

УДК 662.74:552

ТЕРМОКРЕКИНГ ТЯЖЕЛОЙ ФРАКЦИИ НЕФТЯНОГО ОСТАТКА В СМЕСИ СО СЛАНЦЕМ

Ж. Каирбеков, Р.Г. Сармурзина, И.М. Джелдыбаева, С.М. Суймбаева

В данной работе исследован процесс термического крекинга гудрона в смеси с измельчённым горючим сланцем для получения компонентов моторных топлив и сырья для процесса термокрекинга. Приведены результаты оптимизации технологических параметров (концентрации сланца, температуры и продолжительности) и составлен материальный баланс (масс.%) процесса. Установлено, что при одноступенчатой переработке в относительно мягких условиях (5 МПа, 425°C, объёмная скорость подачи сырья 1,0 ч⁻¹) достигается глубокая деструкция гудрона (выход бензиновой фракции с температурой кипения до 200°C составляет ~12 масс.%; средних дистиллятов с температурой кипения 200–370°C – ~43–44 масс.%; сырья для термокрекинга с температурой кипения выше 370°C ~15–16 масс.% в расчёте на исходный гудрон). Образующиеся коксообразные продукты и содержащиеся в сырье V и Ni откладываются на минеральной части сланца и выводятся из реакционной зоны с жидкими продуктами процесса.

Ключевые слова: термический крекинг, твердый нефтяной остаток, гудрон, сланец, моторные топлива, Кендерлык, коксообразование.

Введение

В условиях невозможности наращивания добычи нефти и постоянного роста потребностей в традиционных источниках энергии переработка тяжёлых остатков и высоковязких нефтей, природных битумов, угля и сланцев становится стратегическим направлением развития нефтеперерабатывающей промышленности Казахстана, России и стран СНГ [1–6].

Новой тенденцией в разработках по технологии переработки нефти считается развитие процессов термокрекинга и катализаторов процесса висбрекинга, замедленного коксования и гидроконверсии гудрона. Из этого набора технологий перспективным можно признать лишь процесс гидроконверсии гудрона, который пока, судя по зарубежным аналогам, является затратным и технологически сложным [5–9].

Процесс термокрекинга постоянно совершенствуется, и за счёт новых технологических решений и катализаторов удаётся достигнуть следующих показателей: выход бензина с температурой кипения

205°C – 51 масс.%; суммарный выход газов C3–C4 – 16 масс.%; октановое число ИМ – 94,2; содержание серы в бензине – 0,005 масс.%. Показатели качества новых катализаторов термокрекинга бензинов превосходят показатели лучших зарубежных катализаторов «Brilliant Grace» и «LS-60P» фирмы Engelhard. Однако остаётся открытым вопрос энергосбережения новых технологий, поскольку это будет определять реализуемость новых проектов [10–15].

Без сомнения, процесс гидроконверсии остатков заслуживает самого серьёзного внимания, поскольку позволяет из гудронов разных нефтей получать 81–86% синтетической нефти. Однако приведённые в литературе результаты не дают никаких сведений о технической возможности реализации и, самое главное, о материало- и энергозатратах [13–19].

При переработке сырья на опытных установках достигается выход «синтетической» нефти от 63,4% (сырьё – битум) до 81–86% (сырьё – мазут или гудрон). Синтетическая нефть плотностью

857–890 кг/м³ не содержит металлов, но содержит 1,2–2 масс.% серы. По предлагаемой технологической схеме такая нефть направляется на дальнейшую переработку по известным технологиям с целью получения товарных продуктов [16–21].

Экспериментальная часть

В работе приведены результаты исследований по разработке процесса термокрекинга гудрона в смеси с измельчённым горючим сланцем для получения компонентов моторных топлив и сырья для термического крекинга.

Нами совместно с ФГУП «Институтом горючих ископаемых – научно-техническим центром по комплексной переработке горючих ископаемых» (далее – ФГУП ИГИ) разработан метод совместной термокаталитической переработки гудрона и Кендерлыкского горючего сланца [22–25].

Для исследований применяли рядовой кендерлыкский горючий сланец АО «Кварц» со следующими характеристиками (масс.%): содержание влаги (Wa) – 0,8; зольность (Ad) – 64,5; углерод (Cdaf) – 74-77; водород (Hdaf) – 7,3-9,9; сера (Sd) – 0,6-1,3; условная органическая масса сланца, которую определяли по формуле $[OM = 100 - Ad - (CO_2)_M]$, составила 33,2 масс.%. В составе минеральной части Кендерлыкского сланца преобладают

соединения кальция, кремния и алюминия: SiO₂ – 58,2; Al₂O₃ – 17,2; Fe₂O₃ – 7,3; CaO – 2,3; MgO – 1,0; SO₃ – 3,4; K₂O – 10,6 масс.%.

В качестве сырья применяли гудрон с температурой кипения > 520°C со следующими характеристиками: плотность при 20°C – 0,948 г/см³; вязкость – 9,7 Сст; содержание, масс.%: С – 85,60; Н – 10,72; S – 2,06; N – 0,30; асфальтенов – 13,6; V и Ni – 180 и 90 г/т соответственно. Термокрекинг проводили в НИИ «Новых химических технологий и материалов», в интенсивно встряхиваемом реакторе объёмом 0,2 л, при 400–440°C, рабочем давлении азота 5–8 МПа.

При приготовлении нефтесланцевой пасты измельчённый в шаровой мельнице до крупности менее 200 мкм сланец смешивали с гудроном в различном соотношении. Полученную пасту однократно диспергировали в пластинчатом диспергаторе Пушкина-Хотунцева с зазорами между пластинами 1,0 мм при скорости вращения подвижной пластины 1420 об/мин.

Результаты и обсуждения

В табл. 1 приведены результаты экспериментальных исследований по оптимизации соотношения сланец : нефтепродукт в нефтесланцевой пасте.

Таблица 1. Результаты термокрекинга гудрона с различным содержанием сланца (425°C, 5,0 МПа, время реагирования 1,0 ч, автоклав)

Выход продуктов		Количество сланца в смеси, масс.%			
		15,0	10,0	8,0	5,2
Получено в расчёте на гудрон, масс.%:					
1.	Газ	5,7	4,2	4,0	3,7
2.	Вода	2,0	0,8	0,8	0,9
3.	Фракция с температурой кипения до 200°C	12,5	13,0	8,8	8,6
4.	Фракция с температурой кипения 200–370°C	53,6	42,0	34,4	18,2
5.	Остаток с температурой кипения выше 370°C	28,8	40,1	49,5	62,9
Содержание кокса на минеральной части сланца, масс.%		3,3	3,8	5,6	7,9

Из данных табл. 1 следует, что оптимальное количество сланца, добавляемого к гудрону, составляет 15,0%. При использовании кендерлыкского сланца в принятых условиях термокрекинга (опыт 1) получается высокий выход бензиновой фракции с температурой кипения до 200°C – 12,5%, в расчёте на гудрон и дизельной фракции с температурой кипения 200–370°C – 53,6%. При уменьшении добавок кендырлыкского сланца до 10,0% суммарный выход бензиновой и дизельной фракции снижается с 66,1 до 55,0%. Дальнейшее снижение количества добавляемого сланца до 8,0 и 5,2% приводит к значительному уменьшению выхода фракций моторных топлив до 43,2 и 26,8%, соответственно, повышается выход тяжёлого остатка с температурой кипения выше 370°C и кокса.

Увеличение содержания в нефтесланцевой пасте рядового сланца выше 15,0% нецелесообразно, т.к. это приведёт к усложнению технологии процесса, повышению эрозии аппаратуры минеральной частью

сланца, расслоению реакционной смеси на жидкую и твёрдую фазы и усложнению аппаратурного оформления узла выделения твёрдых компонентов из жидких продуктов термокрекинга.

В табл. 2 приведены результаты изучения влияния температуры процесса на выход целевых продуктов термокрекинга гудрона в смеси со сланцем. При температуре 400°C выход бензиновой фракции с температурой кипения до 200°C относительно небольшой и составляет 9,1% в расчёте на гудрон, в то время как в процессе образуется достаточно большое количество дизельной фракции (53,2%). С увеличением температуры процесса выше до 425 и 440°C увеличивается коксообразование до 4,0% и снижается суммарный выход легкокипящих и средних дистиллятов с 66,1 (425°C) до 61,5% (440°C). Таким образом, в результате проведённых экспериментальных исследований установлено, что оптимальной температурой процесса является интервал 425°C (максимум).

Таблица 2. Влияние температуры на термокрекинг смеси сланца с нефтепродуктом (5,0 МПа, время реагирования 1,0 ч, добавка сланца 15%, автоклав)

Выход продуктов		Температура, °C		
		400	425	440
Выход продуктов, масс.% на гудрон				
1.	Газ	4,5	5,7	7,5
2.	Вода	1,0	2,0	0,4
3.	Фракция с температурой кипения до 200°C	9,1	12,5	14,3
4.	Фракция с температурой кипения 200–370°C	53,2	53,6	47,2
5.	Остаток с температурой кипения выше 370°C	36,0	28,8	32,5
Содержание кокса на минеральной части сланца, масс.%		2,1	3,3	4,0

В табл. 3 приведены результаты по изучению влияния продолжительности осуществления процесса на выход дистиллятных топливных фракций. Установлено, что снижение времени реагирования с 60 до 30 мин приводит к уменьшению выхода бензиновой фракции и увеличению содержания в продуктах термокрекинга средних дистил-

лятов с температурой кипения 200–370°C. При увеличении времени реагирования до 120 мин отмечено увеличение коксообразования (до 4,3%) и снижение суммарного выхода бензиновой и дизельной фракций на 3,1% по сравнению с осуществлением процесса при 30 мин.

Таблица 3. Результаты термокрекинга смеси сланца с нефтепродуктом при различной продолжительности осуществления процесса (425°С, 5,0 МПа, добавка сланца 15%, автоклав)

Показатели		Время реагирования, мин		
		30	60	120*
Выход продуктов, масс.% в расчёте на гудрон				
1.	Газ	4,5	5,7	7,5
2.	Вода	1,2	2,0	2,4
3.	Фракция с температурой кипения до 200°С	10,0	12,5	16,0
4.	Фракция с температурой кипения 200–370°С	57,3	53,6	48,2
5.	Остаток с температурой кипения выше 370°С	30,0	28,8	27,5
Содержание кокса на минеральной части сланца, масс.%		2,9	3,3	4,3

*рабочее давление процесса 8,0 МПа

Таким образом, на основании полученных данных можно констатировать, что наиболее оптимальными технологическими параметрами осуществления процесса термокрекинга гудрона со сланцем являются температура 425°С и время осуществ-

ления процесса 60 мин.

Полученные результаты в интенсивно встряхиваемом реакторе были учтены при осуществлении процесса в условиях стеновой проточной установки ФГУП ИГИ (табл. 4–6).

Таблица 4. Материальный баланс (масс.%) термокрекинга гудрона в смеси с горючим кендерлыкским сланцем (5 МПа, подача азота 400-500 л/л сырья, стеновая проточная установка)

Показатели		Условия процесса
		425°С, 1,0 ч-1
Взято:		
1.	Гудрон	85
2.	Сланец, в т.ч.:	15
	органическая масса сланца	5,9
	зола	9,1
ИТОГО:		100
Получено:		
1. Обезвоженный и беззолный гидрогенизат, в т.ч. фракции с температурой кипения:		94,9
	до 200°С	12,5
	200–370°С	53,6
	выше 370°С	28,8
2.	Кокс	3,1

3. Газ, в т.ч.:	1,2
C ₁ -C ₄	0,8
CO + CO ₂	0,1
N ₂	0,2
H ₂	0,1
4. Вода + потери	0,8
ИТОГО:	100,0

Из табл. 4 следует, что при 425°C и объёмной скорости подачи сырья 1 ч-1 выход бензиновых фракций с температурой кипения до 200°C составляет 12,5%. Бензин крекинга (табл. 5) содержит умеренное количество ароматических углеводородов (~27,3%) и непредельных соединений (йодное число равно 26,4), что соответствует современным требованиям на автобензины по экологически опасным компонентам. Однако использование такого бензина в качестве компонента автобензинов стандарта ЕВРО (ГОСТ Р 52368-2005) весьма затруднительно вследствие содержания в нем 2,5 об.% фенолов и 1,2 об.% азотистых оснований. Поэтому сланцевый бензин необходимо подвергать гидроочистке в отдельной стадии процесса,

а затем подвергать каталитическому риформингу для увеличения октанового числа. Выход дизельных фракций с температурой кипения 200–370°C составляет 53,6%, что в 2,2–3 раза выше, чем при промышленном термическом крекинге мазутов, гудронов и газойля коксования. Содержание ароматических углеводородов во фракциях с температурой кипения 200–370°C составляет 53,8%, однако из-за высокого содержания серы (1,42%) и непредельных соединений (йодное число равно 33,9) средние дистилляты, полученные из сланца, необходимо также подвергать гидроочистке, а для получения дизельного топлива с цетановым числом 47–51 пунктов требуется частичное гидрирование ароматических углеводородов.

Таблица 5. Характеристика дистиллятных продуктов

Показатель	Фракции с температурой кипения, °C		
	до 200	200–370	выше 370
Плотность при 20°C, г/см ³	0,7666	0,8696	0,9295
Содержание, об. %:			
фенолы	2,5	1,5	-
азотистые основания	1,2	4,2	-
Групповой углеводородный состав, масс. %			
парафиновые + нафтеновые	72,7	46,2	22,2
ароматические	27,3	53,8	61,1
силикагелевые смолы	-	-	16,7
асфальтены	-	-	3,4
Йодное число, г I ₂ /100 г продукта	26,4	33,9	12,5
Элементный состав, масс. %:			
C	85,50	86,20	86,57
H	13,82	12,20	11,19
S	0,60	1,42	1,97
N	0,08	0,18	0,27
Содержание, г/т			
V	-	-	5
Ni	-	-	20

Таблица 6. Характеристика остатков термокрекинга гудрона в смеси со сланцем

Показатель	Тяжёлый остаток с температурой кипения > 370°С	Твёрдый остаток процесса
Плотность при 20°С, г/см ³	1,0361	-
Содержание асфальтенов, масс. %	16,3	-
Элементный состав, масс. %:		
С	83,80	-
Н	9,46	-
S	1,68	1,0
N	0,64	-
O (по разности)	4,42	-
Содержание, г/т		
V	125	1017
Ni	103	766

В разработанном новом процессе термокрекинга гудрона со сланцем (рис. 1) остаётся непревращённым до 34% тяжёлого остатка с температурой кипения выше 520°С. Этот остаток мало отличается

по своим физико-химическим свойствам (табл. 6) от исходного гудрона и может быть возвращён в переработку в виде смеси с исходным сырьём.

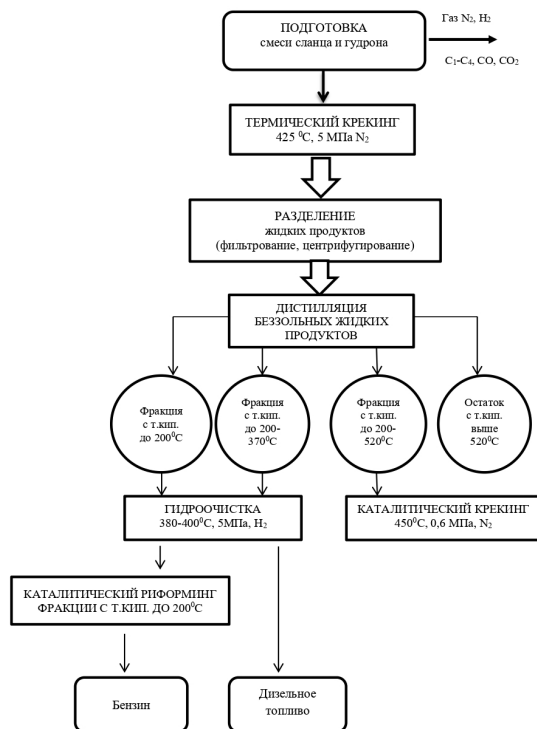


Рисунок 1. Принципиальная схема термокрекинга гудрона в смеси с горючим сланцем

Следует отметить, что термкрекинг гудрона с добавками сланца протекает с незначительным газообразованием (6,0–7,7 масс.%), что обеспечивает высокий выход (выше 90%) беззольного гидрогенизата и компонентов моторных топлив (выше 55%). Образующийся газ состоит в основном из углеводородов C1–C4 (табл. 5), которые могут быть использованы на собственные цели в технологическом процессе. Важным обстоятельством является также практически полное отсутствие в составе газа водорода, который образуется в значительных количествах при промышленном термодетонационном крекинге и теряется при сжигании.

Заключение

Результаты проведенных экспериментальных исследований однозначно свиде-

тельствуют о несомненных преимуществах нового процесса термкрекинга гудрона в смеси со сланцем перед промышленным термкрекингом, т.к. при одноступенчатой переработке в относительно мягких условиях (5 МПа, 425°C, объемная скорость подачи сырья 1,0 ч⁻¹) достигается глубокая деструкция гудрона (выход бензиновой фракции с температурой кипения до 200°C составляет ~12 масс.%; средних дистиллятов с температурой кипения 200–370°C – 43–44 масс.%; сырья для каталитического крекинга с температурой кипения выше 370°C ~15–16% в расчёте на исходный гудрон). Образующиеся коксообразные продукты и содержащиеся в сырье V и Ni откладываются на минеральной части сланца и выводятся из реакционной зоны с жидкими продуктами процесса.

Список использованной литературы

1. Каирбеков Ж.К., Емельянова В.С., Жубанов К.А., Мылтыкбаева Ж.К., Байжомартов Б.Б. Теория и практика переработки угля. – Алматы, Изд-во “Білім”, 2013, 496 с.
2. Каирбеков Ж.К., Токтамысов М.Т., Жалгасулы Н., Ешова Ж.Т. Комплексная переработка бурых углей Центрального Казахстана. – Алматы, Қазақ Университеті. 2014, 278 с.
3. Каирбеков Ж.К., Ермолдина Э.Т., Каирбеков А.Ж., Джелдыбаева И.М. Комплексная переработка бурых углей Южного Казахстана. – Алматы, Қазақ университеті, 2018, 454 с.
4. Стрижакова Ю.А., Усова Т.В. Современные направления пиролиза горючих сланцев (обзор). – Химия твердого топлива, 2008, №4, с. 7–14.
5. Dyni R.J. Geology and Resources of some world oil shale deposits. Scientific investigations report 2005-5294. U.S. department of the Interior. – U.S. Geological Survey, 2006, 42 p.
6. Veiderma M. Estonian Oil Shale – resources and usage. – Oil Shale, 2003, Vol. 20, № 3. pp. 295–303.
7. Назаренко М.Ю., Кондрашева Н.К., Салтыкова С.Н. Изучение сорбционных горючих сланцев и сланцевольных отходов. – Кокс и химия, 2017, №2, с. 45–48.
8. Малолетнев А.С., Юлин М.К., Воль-Эпштейн А.Б. Термический крекинг тяжелых нефтяных остатков в смеси со сланцем. – Химия твердого топлива, 2011, №4, с. 20–25.
9. Кричко А.А., Малолетнев А.С., Хаджиев С.Н. Углубленная переработка угля и тяжелых нефтяных остатков. – Росс. Хим. журнал (Ж. Рос. Хим. Об-ва им. Д.И.Менделеева), 1994, т. XXXVIII, №5, с. 100.
10. Певзнер З.И., Румянцева З.А., Плотникова И.А., Воль-Эпштейн А.Б., Зиев Р.К. Термическое растворение Фан-Ягнобского каменного угля в смеси с сапромикситом и горючим сланцем. – Химия твердого топлива, 1990, №3, с. 66–68.
11. Малолетнев А.С., Наумов К.И., Шведев И.М., Мазнева О.А. Гидрогенизация сланца. – Химия твердого топлива, 2011, №5, с. 29–33.
12. Назаренко М.Ю., Бажин В.Ю., Салтыкова С.Н., Шариков Ф.Ю. Изменение химического состава и свойств горючих сланцев во время термической обработки. – Кокс и химия, 2014, №10, с. 46–49.

13. Назаренко М.Ю., Бажин В.Ю., Салтыкова С.Н., Коновалов Г.В. Изучение физико-химических свойств горючих сланцев. – Кокс и химия, 2014, №3, с. 44–49.
14. Воль-Эпштейн А.Б., Платонов В.В., Шпильберг М.Б., Клявина О.А., Окушко В.Д., Колябина Н.А. Термокрекинг нефтяного гудрона. – Химия твердого топлива, 1990, №5, с. 86–91.
15. Гордов Е.Г., Воль-Эпштейн А.Б., Зотова О.В., Шпильберг М.Б. Разделение продуктов термического растворения сланцев. – Химия твердого топлива, 1990, №3, с. 69–73.
16. Берг Г.А., Хабибулин С.Г. Каталитическое облагораживание нефтяных остатков. – Л., Химия, 1986, 190 с.
17. Платонов В.В., Воль-Эпштейн А.Б., Клявина О.А., Ивлева Л.Н., Прокофьев Е.Е. Исследование структуры соединений продуктов термического растворения керогена-70 из Прибалтийского горючего сланца-Кукерсита. – Химия твердого топлива, №3, 1982, с. 49–52.
18. Ван-Нес К., Ван-Вестен Х. Состав масляных фракций нефти и их анализа. – М., Изд-во иностр. литературы, 1954.
19. Камнева А.И., Королев Ю.Г. Лабораторный практикум по химии топлива. – М., Изд-во МХТИ, 1975.
20. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. – М., Изд-во иностр. литературы, 1963.
21. Воль-Эпштейн Д.Б., Шпильберг М.Б., Платонов В.В., Руденский А.В. Горючие сланцы – доноры водорода при термическом растворении бурого угля Канско-Ачинского бассейна. – Химия твердого топлива, 1987, №2, с. 75–77.
22. Крыпина С.М., Ковалев К.Е., Саранчук В.И., Исаева Л.Н. Исследование термического разложения горючих сланцев. – Химия твердого топлива, 1989, №4, с. 16–21.
23. Maloletnev A.S., Kairbekov Zh.K., Yemelyanova V.S., Myltykbaeva Zh.K., Baizhomartov B.B. The deep processing of oil residues conjunction with shales. – Вестник КазНУ им. аль-Фараби, Сер.хим., 2012, №4 (68), с. 22–28.
24. Кайрбеков Ж.К., Емельянова В.С., Малолетнев А.С., Байжомартов Б.Б. Термокаталитический гидрогенолиз горючих сланцев. – Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Сер.хим., 2012, №4 (68), с. 119–125.
25. Kairbekov Zh.K., Yemelyanova V.S., Baizhomartov B.B. Thermocatalytical processing of coal and shales. – Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Сер.хим., 2012, №4 (68). с. 126–133.
26. Kairbekov Zh.K., Jeldybayeva I.M. Yermoldina Ye.T., Maloletnev A.S. Thermal cracking of fuel Oil in slate mixture. – The Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2018, с. 42–47.

МҰНАЙ ҚАЛДЫҒЫНЫҢ АУЫР ФРАКЦИЯСЫН ТАҚТАТАС ҚОСПАСЫМЕН ТЕРМОКРЕКИНГТЕУ

Бұл жұмыста гудрон мен ұсақталған жанғыш тақтатас қоспасы негізінде мотор отындарының компоненттерін алу термокрекинг процесіне байланысты зерттеулер туралы баяндалған. Технологиялық параметрлерді оңтайландыру нәтижелері келтіріліп, (тақтатас концентрациясы, температура мен процестің ұзақтығы) осы процестің материалдық балансы жасақталды (масс.%). Бір сатылы өңдеу кезінде салыстырмалы түрде, жеңіл жағдайда, (5 МПа, 425°C шикізатты берудің көлемдік жылдамдығы 1,0 сағ-1) гудронның терең деструкциясы жүзеге асады (бастапқы гудронға есептегенде қайнау температурасы 200°C дейінгі бензин фракциясы ~12 масс.%; қайнау темпе-

ратурасы 200–370°C орташа дистиллятта ~43-44 масс.%; қайнау температурасы 370°C-тан жоғары термокрекинге шикізаты ~15-16 масс.%). Түзілген кокс тәрізді өнімдер мен шикізаттың құрамындағы ванадий (V) мен никель (Ni) тақтатастың минералды бөлігінде жиналып, процес барысында түзілген сұйық өнімдермен бірге реакциялық аймақтан шығарылды.

Түйін-сөздер: термиялық крекинге, қатты мұнай қалдығы, гудрон, тақтатаc, мотор отындары, Кендірлік кен-орны, кокс түзілуі.

THERMOCRACKING OF A HEAVY FRACTION OF THE OIL RESIDUE IN A MIXTURE WITH SHALE

The process of tar thermal cracking in a mixture with crushed oil shale to obtain components of motor fuels and raw materials for the process of thermal cracking is investigated in this paper. The optimization results of technological parameters (shale concentration, temperature, and duration) are presented and the material balance (mass.%) of the process is made. It was found that during single-stage processing under relatively mild conditions (5 MPa, 425°C, feed space velocity of 1.0 h⁻¹), a deep destruction of tar is achieved (the yield of the gasoline fraction from boiling point to 200°C is ~12 wt.%; medium distillates with boil. point 200–370°C-43-44 mass.%; raw materials for thermal cracking with boil. point above 370°C ~15-16 wt.% on per the original tar). The generating coke-like products and the V and Ni contained in the raw materials are deposited on the mineral part of the shale and removed from the reaction zone with the liquid products of the process.

Keywords: thermal cracking, hard fuel-oil residue, tar, shale, road fuels, Kenderlyk, coke formation.

Информация об авторах

Каирбеков Жаксынтай – докт. хим. наук, профессор, zh_kairbekov@mail.ru.

Джелдыбаева Индира Мухаметкеримовна – докт. PhD по химии, ведущий научный сотрудник, indiko_87@mail.ru.

Суймбаева Салтанат Маликовна – докт. PhD по нефтехимии, старший научный сотрудник, saltanat_suimbayeva@mail.ru.

НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», г. Алматы, Казахстан

Сармурзина Раушан Гайсиевна – докт. хим. наук, профессор, академик Национальной Академии наук, sarmurzina_r@mail.ru.

Председатель ОЮЛ «Нефтегазохимия», г. Нур-Султан, Казахстан