

*В. М. ЕФИМОВ, Р. А. ЛЕЭПЕР, Л. И. ПЕТАЯ,
Ю. П. ЖУРАКОВСКИЙ*

ВЛИЯНИЕ СЕГРЕГАЦИИ СЛАНЦА В ГЕНЕРАТОРАХ С ПОПЕРЕЧНЫМ ПОТОКОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА УНОС ПЫЛИ С ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСЬЮ

В последние годы при совершенствовании действующих генераторов с целью повысить их пропускную способность и, особенно, при создании новых агрегатов большой единичной мощности все острее встает задача уменьшить унос из генераторов твердых частиц с парогазовой смесью и, следовательно, снизить зольность генераторных смол. Влияние способа загрузки сланца на его сегрегацию в 1000-тонном генераторе и равномерность распределения теплоносителя в слое изучались в ходе разработки этого агрегата на холодной модели камеры полукоксования генераторов с поперечным потоком теплоносителя. Было показано, что в случае загрузки камеры двумя устройствами вместо одного обеспечивается более равномерное распределение теплоносителя в слое топлива, что хорошо подтверждается уже накопленным опытом эксплуатации 1000-тонных генераторов и свидетельствует о моделируемости процесса [1].

Следует отметить, что при разработке проекта 1000-тонного генератора проверить работу двух разгрузочных устройств на одном из действующих 200-тисных генераторов оказалось невозможным из-за его сравнительно небольших габаритов. Это и обусловило проведение испытаний на холодной модели камеры полукоксования генераторов с поперечным потоком теплоносителя.

В дальнейшем на холодной модели было оценено влияние сегрегации сланца (при различных способах загрузки сланца в генератор) на унос сланцевой пыли с парогазовой смесью (далее по тексту — унос пыли). Для таких опытов холодную модель дополнили разгрузочным устройством, которое представляет собой опускающуюся в разгрузочной коробке с помощью электропривода горизонтальную пластину. Воздух, служивший в опытах газообразным теплоносителем, брали из линии сжатого воздуха и подавали через трубку, помещенную в центре нижней части «горячей» камеры. Расположенная против этой трубки решетка с «горячей» стороны камеры полукоксования была закрыта пластинкой высотой 60 мм (чтобы избежать поступления струи воздуха непосредственно в слой).

Воздушный поток отводили из шахты через прямоугольный патрубок (газоотвод), расположенный по всей ширине верхней части «холодной» камеры и разделенный, как и сама камера, на три равные части (участки *а*, *б*, *в*). На каждый участок патрубка для улавливания сланцевой пыли надевали мешочек из плотной ткани. Чтобы определить количество осевших в «холодной» камере мелких кусочков сланца (провалившихся через решетку) ее дно было сделано съемным. Уста-

новка снабжена необходимыми приборами для измерения расходов и давлений.

Перед опытом пластинку разгрузочного устройства устанавливали на уровне нижней кромки камеры полукоксования. Последнюю заполняли сланцем и над ней помещали загрузочный бункер, который тоже заполняли сланцем и плотно закрывали крышкой. Сланец загружали в камеру полукоксования через стеклянные трубки (устройства) диаметром 30 мм, которые опускали на дно (пластинку разгрузочного устройства) камеры полукоксования, заполняли сланцем и медленно поднимали, заполняя таким образом камеру. Материал при этом высыпался из трубок под углом естественного откоса.

Затем включали разгрузочное устройство и одновременно начинали подавать в камеру воздух. В течение 6—12 мин через модель пропускалось 3,0—4,2 кг сланца. В конце опыта отключали разгрузочное устройство и перекрывали поступление воздуха, после чего определяли количество пыли, как унесенной воздухом, так и осевшей в провале.

Опыты проводили со сланцем, который по гранулометрическому составу был моделью сырья, используемого в промышленных генераторах (соотношение размеров кусков 1 : 25).

Пределы крупности частиц, мм	Содержание в сланце, %	Пределы крупности частиц, мм	Содержание в сланце, %
5,0—2,8	35,8	1,0—0,5	1,1
2,8—2,0	35,5	0,5—0,16	3,4
2,0—1,0	21,3	< 0,16	2,9

Таблица 1

Table 1

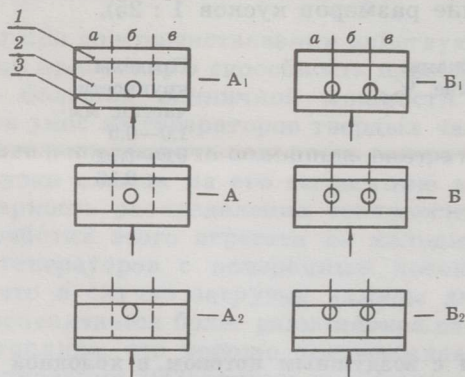
Унос сланцевой пыли с воздушным потоком в холодной модели камеры полукоксования в зависимости от способа загрузки сланца
Dust carry-over by air flow in a cold model of the retorting chamber depending on shale loading mode

Показатель	Одно устройство			Два устройства		
	A ₁	A	A ₂	B ₁	B	B ₂
Унос с воздушным потоком:						
Всего, г/кг сланца	2,9	5,4	8,8	5,3	9,4	10,3
По участкам патрубка (газоотвода), %:						
а	26,3	15,0	21,0	34,3	38,8	34,0
б	41,5	63,0	60,2	34,6	26,6	36,0
в	32,2	22,0	18,2	31,1	34,6	30,0
Мелкий сланец, провалившийся в «холодную» камеру:						
Всего, г/кг сланца	2,0	3,9	7,5	3,3	6,3	9,5
По участкам камеры, %:						
а	23,0	9,3	16,4	34,4	32,3	32,4
б	41,6	74,4	71,8	31,3	28,3	27,6
в	35,4	16,3	11,8	34,3	39,4	40,0
Суммарный унос мелочи:						
Всего, г/кг сланца	4,9	9,3	16,3	8,6	15,7	19,8
По участкам, %:						
а	24,9	12,6	18,8	34,3	36,2	33,3
б	41,5	67,8	65,6	33,4	27,4	32,0
в	33,6	19,6	15,6	32,3	36,4	34,7
Доля в суммарном уносе, %:						
сланцевой пыли	59,5	58,2	53,8	61,8	60,0	52,0
провалившейся мелочи	40,5	41,8	46,2	38,2	40,0	48,0

Содержание влаги в сланце составляло 0,5—1,0 %.

На модели камеры полукоксования испытаны способы загрузки сланца через одно и два устройства, для удобства изложения результатов обозначения способов приведены на рисунке. В опытах на холодной модели поддерживались следующие постоянные параметры: скорость схода сланца 0,7 мм/с; расход воздуха 7 л/с и его линейная скорость, в расчете на полное сечение камеры полукоксования, 0,166 м/с. Толщина слоя сланца в камере составляла при этом 40 мм, а «горячая» и «холодная» камеры имели ширину 30 мм каждая. Объем «холодной» камеры 1,26 дм³.

При сопоставлении способов загрузки сланца (табл. 1) выяснилось, что унос пыли минимален при загрузке камеры через одно устройство, особенно когда оно смещено к «горячей» стороне камеры полукоксования. Причина в том, что в данном случае мелкие фракции сланца концентрируются в середине камеры [1], а основной поток воздуха движется вдоль ее торцевых стенок, встречая на своем пути сравнительно мало мелочи. И все же около 60 % уносимой пыли приходится на центральную часть камеры полукоксования (участок б).



Варианты способов загрузки сланца в холодную модель камеры полукоксования генераторов с поперечным потоком теплоносителя: 1 — «холодная» камера; 2 — камера полукоксования; 3 — «горячая» камера; а, б, в — участки в камере полукоксования, «холодной» камере и патрубке (газоотводе). Способы загрузки в камеру полукоксования: А₁, В₁ — на «горячую» и А₂, В₂ — на «холодную» сторону; А, В — в среднюю часть, между «горячей» и «холодной» сторонами

Modes of loading shale into a cold model of the retorting chamber of generators with a cross-current flow of heat carrier: 1 — 'cold' chamber, 2 — retorting chamber, 3 — 'hot' chamber; а, б, в — zones in the retorting chamber, the 'cold' chamber and the branch pipe (gas outlet). Modes of loading shale into the retorting chamber: А₁, В₁ — into the 'hot' zone, А₂, В₂ — into the 'cold' zone, А, В — into the central part between the 'hot' and 'cold' zones

Когда устройство для загрузки сланца находится на «горячей» стороне камеры полукоксования, унос пыли — благодаря наибольшей толщине фильтрующего слоя сланца — наименьший — 2,9 г/кг. Если же устройство смещено к «холодной» стороне, унос — из-за отсутствия фильтрующего слоя — достигает наибольшего значения — 8,8 г/кг. Уносимая пыль имела следующий гранулометрический состав:

Пределы крупности твердых частиц, мм	Унос пыли воздушным потоком, %	Провал мелкого сланца в «холодную» камеру, %
1,0—0,5	0,1	7,3
0,5—0,16	38,6	67,0
< 0,16	61,3	25,7

В случае загрузки сланца в камеру через два устройства (вместо одного) примерно вдвое возрастает и количество уносимой пыли. Когда устройства смещены к «холодной» стороне камеры, пылевой унос — из-за отсутствия фильтрующего слоя — достигает максимума — 10,3 г/кг и практически уже не зависит от их числа.

Заметно больший унос пыли в случае работы двух загрузочных устройств скорее всего объясняется более равномерным распределением сланца по крупности кусков и более равномерным вследствие этого распределением теплоносителя в слое. При этом обращает на себя внимание одна интересная особенность в работе модели. В случае одного загрузочного устройства его перемещение из средней части камеры к «холодной» стороне (переход от загрузки типа А к А₂) заметно увеличивает унос пыли, тогда как при обоих вариантах расположения двух загрузочных устройств (В и В₂) унос пыли уже одинаково высок. Иными словами, при загрузке камеры полукоксования двумя устройствами расположение их в средней части камеры уже не уменьшает унос пыли.

Как показывает опыт эксплуатации 1000-тонных генераторов, этот унос пока высок. Так, в ГГС-6 за 1988 г. выход фусов на переработанный сланец составил 3,8 % (смолы 1,9, твердых примесей 1,1 и воды 0,8 %), в том числе 3,3 % образовалось за счет механических примесей, которые содержались в основном в тяжелых фракциях смолы, а 0,5 % было вывезено самосвалами непосредственно с установки. Таким образом, на этих генераторах унос твердой фазы с парогазовой смесью составил 11 г на 1 кг сланца, что удивительно хорошо совпадает с результатами опытов на холодной модели (9,4—10,3 г/кг). Такое, очевидно не случайное, совпадение косвенно свидетельствует о том, что при загрузке 1000-тонных генераторов мелкие фракции сланца концентрируются либо в средней части камер, либо на их холодной стороне и легко выдуваются из слоя газовым потоком. В этом случае следует ожидать, что изменение сегрегации сланца по крупности кусков при загрузке в генераторы с целью направить основную часть мелких фракций на горячую сторону камер полукоксования обеспечит снижение уноса пыли до 5 г/кг, то есть уменьшит его в два раза.

Поскольку условия сегрегации сланца в 1000-тонных генераторах вполне удовлетворительно воспроизводятся на небольшой холодной модели [1], можно заключить, что и условия уноса пыли, которые зависят от изменения сегрегации сланца в ходе загрузки в генераторы, тоже можно моделировать.

Итак, снижение уноса пыли на 1000-тонных генераторах за счет направленной сегрегации сланца представляется нам наиболее эффективным и простым средством уменьшения зольности тяжелых фракций смолы. Оно может быть осуществлено, например, за счет использования в промежуточных загрузочных коробках наклонных плоскостей. Поэтому практическая проверка эффективности этого предложения является первоочередной задачей в части совершенствования 1000-тонных генераторов.

Чтобы убедиться, что работы в указанном направлении действительно необходимы, было бы интересно хотя бы косвенно оценить сегрегацию сланца в промышленных генераторах с помощью каких-либо показателей. В их поисках мы обратили внимание на работу, выполненную еще в 50-х гг. [2], где было показано, что благодаря медленному прогреву при высоких температурах крупных кусков сланца некоторая часть образовавшегося при разложении карбонатов диоксида углерода успевает прореагировать с углеродом полукокса. В результате, несмотря на сравнительно высокую степень диссоциации карбонатов, концентрация диоксида углерода в газе оказывается пониженной, а оксида углерода — повышенной. В случае же мелких фрак-

Характеристика и удельный выход генераторного газа разных ГГС ПО «Сланцехим»
Characteristics and yield of generator gas from different gas generator stations of the
"Slantsekhim" Production Association

Установка	Год	Объемное содержание компонентов в газе, %										Удельная теплота сгорания, МДж/м ³		Удельный выход газа, м ³ /т
		CO ₂ + H ₂	C _n H _m	O ₂	H ₂	N ₂	CO	CH ₄	высшая	низшая				
ГГС-1-3	1975	17,5	0,9	0,8	7,3	66,6	4,7	2,2	3,10	2,85	—			
	1980	17,1	0,5	2,7	5,6	67,5	4,6	2,0	2,51	2,30	512			
	1985	16,4	1,0	1,7	6,2	67,4	4,6	2,7	3,27	3,01	451			
ГГС-3	1986	17,0	1,2	1,6	6,3	67,3	4,1	2,5	3,64	3,39	470			
	1987	16,5	1,1	2,2	6,1	67,4	4,6	2,1	3,52	3,26	478			
	1988	16,6	1,3	2,2	4,4	70,1	4,0	1,4	2,64	2,43	505			
ГГС-4	1975	17,3	1,1	0,6	7,9	65,6	5,0	2,5	3,52	3,18	—			
	1980	18,9	1,4	1,0	8,2	63,0	4,2	3,3	4,06	3,68	502			
	1985	16,3	1,1	2,2	—	—	—	—	—	—	501			
ГГС-5	1986	17,1	1,3	1,9	—	—	—	—	—	—	469			
	1987	17,0	1,3	2,0	7,5	63,2	6,1	2,9	4,02	3,68	486			
	1988	17,8	1,4	1,6	7,3	65,1	4,4	2,4	3,52	3,20	472			
ГГС-6	1975	20,9	0,8	0,5	7,3	63,2	5,0	2,3	3,14	2,85	529			
	1980	20,9	1,0	0,7	6,9	63,3	4,9	2,3	3,22	2,93	572			
	1985	17,7	0,9	1,3	6,3	66,6	4,7	2,5	3,14	2,85	527			
1000-тонный генератор	1986	18,7	1,1	1,1	6,6	65,6	4,3	2,6	3,68	3,39	488			
	1987	18,7	1,0	1,5	8,1	63,4	5,1	2,2	3,68	3,39	486			
	1988	19,3	1,0	1,4	7,5	64,6	4,6	1,6	2,97	2,72	498			
ГГС-6	1985	15,9	0,9	1,0	6,2	68,7	4,7	2,6	3,18	2,93	447			
	1986	15,8	1,0	1,0	6,5	68,8	4,3	2,6	3,22	2,97	433			
	1987	17,0	1,1	0,9	6,7	66,6	5,3	2,4	3,35	3,01	457			
ГГС-6	1988	16,4	1,1	0,9	6,9	67,4	5,5	1,8	3,06	2,80	445			
	1987	14,9	0,9	1,2	6,8	67,6	6,3	2,3	3,64	3,35	436			
1988	15,5	1,1	0,7	7,7	66,8	6,2	2,0	3,35	3,06	448				

ций сланца из-за быстрого нагрева происходит интенсивная диссоциация карбонатов. Образующийся при этом диоксид углерода сразу удаляется с поверхности куска и не успевает прореагировать с углеродом полукокса, увеличивая тем самым концентрацию в генераторном газе диоксида и уменьшая — оксида углерода.

Таким образом, из упомянутой выше работы можно заключить, что по концентрации в генераторном газе диоксида углерода можно судить о глубине реакции углерода полукокса с диоксидом углерода. Чем меньше его в газе, тем больше крупнокускового материала находится в генераторе в области высоких температур, при которых уже происходит диссоциация карбонатов. У генераторов с поперечным потоком теплоносителя эта область расположена в первую очередь на горячей стороне камеры полукоксования [3]. Повышенное же содержание в газе диоксида углерода и пониженное — оксида имеет место в том случае, когда в зону высоких температур, то есть на горячую сторону камеры полукоксования, поступают в основном мелкие фракции сланца.

Поэтому при всех примерно равных прочих условиях, которые также могут сказываться на концентрации диоксида и оксида углерода в генераторном газе (например, пропускная способность генератора, существенно влияющая на степень диссоциации карбонатов, а также полнота сгорания генераторного газа в топочных устройствах агрегатов), по анализу генераторного газа можно косвенно оценивать картину сегрегации сланца в генераторе.

Если с этих позиций проанализировать состав генераторного газа различных установок (табл. 2), то напрашивается вывод, основанный на следующем суждении. Например, на горячей стороне камеры полукоксования генераторов ГГС-5 доля мелких фракций в слое топлива значительно больше, чем в случае 1000-тонных генераторов, особенно ГГС-6. Следовательно, в средней части камер полукоксования последних или на их холодной стороне мелких фракций сланца больше. При сходных скоростях теплоносителя в слое топлива такая особенность 1000-тонных генераторов и обуславливает большой унос пыли из этих агрегатов.

Как видно из приведенных ниже усредненных данных за 1988 г., зольность и содержание механических примесей в смоле новых генераторов действительно в 2—3 раза выше:

	ГГС-5	ГГС-6
Зольность смолы, %:		
тяжелой	3,90	9,20
легкосредней	0,11	0,18
Содержание в смоле механических примесей, %:		
в тяжелой	6,24	14,70
в легкосредней	0,22	0,36
Доля в суммарной смоле, %:		
тяжелых фракций	30	38
легкосредних фракций	70	62
Расчетное содержание механических примесей в суммарной смоле, %	2,0	5,8

Заключение

Данные о влиянии различных факторов на унос сланцевой пыли из генераторов, полученные на холодной модели камеры полукоксования генераторов с поперечным потоком теплоносителя, а также сравнение составов генераторного газа ГГС-5 и ГГС-6 свидетельствуют, хотя и косвенным образом, о том, что на 1000-тонных генераторах большой унос пыли с парогазовой смесью в первую очередь объясняется небла-

гоприятной сегрегацией кусков сланца различной крупности по сечению камеры при его загрузке в агрегат.

Дело в том, что при загрузке камеры полукоксования через два устройства вместо одного влияние такой сегрегации сланца усиливает унос пыли с парогазовой смесью, поскольку за счет лучшего распределения теплоносителя в слое количество уносимой пыли увеличивается примерно в два раза. Кроме того, в случае 1000-тонных генераторов из-за сегрегации сланца при загрузке в камеру полукоксования доля мелких фракций в ее средней части или на холодной стороне более высока. Значительно уменьшить унос пыли с парогазовой смесью (а следовательно, увеличить выход смолы за счет уменьшения количества образующихся фусов) на 1000-тонных генераторах можно регулированием сегрегации загружаемого сланца, которое направляло бы основную часть мелких фракций на горячую сторону камер полукоксования (например, посредством наклонных плоскостей, установленных в промежуточных загрузочных коробках). Судя по результатам наших исследований на холодной лабораторной модели камеры полукоксования генераторов с поперечным потоком теплоносителя, такое мероприятие может сократить унос пыли из 1000-тонных генераторов примерно в 1,5—2,0 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сегрегация сланца в генераторах с поперечным потоком теплоносителя / В. М. Ефимов, Э. Э. Пийк, Р. А. Лёэпер, Л. И. Петая // Горючие сланцы. 1989. Т 6, № 2. С. 202—206.
2. Безмозгин Э. С. Влияние минеральной части на выход и состав газа при высокотемпературном разложении и газификации прибалтийских сланцев // Химия и технология горючих сланцев и продуктов их переработки : Тр. / ВНИИПС. 1955. Вып. 3. С. 76—85.
3. Роокс И. Х., Ефимов В. М. О некоторых закономерностях газообразования в газогенераторах с поперечным потоком теплоносителя // Процессы переработки и продукты термического разложения горючих сланцев : Тр. / НИИсланцев. 1975. Вып. 20. С. 59—66.

Научно-исследовательский
институт сланцев
г. Кохтла-Ярве

ПО «Сланцехим» им. В. И. Ленина
г. Кохтла-Ярве

Представил Т. А. Пурре
Поступила в редакцию
29.06.89

**EFFECT OF OIL SHALE PARTICLES SEGREGATION
ON DUST CARRY-OVER WITH OIL VAPOUR FROM GENERATORS
WITH CROSS-CURRENT FLOW OF HEAT CARRIER**

A cold model (1 : 25) of the retorting chamber was used to study the effect of different factors on dust carry-over with oil vapour from generators with a cross-current flow of the heat carrier gas. The results of our studies and tests show that the segregation of shale particles of different size on the cross-sectional area has a major effect on increased dust carry-over from 1,000 t/d generators.

As indicated in Figure, segregation of shale particles has a greater effect on dust carry-over with oil vapour if the retorting chamber is charged through two feeding devices instead of one. Thus, as a result of a more uniform distribution of the heat carrier gas in the fuel bed, the dust carry-over is practically doubled. Unlike the 200 t/d generators, segregation of shale particles by passing into the retorting chamber of 1,000 t/d generator leads to a higher concentration of fine grained shale in the central part or at the "cool" side of the chamber.

An effective measure of reducing dust carry-over from 1,000 t/d generators is controlling shale particle segregation by directing the bulk of fine shale to the "hot" side of the retorting chamber. It also leads to an increase in oil yield due to a reduction in the solids contaminated heaviest tar fractions. The segregation of shale particles can be controlled by mounting the inclined planes in the intermediate feeder boxes.

The experiments on a cold laboratory model of the retorting chamber of a generator with a cross-current flow of the heat carrier show the possibility of attaining a 1.5—2-fold reduction in dust carry-over from 1,000 t/d generators.

Presented by T. A. Purre

Received 29.06.89

Oil Shale Research Institute

Kohtla-Järve

"Slantsekhim" Production Assosiation

Kohtla-Järve