

Симпозиум ООН
по разработке и использованию
горючих сланцев

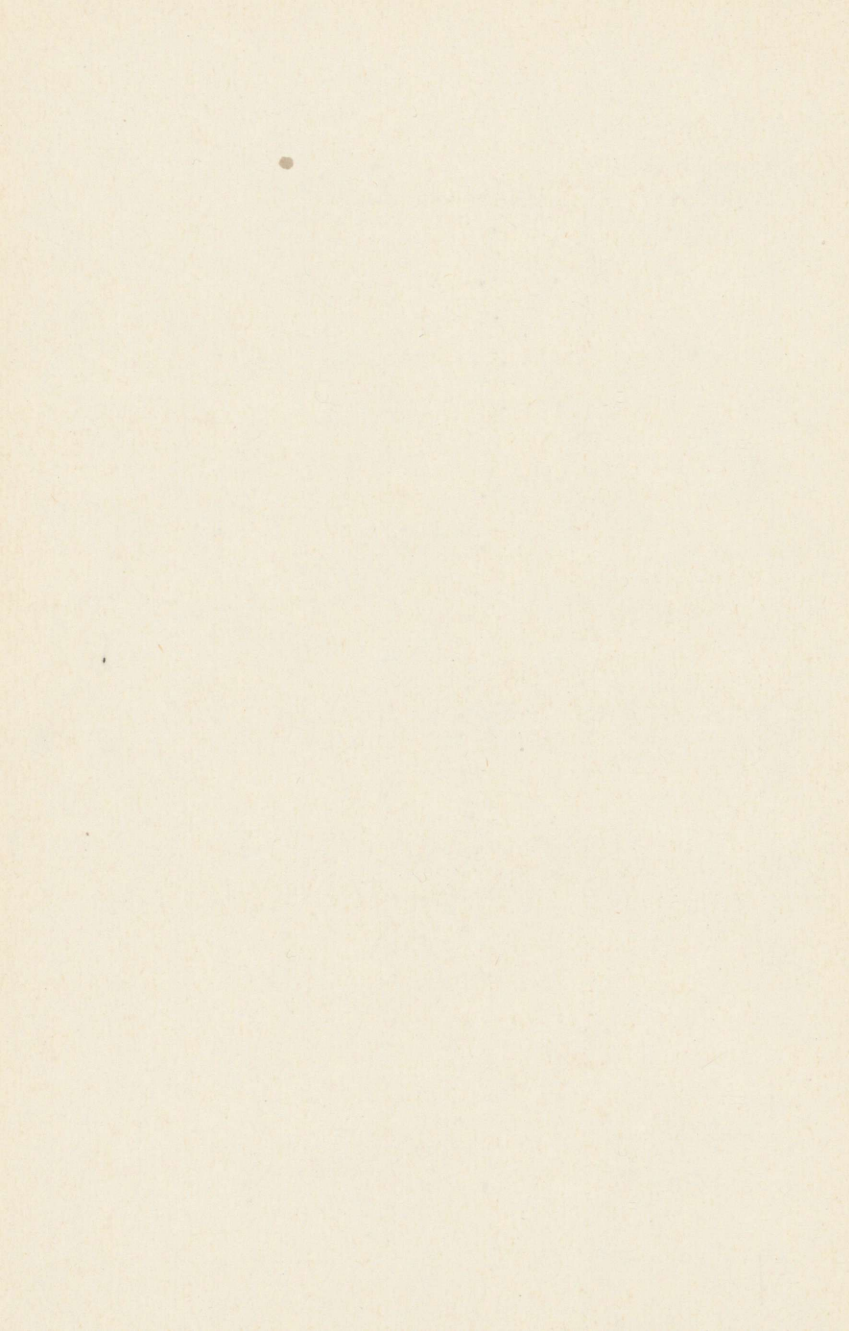
Секция Ш

М.Я. Губергриц

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ СЛАНЦА С ТВЕРДЫМ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

СССР Институт химии АН ЭССР и
Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского

Таллин 1988



Симпозиум ООН
по разработке и использованию
горючих сланцев

Секция Ш

М.Я. Губергриц

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ СЛАНЦА С ТВЕРДЫМ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

СССР Институт химии АН ЭССР и
Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского

Таллин 1968

В составлении доклада принимали участие:

К.А. Куйв, А.А. Мильк, Л.П. Паальме, И.И. Степанов,
Б.И. Тягунов и А.А. Эленурм.

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

223948

ARHIIVKOGU

Редактор К.Э. Уров

Сдано в печать 20.У 1968 г.

Бумага 60x84/16. Печ.л. 1,5. Усл.печ.л. 1,4. Тираж 300.
МВ-05054. Зак. № 243. Ротапринт ТПИ, Таллин, Пякк ялг, 14.
Бесплатно.

Управление процессом термической переработки зернистого сланца с твердым теплоносителем, повышение его общей и химической эффективности как ведущего звена в энерготехнологическом комплексе, основано на познании закономерностей, которым подчиняется сложная гамма протекающих физических и химических явлений. В связи с этим, в Институте химии Академии наук Эстонской ССР, наряду с изучением реального технологического процесса на пилотной установке, опытной и опытно-промышленном агрегатах, проведен комплекс экспериментально-теоретических исследований в этом направлении.

При их постановке имеются в виду специфические особенности метода: высокая скорость нагрева при ограниченных размерах частиц топлива; квазиизотермичность процесса и возможность варьирования температурного потенциала в широких пределах; сочетание термического разложения собственно сланца с пиролизом выделяющихся летучих в слое зернистого материала.

В основу исследований положены сформулированные нами представления о механизме термического разложения керогена кукурсита на разных его стадиях. "Первичная" структурная единица его макромолекулы обладает значительными размерами несмотря на отсутствие конденсированных ароматических се-

ток. По нашим данным, в ее состав включены системы с делокализацией электронов (сопряженные двойные связи либо комплексы с переносом заряда), обуславливающие характерный спинрезонансный эффект, и органически встроенные в "цепь" ассоциированные функциональные группы.

Термическое разложение макромолекулы керогена должно подчиняться основным закономерностям тепловой деструкции полимеров, находящихся в твердом агрегатном состоянии при соответствующей процессу деполимеризации температуре (200 - 300°C).

Это обстоятельство влечет за собой: "незакономерное" совмещение различных стадий распада "полимера" и продуктов его деструкции благодаря неизотермичности системы; одновременное формирование смеси осколков различной величины - от газообразных и жидких ("первичные" летучие) до вязко-пластичных (термобитум) и твердых; активное развитие вторичных "стабилизирующих" реакций - ароматизации обрывков полисопряженных систем, поликонденсации с участием обнажившихся функциональных групп. Поэтому распределение, состав и выход продуктов термического разложения сланца в большей мере зависят от соотношения скорости протекания и характера "первичных" актов деструкции и "вторичных" термостабилизирующих процессов. Они, в свою очередь, определяются термодинамической характеристикой процесса - скоростью нагрева и температурным потенциалом разложения.

Эти представления подтверждаются результатами комплексного исследования, проведенного с зернистым сланцем при нагреве его до заданного температурного уровня (280-800°C) с запрограммированным варьированием скорости нагрева от 15 до 75°/мин и эвакуацией летучих в условиях, практически исключающих разложение их в контакте с твердым материалом. Подавляющая часть исследования проведена при температуре, позволяющей ограничить выдержку 15 минутами.

Установлено, что каждой данной скорости нагрева соответствует "критическое" значение температурного потенциала, при котором достигается предельно высокий выход летучих от керогена. Повышение температуры сверх критической снижает выход и изменяет, но не улучшает, свойства смолы и характер распределения углеводородных компонентов в газе. Состав летучих, судя по содержанию непредельных в газе и фенолов в смоле, несколько улучшается при температуре на 50-70° ниже критической.

Т а б л и ц а I

Общая характеристика продуктов термического разложения сланца при критическом состоянии системы и нагреве с различной скоростью

Показатели	Скорость нагрева, °С/мин		
	14	28	75
Определяющая температура, град	520	630	660
Суммарный выход газообразных углеводородов от керогена, г/кг	66,80	70,44	82,45
Степень насыщенности газа	0,336	0,336	0,545
Концентрация олефинов в смеси, % вес.			
этилена	35,4	40,6	29,4
пропилена	51,8	25,3	48,9
C ₄ + C ₅	12,8	34,1	21,7
Распределение компонентов в смоле:			
содержание кислых, %	36,7	31,5	39,0
содержание функциональных групп, г-экв/моль:			
гидроксильных	0,50	0,57	0,68
карбонильных	0,75	0,48	0,19
содержание O + N, % вес.	5,71	6,32	8,52
Молекулярный вес сырой смолы	247	242	258

Влияние скорости подъема температуры четко оценивается сравнением показателей, достигаемых при критическом состоянии системы (табл. I). С увеличением скорости нагрева критическая температура закономерно повышается (рис. I). Выход суммы летучих и, в частности, смолы возрастает до скорости

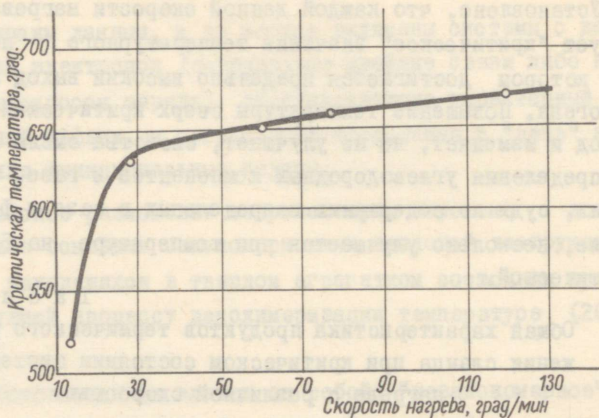


Рис. 1. Зависимость критической величины температурного потенциала от скорости нагрева

нагрева около 30⁰/мин и далее остается на постоянном уровне. Переход к скоростному нагреву, таким образом, убыстряет вывод системы на относительно высокий температурный уровень, интенсифицирует не только дистилляцию и увод тяжелых молекул, но и течение вторичных реакций. Он стимулирует также увеличение выхода олефинов в газе и снижение содержания нейтральных кислородных в смоле, но не отражается на выходе низших парафинов и сумме фенолов.

Аналогичные закономерности выявлены и в кинетическом эксперименте с квазиизотермическим разложением сланца при высокой, но неравномерной, затухающей скорости нагрева, в том же температурном диапазоне. В опытах определена минимально необходимая для полного разложения длительность выдержки сланца при данной температуре (рис.2)

Механизм и макрокинетику формирования твердого остатка качественно характеризует взаимосвязь интенсивности синглетного сигнала в спектре электронного парамагнитного резонанса и величины удельной электропроводности материала с изменением доли выделившихся летучих (рис. 3). По выделении их в количестве 73-75% от керогена заметно ослабе-

вает рост размеров конденсированных молекул и возрастает жесткость межмолекулярных связей.

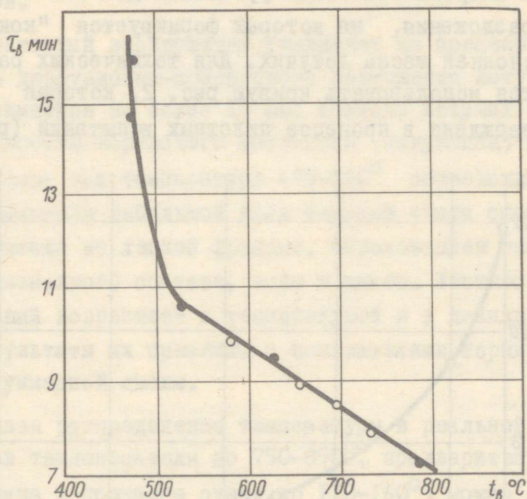


Рис. 2. Минимальная продолжительность выдержки τ при различном температурном потенциале процесса изотермического разложения сланца

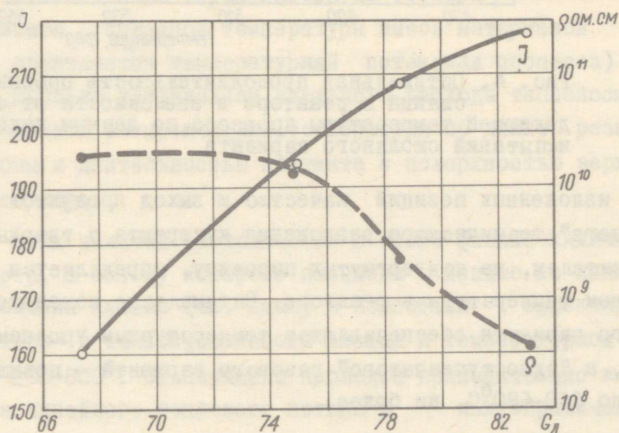


Рис. 3. Зависимость интенсивности сигнала э.п.р. и величины удельного электросопротивления материала от количества выделившихся летучих (от керогена).

Отсутствие способов количественного определения выхода продуктов вторичных реакций исключает возможность вывода достоверных макрокинетических уравнений для тех этапов термического разложения, на которых формируется "кокс" и выделяется основная масса летучих. Для технических расчетов рекомендуется использовать кривую рис. 2, которая качественно подтверждена в процессе пилотных испытаний (рис. 4).

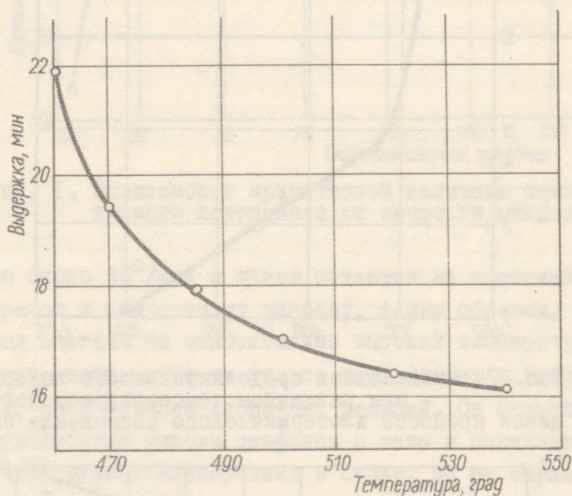


Рис. 4. Оптимальная продолжительность пребывания сланца в реакторе в зависимости от определяющей температуры процесса, по данным пилотных испытаний смоляного варианта

С изложенных позиций качество и выход продуктов "скоростного" термического разложения кукурсита с твердым теплоносителем, не подвергнутых пиролизу, определяется лишь уровнем температуры в реакторе. Оптимальные показатели смоляного варианта обеспечиваются температурным уровнем 480 – 500⁰, а "одноступенчатого" газового варианта – повышением его до 660–680⁰С, не более.

В реальном процессе, как показывают пилотные и опытные работы, последующее разложение летучих может быть столь су-

дественным, что управление им используется в качестве важного фактора для воздействия на выход и состав получаемых продуктов.

Лабораторный эксперимент указывает на пренебрежимо малую роль диффузионно-контактного разложения летучих внутри зерна диаметром не более 15 мм. Контакт летучих (1,5–4 сек) с поверхностью зернистого материала (полукокса) в отрицательном слое при температуре 475–520° сопровождается мягким разложением небольшой доли тяжелой части смолы, увеличением выхода ее легкой фракции, образованием газа практически неизменного состава, воды и кокса. Жесткость таких превращений возрастает с температурой и в диапазоне 650–800° результаты их сравнимы с показателями термического пиролиза суммарной смолы.

Учитывая распределение температуры в реальной системе (перегрев теплоносителя до 750–850°, предварительный подогрев сланца в процессе сушки до 110–160°) можно априори утверждать, что углубление пиролиза летучих в реакторе установки с твердым теплоносителем по мере варьирования режима полукоксования определяется не столько незначительным подъемом конечной температуры смеси материалов (по которой оценивается температурный потенциал процесса) на 10–30°, сколько увеличением удельного расхода теплоносителя, изменением распределения температуры по длине реакционной зоны и длительностью контакта с поверхностью зернистого материала.

Роль этих явлений раскрывается в итоге физико-химического расчета, в основу которого положены данные по кинетике разложения сланца (см. выше) и изменению эффективной температуро- и теплопроводности сланца в температурном диапазоне 200–800°. Эксперимент проведен применительно к задаче для линейного теплового потока в полуограниченном стержне при стационарном и неустановившемся режимах. Результаты его в соответствующей обработке приведены на рис. 5 и 6, которым отвечают также уравнения:

$$\alpha_3 = (3,30 + 0,00628 t_\alpha) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{час}$$

$$\lambda_3 = 5,5 \cdot t^{1,33} \text{ ккал/м}^\circ\text{час}^\circ\text{град}$$

Эффективные теплофизические свойства кукурсита, как это видно из рис. 5, существенно отличаются от истинных (Агроскин) вследствие изменения физической структуры его и влияния эндотермических эффектов на разных стадиях термического разложения.

В итоге расчета оценены относительная производительность реактора, величина удельного расхода теплоносителя и длительность нагрева сланца до заданной температу-

ры при данных температурных режимах в системе и условиях перемешивания зернистых материалов. Для частиц диаметром 12 мм при удовлетворительном смешении длительность нагрева до заданной температуры полукоксования ($475-500^\circ$) составляет 1 - 1,2 мин (около 7% от теоретической продолжительности пребывания в реакторе, см. рис. 3 и 4). Она снижается вдвое при "идеальном" смешении и растягивается в два-четыре раза при существенном ухудшении перемешивания теплоносителя и сланца.

Полученные данные позволяют объяснить заметные различия в выходе, составе и распределении продуктов термического

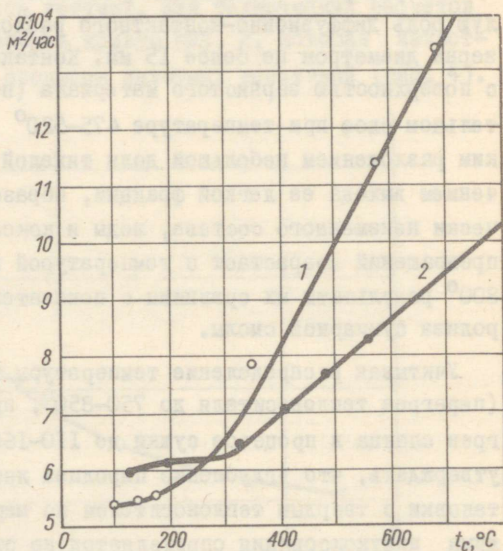


Рис. 5. Зависимость "истинной" (кривая 1) и эффективной (кривая 2) температуропроводности сланца от температуры

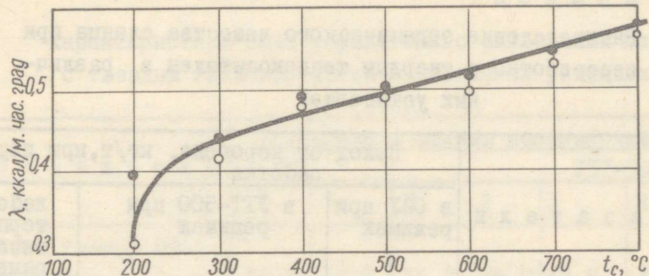


Рис. 6. Изменение эффективной теплопроводности сланца с температурой (результаты обработки данных для нестационарного режима и по уравнению $\lambda = \alpha \gamma$)

разложения сланца, установленные в исследованиях на опытной (ОПУ) и опытно-промышленной (УТТ-500) установках, усовершенствовать управление технологическим процессом. Они раскрываются при анализе данных по распределению органического вещества кукурсита в указанных установках при разных режимах переработки (табл. 2) в сопоставлении с результатами описанного ранее лабораторного эксперимента.

Это сравнение позволяет, прежде всего, выявить и оценить еще одну специфическую особенность реального технологического процесса — связывание кислых компонентов парогазовой смеси твердой фазой, в состав которой входит разложенный карбонат кальция. Доля сорбированных кислых компонентов газа устойчиво составляет 65–70% от их содержания в "первичной" смеси. Как следствие, по формальным показателям переход органического вещества в кокс несколько завышен в сравнении с теоретическим. Вторым источником формирования кокса, сжигание которого обеспечивает автотермичность технологического процесса, является пиролиз летучих в слое, о котором шла речь выше.

При наиболее мягком режиме полукоксувания (480°) в условиях ОПУ выход смолы от керогена оказывается сниженным

Распределение органического вещества сланца при переработке с твердым теплоносителем в различных установках

Показатели	Выход от керогена, кг/т, при переработке					
	в ОПУ при режимах		в УТТ-500 при режимах			лабораторный эксперимент
Температура в реакторе, °С	480	530	480	530	550 ^ж	480-520
Выход суммы смоляных продуктов	606	500	559	535	425	670
В том числе:						
газбензин	26	30	45	47	45	...
легкая фракция смолы	97	57	99	109,5	96	...
средняя фракция смолы	123	115	112	102,5	103	...
тяжелая фракция смолы	360	298	303	276	181	...
Выход суммарного газа	110	156	122,5	148,5	199	144
В том числе:						
углеводороды + водород	85	130	104	127	177	75
кислородные и сернистые	25	26	17,5	20,5	21,7	69
Выход пирогенной воды	60	60	70	70	360	51
Выход твердого остатка в сумме с потерями	224	284	248,5	256,5		135
В том числе:						
сорбированные кислые компоненты	44	43	51,5	48,5	...	-
потери с уносом	19,5	26,5
кокс+прочие потери	180	244	177,5	181,5	...	135

^ж предварительные данные балансовых испытаний.

Характеристика газа термического разложения сланца
с твердым теплоносителем в различных установках

Показатели	Установка и режимы переработки					
	ОПУ		УТТ-500			
	1	3	1	2	3	4
Состав газа, % об.:						
этилен	13,0	19,5	14,5	14,0	13,5	17,1
пропилен	10,1	10,1	10,7	10,3	11,0	11,3
бутилены			6,6	7,7	6,6	5,4
дивинил	8,8	6,8	1,5	1,6	1,2	1,3
Итого непредельных	31,9 ^ж	36,4 ^{же}	33,3	33,6	32,3	35,1
метан	17,1	14,6	20,4	20,8	21,8	20,2
этан	8,3	9,8	9,2	8,6	9,8	11,2
пропан	4,8	7,1	3,3	3,1	3,7	3,9
бутан	4,1	3,2	1,9	2,1	1,5	2,0
Итого парафинов	34,3	34,7	34,8	34,6	36,8	37,3
водород	13,9	16,7	18,9	19,1	18,6	17,3
окись углерода	10,4	10,0	10,8	10,5	8,8	9,4
двуокись углерода и сероводород	9,4	2,2	2,2	2,2	3,5	0,9
в том числе сероводород	0,5	0,2	с л е д ы			
Выход газа на стандартный сухой сланец, нм ³ /т	27,7	39,9	35,0	40,0	42,2	56,5

^ж в том числе около 1,5% C₅; ^{же} в том числе около 1,3% C₅

по сравнению с теоретическим примерно на 10%, выход газа возрастает в той же пропорции. При разложении смолы формируется до 70% кокса, 14% пирогенной воды и 16% газа, что свидетельствует о преимущественной конверсии ее тяжелой составляющей. В опытно-промышленном агрегате (табл. 2) разлагается более значительная доля смолы (16,5% от потенциала) с образованием всего лишь 47% кокса и 33% газа.

С установлением более жесткого режима (530°) в условиях ОПУ разложение смолы усиливается — до 25% от потенциального выхода; конверсия ее в газ достигает 33%. В УТТ-500 при формальном соблюдении тех же условий пиролизу подвергается несколько меньшая доля смолы (около 20% от потенциала) с образованием 53% газа и 39% кокса. Выход суммы смоляных продуктов уменьшен в сравнении с показателем первого режима примерно на 6%, количество газа возрастает на 11-12%.

Изменение режима полукоксования практически почти не сказывается на составе газа из опытно-промышленного агрегата (в частности, на содержании целевых непредельных углеводородов) и частично отражается на тех же показателях в условиях ОПУ (табл. 3). В газе УТТ-500 снижено содержание двуокси углерода и практически отсутствует сероводород. Влияние условий переработки и изменения режима полукоксования на фракционный состав конденсируемой смолы (исключая газбензин) охарактеризовано в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Потенциальный весовой выход фракций от сырой конденсируемой смолы при различных режимах переработки

Установка, режим	Температура в реакторе, град	Выход фракций, % вес, от сырой смолы		
		легкой до 200°	средней 200-300°	тяжелой свыше 300°
<u>Опытная установка</u>				
режим 1	480	16,7	21,3	62,0
режим 2	500	14,3	21,3	64,4
режим 3	530	12,1	24,4	63,5
<u>Опытно-промышленный агрегат</u>				
режим 1	480	19,3	21,7	59,0
режим 2	500	20,8	21,2	58,0
режим 3	530	22,4	21,0	56,6
режим 4	550	21,8	26,3	51,9

Итак, все факты свидетельствуют о своеобразном мягком, но более "результативном" пиролизе летучих в условиях опытно-промышленного агрегата. Это явление обусловлено, прежде всего, снижением эффективности перемешивания твердой фазы вследствие перехода к бесшнековому питанию реактора. Прогрев сланца до заданной температуры замедляется, выделение основной массы летучих растягивается во времени и пиролиз их происходит в смягченных условиях, но при повышенной длительности контакта. Добавим, что поддержание температуры полукоксования 480° в опытной установке обеспечивалось при несколько повышенном расходе теплоносителя (около 2,2 против 1,8) в сравнении с опытно-промышленным агрегатом. Тем самым выравнивание температуры твердой фазы резко ускорялось, а основная масса летучих, выделявшаяся со сдвигом во времени, подвергалась менее глубокому пиролизу на относительно охлажденном материале. Установление температуры в реакторе на уровне 530° в обоих случаях оказалось связанным с сохранением удельного расхода теплоносителя на сходном уровне (2,6 и 2,5).

Т а б л и ц а 5

Групповой химический состав легкой фракции сырой смолы при разных режимах полукоксования в УТТ-500

Наименование групп	Содержание в легкой фракции смолы, %				из туннельной печи
	из УТТ-500 при температуре, град				
	480	500	530	550	
Парафиновые и нефтяные углеводороды	18,5	19,5	17,2	13,6	25,9
Олефиновые углеводороды суммарные	50,0	45,1	44,7	40,6	56,5
в том числе нормальные I-олефины	26,7	25,8	24,9		34,8
Ароматические углеводороды суммарные	21,1	20,4	26,2	39,3	10,2
Сернистые и кислородные соединения	3,0	3,2	2,8		

Т а б л и ц а 6

Групповой химический состав средней и тяжелой фракций сырой смолы при разных режимах полукоксования в опытно-промышленном агрегате

Температура в реакторе, град	Наименование фракции	Содержание во фракции, % вес. групп			
		парафины и нафтены	олефины	ароматические углеводороды	кислотные и сернистые
480	средняя		17,9	51,1	31,0
	тяжелая		1,2	41,7	57,1
500	средняя	4,3	15,6	47,9	32,2
	тяжелая	0	0	53,6	46,4
550	средняя	4,8	9,5	45,2	40,5
	тяжелая	0	0		100,0

Т а б л и ц а 7

Характеристика нормальных алифатических углеводородов в составе фракции с пределами кипения 150-250° при разных режимах переработки в опытно-промышленном агрегате

Показатели	Фракция смолы из УТТ-500 при температуре, град			Фракция из туннельной печи
	465	490	550	
Выход суммы нормальных углеводородов от рафинированной фракции, % вес.	21,2	17,7	14,6	21,0
Плотность ρ_4^{20}	0,7665	0,7713	0,7644	0,7685
Бромное число	72	69	65	70
Показатель преломления n_D^{20}	1,4252	1,4261	1,4265	1,4269
Содержание в сумме, % вес				
н-олефинов	68,3	69,4	68,0	67,9
н-парафинов	31,7	30,6	32,0	32,1

Влияние температурного режима на состав жидких продуктов полукоксования в сжатом виде охарактеризовано в таблицах 5 и 6. Оно еще более отчетливо раскрывается при рассмотрении данных табл. 7, в которой сравниваются групповой состав и выход фракции смолы с пределами кипения 150–250° из опытно-промышленного агрегата с твердым теплоносителем и туннельной печи. Более значительное смягчение температурного режима (до 465–470°), как это и ожидалось, приводит к улучшению качества ее как потенциального сырья для синтеза мощных веществ.

Напротив, повышение температурного потенциала процесса и жесткости пиролиза летучих в реакционной зоне приводит к существенному перераспределению и изменению качества продуктов термического разложения сланца в установке с твердым теплоносителем. Так, данные табл. 2 – 7 свидетельствуют об установлении так называемого полугазового режима при доведении температуры в реакторе до 550°.

Одноступенчатый "газовый" вариант (температурный потенциал 650 и 730°), поддерживаемый за счет значительно-го увеличения удельного расхода теплоносителя (до 5–8) и перегрева материалов до предельно допустимой температуры (соответственно 200° и 850°) испытан на пилотной установке. Характеристика основных его показателей (в расчете на переработку I млн т "стандартного" сланца с содержанием органической массы 33,5% на сухое вещество) в сравнении с другими вариантами переработки сланца с твердым теплоносителем по методу ЭНИН приведена в табл. 8.

Этот принцип, наряду с очевидными достоинствами, обладает и рядом недостатков, частично отраженных в таблице. К ним относятся: уменьшение производительности агрегата заданных габаритов, снижение химического к.п.д. процесса и содержания непредельных углеводородов в газе, усиление тепловой нагрузки и снижение эксплуатационной надежности аппаратуры.

Основные показатели различных режимов переработки сланца с твердым теплоносителем по одноступенчатому и многоступенчатому принципу (в расчете на I млн.т сухого "стандартного" сланца

Показатели	Смоляной вариант при 480°		Газовый вариант		
	в ОПУ	в УТТ-500	одноступенчатый		двух- ступенчатый
			1	2	
Температура в реакторе, град	480	480	650	730	480/750
Удельный расход теплоносителя	2,1	1,8	5-6	6-8	1,8
Относит.производительность	100	100	80	70	100
Химич. к.п.д., %	76	75	70	67	75
Концентрация олефинов в газе, % об.	30,5	35,4	25,4	28,5	40,1
<u>Потенциальный выход</u> <u>продуктов:</u>					
этилена, тыс.т	4,4	6,4	17,2	25,6	16,3
пропилена, "	5,4	7,2	15,6	16,2	13,9
фракции C ₄ , "	6,1	8,9	11,5	10,2	12,3
суммы C ₂ +C ₃ , "	9,8	13,6	32,8	41,2	30,2
остаточного газа фактич.теплотворн., млн.м ³	12,5	17,5	52,0	55,0	37,8
смолы сырой, безводной, тыс.т	201	172	86	70	149
в том числе:					
газбензин	10	15	7	11	-
легкая фракция	33,6	33,2	36,0	22,0	-
средняя фракция	42,8	37,3	25,0	21,0	37,3
тяжелая фракция	124,6	101,5	25,0	27,0	101,5
ароматиз.пиробензин	-	-	-	-	9,3
пиромазут	-	-	-	-	5,8
Всего мазута	167,4	138,8	50,0	48,0	144,5

Научный анализ приводит к заключению о недостаточной целесообразности осуществления целевого технического процесса, в котором аппаратурно совмещены термическое разложение топлива и глубокий пиролиз летучих — процессы с различными термодинамическими характеристиками и уровнями энергии активации.

Отмеченные недостатки "газового" варианта могут быть устранены, а эффективность процесса существенно повышена при использовании принципа многоступенчатой (например, двухступенчатой) переработки. Он заключается, в частности, в сочетании процессов полукоксования кукурита в агрегате с твердым теплоносителем при наиболее выгодном смоляном режиме и пиролиза части продуктов его термического разложения в специальном агрегате или узле. Не вдаваясь в детали исследований, проведенных в этом направлении, приведем в качестве примера вариант, в котором пиролизу подвергаются легкие продукты полукоксования сланца — газбензин и бензиновая фракция смолы из УГТ-500. Процесс пиролиза осуществлен в опытной трубчатой печи производительностью по сырью 2,5 т/сутки.

В табл. 9 приведены основные показатели, соответствующие выбранному нами оптимальному режиму (удельный расход водяного пара — 500 кг/т сырья, температура на выходе из печи — 750°C, длительность контакта в радиантной секции — около 0,5 сек, давление на входе в печь — от 2 до 4 ати). По своему составу исходное сырье примерно соответствует показателям табл. 5. Результаты исследования указывают на высокую эффективность комплексной термической конверсии сланцевых бензинов с получением низших непредельных и ароматических углеводородов, обусловленную специфической природой сланцевого сырья. Соответствующая графа табл. 8 свидетельствует, что по конечным техническим результатам такая схема успешно конкурирует с показателями одноступенчатого газового варианта.

Основные показатели процесса пиролиза сланцевых бензинов в опытной трубчатой печи при оптимальном режиме

Показатели	Состав продуктов, %		выход от сырья, кг/т	
	газбензин	бензин УТТ	газбензин	бензин УТТ
<u>Пирогаз</u>				
Суммарный выход, нм^3 -кг/т	665	590	785	625
в том числе:				
этилен	26,8	27,8	225	207
пропилен	14,8	11,4	184	129
бутилены	2,9	1,6	48	23,5
дивинил	3,4	2,6	54	37
сумма непредельных	47,5	43,4	511	397
метан	31,0	29,8	150	126
этан	8,5	7,9	78	63
пропан	0,7	0,5	10	6,5
бутан	0,3	0,1	5	2
C_5 предельные	1,7	0,3	30	5,3
водород	8,9	15,5	5,4	8,2
окись углерода	1,4	2,5	11,4	18,3
<u>Пироконденсат</u>				
Суммарный			205	375
в том числе пиро-бензин до 200°	59,5	61,0	125	230

П р и м е ч а н и е. Степень ароматизации пиробензина 85-90% вес.

Применение этого принципа наглядно демонстрируется в сообщении, посвященном комплексному энергохимическому использованию сланца и доложенному на настоящем симпозиуме. Естественно, приведенным частным примером не исчерпываются потенциальные возможности распределения продуктов термической переработки сланца в энергохимическом комплексе между промышленными потребителями. Так, доля продуктов, отбираемых в качестве сырья для химического использования, может быть в зависимости от конъюнктуры и ряда обстоятельств снижена от 24-25% от теплового потенциала (как это имеет место в приведенном примере) до I2-I4 или 7-8%.

Таким образом, широкие перспективы воздействия на состав, свойства и распределение продуктов термического разложения сланца с твердым теплоносителем, открывающиеся в итоге изучения теоретических основ процесса, получают полноценное подтверждение и развитие при разработке и освоении этого метода в промышленном масштабе.

Бесплатно

XI

1A-1615

223948