

И. Б. Грудников (д.т.н., проф.)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫХОДА КОКСА ПО КОКСУЕМОСТИ НЕФТИ В ПРОЦЕССЕ КОКСОВАНИЯ ОСТАТКОВ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
кафедра нефтехимии и химической технологии
450062 Уфа, ул. Космонавтов, 1; тел (347)2420932; e-mail: grudnikov@ufanet.ru

I. B. Grudnikov

PREDICTION OF COKE YIELD BY OIL COKING ABILITY IN THE PROCESS OF COKING OIL DISTILLATION RESIDUES

Ufa State Petroleum Technological University
1, Kosmonavtov Str., 450062, Ufa, Russia; ph. (347)2420932; e-mail: grudnikov@ufanet.ru

Рассмотрено коксование остатков перегонки нефти на установках замедленного коксования. Показано отсутствие метода прогнозирования выхода кокса. С учетом концепции взаимной обусловленности содержания компонентов в нефти разработан метод прогнозирования выхода кокса. Характеристика сырой нефти: коксуемость и выход остатков перегонки нефти может быть использована для прогнозирования выхода кокса на установке замедленного коксования без каких-либо дополнительных экспериментов.

Ключевые слова: замедленное коксование, коксование остатков перегонки нефти, коксуемость нефти, прогнозирование выхода кокса.

Coking oil distillation residues at delayed coking installations have been considered. The lack of the method of the prediction of coke yield has been showed. Taking into account the concept of cross-conditionality of oil component content the method of the prediction of coke yield has been developed. Crude oil characteristic: oil coke ability and oil distillation residues yield can be used for the prediction of coke yield at delayed coking installation without any additional experiments.

Key words: coke yield, coking oil distillation residues, delayed coking, oil coke ability, prediction of coke yield.

Процесс коксования нефтяного сырья позволяет увеличить выход жидких нефтепродуктов, а также приводит к получению газообразных продуктов и кокса, который во многих случаях является ценным материалом в других отраслях промышленности. Для изучения процесса является полезным определение коксуемости сырья по Конрадсону. Метод заключается в нагревании образца сырья в стандартных условиях при атмосферном давлении. Вследствие термического крекинга образца происходит как испарение паров и жидких фракций, так и образование продуктов уплотнения — кокса. Таким же образом процесс коксования протекает и в промышленных кубах. Поэтому коксуемость сырья по Конрадсону численно выражает выход кокса на сырье кок-

сования в кубах. Однако современные установки используют иной вариант коксования: сырье предварительно нагревают в трубчатой печи и затем подают его в реакционную камеру, при постепенном заполнении которой происходит термический крекинг сырья с выводом газожидкостной фазы и накоплением твердой фазы — кокса. Процесс проводят при давлении выше атмосферного, а часть жидкости возвращают в камеру, рециркулируют. То и другое позволяет получить дополнительное количество кокса по сравнению с коксованием в кубах. В этом случае выход кокса на сырье коксования можно связать с коксуемостью сырья посредством коэффициента пропорциональности, превышающего единицу. Но конкретная величина этого коэффициента, как по-

Дата поступления 02.10.19

казывает зарубежная и отечественная практика, сильно зависит не только от величины давления и коэффициента рециркуляции, но и от собственно коксуетости сырья ¹.

Поэтому для определения выхода кокса на промышленных установках замедленного коксования проводят предварительные исследования на лабораторном и нестандартном пилотном оборудовании. Например, нужно получить представительный образец нефти, провести его атмосферную и вакуумную перегонку с получением остатков перегонки, различающихся разной глубиной отбора дистиллятов, и провести коксование этих остатков при разных давлениях и коэффициентах рециркуляции. В результате можно определить выход кокса, соответствующий промышленным условиям. К сожалению, такой подход требует много времени и часто недоступен.

Целесообразно разработать более простой метод расчета выхода кокса, например, по справочной характеристике исходной нефти.

Сформировавшуюся в залежи нефть можно считать единым организмом, и это дает основание полагать, что по какой-то отдельной части этого организма допустимо судить о других его частях. Исходя из принципа единства законов природы, уместно вспомнить предложенный Кювье (Cuvier) закон соотношения органов животных организмов (и их функциональной корреляции), в силу которого изменение в одном из органов сопровождается непременно рядом изменений в других. Применительно к решению нашей задачи интересно отметить известные в зарубежной практике зависимости, позволяющие по одному из разных вариантов рассчитать выход на нефть остаточного битума с пенетрацией 100 единиц: a — по коксуетости нефти, b — по плотности нефти и c — по выходу остатка перегонки нефти и его плотности ². Очевидно, эти показатели взаимосвязаны и могут быть использованы для выбора технологии ³. Следует подчеркнуть, что упомянутые показатели качества нефти входят в ее характеристику.

На основании изложенного принято, что расчет выхода кокса в процессе замедленного коксования может быть основан на использовании справочной характеристики нефти — коксуетости по Конрадсону, причем образование дополнительного количества кокса вследствие рециркуляции дистиллята коксования следует определить в ходе типичного эксперимента.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования использованы следующие нефти (в скобках указана их коксуетость по Конрадсону): североварьеганская (1.14%), варьеганская (1.43%), сахалинская (1.6%), ак-дарьинская (1.8%), котуртепинская (2.2%), самотлорская (2.5%), западнотэбукская (3.9%) ¹.

В лабораторных условиях получены остатки атмосферной и вакуумной перегонки нефтей, различающиеся отбором дистиллятов. Проведено коксование полученных остатков с определением выходов кокса. Использованы также промышленные и литературные данные. С учетом того, что на выход кокса в процессе замедленного коксования влияют величины давления и коэффициента рециркуляции, учитывались результаты опытов, проведенных на обычных режимах работы установок замедленного коксования, вырабатывающих малосернистый кокс, т. е. при коэффициенте рециркуляции примерно 1.3 и давлении в реакторах 0.30–0.35 МПа.

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты обобщены в виде аналитической зависимости, связывающей выход кокса при коксовании остатка перегонки с характеристикой исходной нефти: ее коксуетостью и выходом остатка перегонки (в расчете на нефть). Это позволяет, зная справочную характеристику нефти, без дальнейшей экспериментальной работы рассчитать выход кокса в процессе замедленного коксования того или иного остатка перегонки этой нефти.

Следует оценить допустимую область применения установленной зависимости, поскольку ее эмпирический коэффициент получен при конкретных вышеуказанных величинах коэффициентов рециркуляции и давления, увеличение которых способствует увеличению выхода кокса (и уменьшению производительности).

Учитывая величины коэффициентов рециркуляции и давления, представленные в литературе: 1.2–1.6 и 0.18–0.4 МПа ⁴; 1.25–1.3 и 0.32–0.36 МПа ⁵; 1.4–1.8 ⁶; 1.4–1.6 ⁷ — можно заключить, что выбранный нами режим в общем соответствует используемому в промышленности, несколько отличаясь меньшими величинами, что минимизирует выход кокса, а это обычно и является целью процесса замед-

ленного коксования. Таким образом, полученные результаты пригодны для решения практических задач.

Для удобства использования установленные зависимости выхода кокса от коксуемости нефти и выхода остатка перегонки представлены графически (рис.), причем коксуемости нефтей выражены целочисленными величинами: 1, 2, 3 и 4 %, что облегчает нахождение искомого результата и для промежуточных величин — путем визуальной интерполяции на графике.

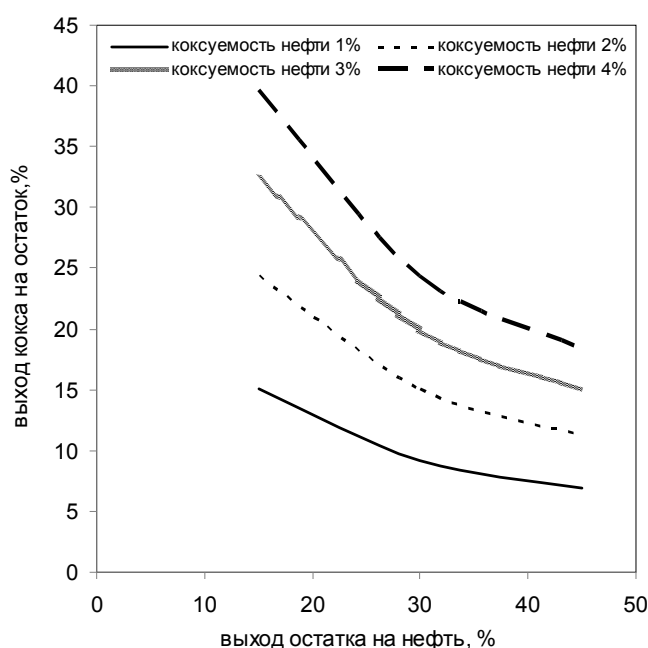


Рис. Зависимость выхода кокса от коксуемости нефти и выхода остатка перегонки на нефть

Литература

1. Грудников И.Б. Расчет выхода кокса при коксовании нефтяных остатков // Химия и технология топлив и масел. — 1981. — №10. — С.52-53.
2. Грудников И.Б. Нефтяные битумы. Процессы и технологии производства. — Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2015. — 288 с.
3. Грудников И.Б., Худайдатова Л.Б. Снижение энергозатрат на комбинированных установках VT-битумная // Химия и технология топлив и масел. — 1982. — №11. — С.11-13.
4. Ахметов С.А., Сериков Т.П., Кузеев И.Р., Баязитов М.И. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа. СПб.: Недра, 2006. — 868 с.
5. Кретинин М.В. Механотехнологические аспекты производства нефтяного кокса. — Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2009. — 328 с.
6. Хайрудинов И.Р., Тихонов А.А., Таушев В.В., Теляшев Э.Г. Современное состояние и перспективы развития термических процессов переработки нефтяного сырья. — Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2015. — 328 с.
7. Ахметов М.М., Карпинская Н.Н., Теляшев Э.Г. Нефтяной кокс: получение, качество, прокаливание, области использования. — Уфа: Изд-во АО ИНХП, 2018. — 584 с.

References

1. Grudnikov I.B. *Raschet vyhoda koksa pri koksovaniy neftnyanyh ostatkov* [Calculation of coke yield during coking of oil residues]. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel* [Chemistry and technology of fuels and oils], 1981, no.10, pp.52-53.
2. Grudnikov I.B. *Neftnyanye bitумы. Protsey i tekhologii proizvodstva* [Petroleum bitumen. Processes and production technologies]. Ufa, GUP INChP RB Publ., 2015, 288 p.
3. Grudnikov I.B., Khudaidatova L.B. *Snizhenie energozatrat na kombinirovannykh ustanovkakh VT-bitumnaya* [Reduction of energy consumption in combined installation VT-bitumen]. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel* [Chemistry and technology of fuels and oils], 1982, no.11, pp.11-13.
4. Akhmetov S.A., Serikov T.P., Kuzeev I.R., Bayazitov M.I. *Tekhnologiya i oborudovanie protsesov pererabotki nefti i gaza* [Technology and equipment for oil gas refining processes]. Sankt-Petersburg, Nedra Publ., 2006, 868 p.
5. Kretinin M.V. *Mekhanokhemieskie aspekty proizvodstva neftyanogo koksa* [Mechanical and technological aspects of petroleum coke production]. Ufa, GUP INChP RB Publ., 2009, 328 p.
6. Khairudinov I.R., Tikhonov A.A., Taushev V.V., Telyashev E.G. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya termicheskikh protsesov pererabotki neftyanogo syr'ya* [Status quo and development prospects for thermal refining processes of petroleum feed]. Ufa, GUP INChP RB Publ., 2015, 328 p.
7. Akhmetov M.M., Karpinskaya N.N., Telyashev E.G. *Neftyanoi kokc: poluchenie, kachestvo, prokalivanie, oblasti ispolzovaniya* [Petroleum coke: Production, quality, calcinations, areas of use]. Ufa, AO INChP Publ., 2018, 584 p.