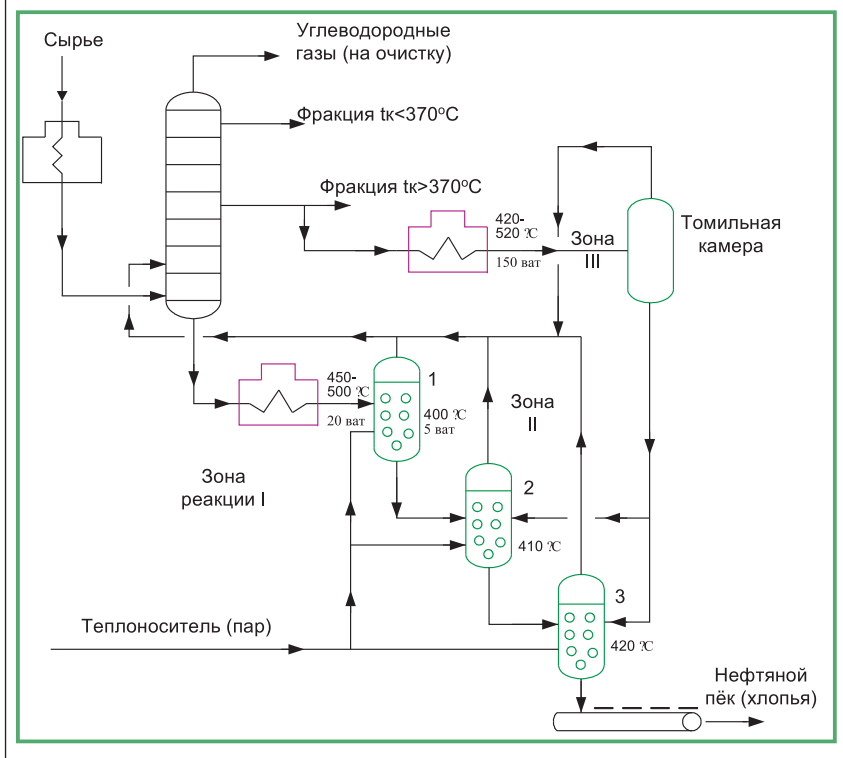


Рис. 2 Процесс Eureka II (Chiyoda, Япония)



переработке. Основное количество гудронов появляется на рынке под торговой маркой «мазут» — котельное топливо М-100. Процесс уже не может удовлетворить современные требования к задачам по углублению переработки. Таким образом, вакуумная перегонка не может далее служить базовым процессом для кардинального увеличения глубины переработки нефти.

Деасфальтизация гудрона

На НПЗ пропановую деасфальтизацию чаще всего применяют в технологиях производства высокоиндексных масел. Деасфальтизацию гудронов бензином используют как процесс наработки сырья для производства битумов. Выделяемая асфальтовая фаза не всегда соответствует свойствам требуемого качества товарных битумов. Поэтому полученный асфальтит либо необходимо дополнительно окислять до битумов, либо разбавлять масляной фазой. Легкая фаза процесса деасфальтизации — деасфальтизат имеет еще более тяжелые показатели нежели вакуумный газойль: плотность >920 кг/м³, температура застывания >40 С, еще более высокую вязкость, и также требует дальнейшей квалифицированной каталитической переработки. Высоковязкие деасфальтиза-

ты проблемны для перекачки. Самый большой недостаток процесса деасфальтизации — его высокая энергоемкость, вследствие чего и капитальные затраты более чем в 2 раза выше, чем у процесса вакуумной перегонки. Основное количество асфальтита необходимо направлять на переработку на конверсионные процессы: замедленное коксование, газификацию.

Процесс деасфальтизации не удовлетворяет требованиям одновременного углубления переработки нефти и производства качественных дорожных битумов, и не рекомендуется в качестве эффективного процесса для увеличения ГПН.

Висбрекинг мазута

Процесс набирает вторую волну технологической востребованности. Если раньше висбрекинг использовали для снижения вязкости гудронов, то теперь это основной процесс для углубления переработки нефти. Все ведущие мировые фирмы (Shell, UOP, Foster Wuiller, KBR, Chioda и др.) разработали за последние годы по несколько оригинальных решений. Основное достоинство новых термических процессов: простота, надежность и малая стоимость аппаратурных решений для глубокой конверсии тяжелых нефтяных остатков на

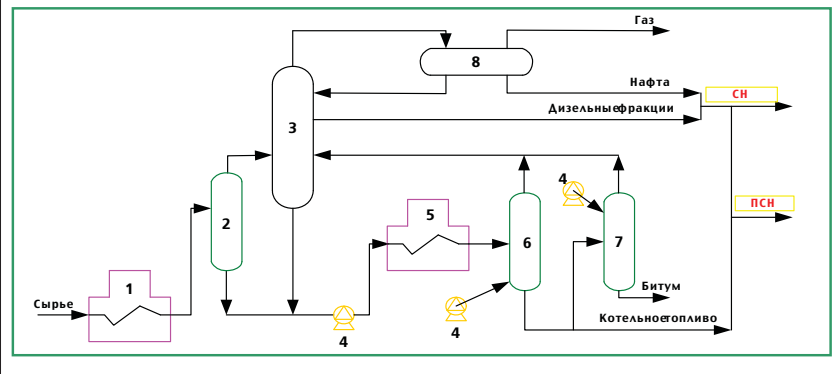
увеличение выхода средне-дистиллятных фракций на 40-60%. На рис. 1 и 2 приведены принципиальные схемы процессов висбрекинга фирм Shell и Chioda, в которых применены оригинальные технологические решения на максимальную выработку среднедистиллятных (бензино-дизельных) фракций из тяжелых нефтяных остатков. В указанных процессах висбрекинга отмечена возможность производства дорожных битумов и энергетических топлив — «жидких коксов».

Следует обратить внимание, что и Shell и Chioda тяжелые атмосферные и вакуумные газойли отправляют в печи жесткого крекинга, и в результате — выход фракций с температурой кипения более 370°C исключается! В продуктах только бензино-дизельные фракции и очень тяжелый остаток. Тяжелых газойлей — нет!

Процесс «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ®»

Процесс «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ®» обеспечивает максимальную конверсию мазута в бензино-дизельные фракции — до 88-93%. В технологии «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ®» разработчики вышли на управление параллельно протекающими процессами — процессами термодеструкции и термополиконденсации, причем стадия деструкции осуществляется в пролонгированном режиме, а термополиконденсации — в отложенном, что позволяет получать в максимальном количестве бензино-дизельные дистилляты, а в остатке — высококачественные дорожные битумы заданных свойств. В зависимости от исходного содержания асфальтенов в нефти, выход битумных остатков может колебаться от 3-5 до 20-30%. При отсутствии потребности в битумах производится вторичное котельное топливо или сырье для газификации/гидрокрекинга. Энергозатраты на процесс сравнимы с вакуумной перегонкой мазута, которая, кстати, в этом случае совершенно не нужна. Висбрекинг мазута протекает мягче и глубже, нежели висбрекинг гудрона, и процесс надежнее в эксплуатации — исключается закоксовывание оборудования, что в случае с гудроном является основным отрицательным фактором. Один из самых малобюджетных методов модернизации НПЗ — это интегрирование про-

Рис. 3 Принципиальная схема "Висбрекинг-ТЕРМАКАТ®"
 1- печь висбрекинга, 2 – реактор-сепаратор, 3 – атмосферная ректификационная колонна, 4 – кавитационно-акустические насосы, 5 – реакционная печь, 6 – реактор термоллиза, 7 – реактор термополиконденсации, 8 – сепаратор.



цесса «ВБ-Тк» с атмосферной или вакуумной перегонкой. Затраты минимальны, а дополнительный выход светлых фракций – более 15-30%.

Из приведенных сравнений трех технологических процессов, как возможных вариантов для модернизации действующих НПЗ на увеличение глубины переработки нефти, наибольшее преимущество имеет конфигурация технологической схемы на базе технологии «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ®». Его главное достоинство: простота аппаратно-технологических решений, минимально требуемый инвестиционный бюджет на строительство установки, высокая универсальность по круглогодичному производству всегда востребованной продукции.

Базовый процесс углубления переработки тяжелых остатков

Качественный и количественный состав конечных продуктов техно-

логии «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ®», как и любого термического процесса, прежде всего, зависит от структурно-группового состава исходного сырья. Проводя процесс с учетом химических и физико-химических закономерностей термических превращений углеводородов, варьируя температуру процесса, давление в зоне реакции, время пребывания сырья в реакционной зоне, меняя агрегатное состояние реакционной массы за счет рециркулирующих потоков, получают дистиллятные и остаточные продукты желаемого качества и ассортимента. Для интенсификации желательных направлений процесса термоллиза, и, прежде всего, реакций деструкции парафиновых углеводородов и агрегатных комплексов смолисто-асфальтеновых соединений, в технологии используются кавитационные эффекты. Кавитационно-акустическое воздействие, генерируемое гидродинамическими излучате-

лями (кавитационно-акустическими насосами), позволяет подводить к реакционной массе энергию в высокопотенциальном виде. Кроме того, такое физическое воздействие вносит ощутимые изменения в гидродинамику и дисперсионную стабильность жидких сред, по-разному влияя на процессы, протекающие в реакционной среде. Заметно интенсифицируются одни процессы (деструкция), и резко замедляются другие (коксообразование).

Поток энергии, передаваемой реакционной среде за счет кинетической энергии движения стенок схлопывающихся кавитационных пузырьков, весьма велик, что позволяет в нашем варианте висбрекинга снизить температуру процесса на 50-80°C. Термоллиз идет практически вне области температур коксования. Агрегативная стабильность реакционной среды сохраняется даже при повышенной концентрации асфальтенов. Химический процесс может идти не минуты, а десятки минут. Результат – большая глубина превращения тяжелых углеводородов нефтяного сырья в светлые среднедистиллятные фракции и малый выход остаточного продукта – концентрированного коллоидного раствора смол и асфальтенов, – идеальной основы для производства битумов или пеков.

Углубление процесса приводит к увеличению концентрации асфальтенов и получению битума или пеков без применения технологии окисления. Свойства полученных остаточных неокисленных битумов могут регулироваться в широком диапазоне значений, что гарантирует выпуск товарных битумов заранее заданной марки. Дополнительно получаемые бензино-дизельные дистиллятные фракции направляются на облагораживание по классическим схемам их переработки.

Таким образом, создана простая и надежная отечественная технология глубокой переработки тяжелых нефтяных остатков, которая позволяет на 15-30% увеличить отбор светлых бензино-дизельных фракций путем модернизации существующих производств в минимальные сроки и с доступными капитальными затратами.■



Фото 2: кавитационно-акустический насос позволяет снизить температуру процесса и повысить агрегативную стабильность термолизируемой жидкой фазы.