

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ СЛАНЦА В 1000-ТОННОЙ РЕТОРТЕ ПРИ РАЗЛИЧНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ГАЗООТВОДОВ ДЛЯ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ

EFFICIENCY OF PROCESSING OIL SHALE IN 1000 TON-PER-DAY RETORT USING DIFFERENT ARRANGEMENTS OF OUTLETS FOR OIL VAPOURS

В. М. ЕФИМОВ
С. К. ДОЙЛОВ

V. YEFIMOV
S. DOILOV

Институт сланцев
Таллиннского технического
университета
ул. Ярвекюла 12, Кохтла-Ярве
30328 Эстония

Tallinn Technical University,
Oil Shale Research Institute
12 Järveküla St., Kohtla-Järve
30328 Estonia

Large experience of 1000 ton-per-day retort operation has demonstrated that ash content of heavy oil decreased approximately from 10 to 6 % due to take-off of oil vapours through four (instead of routine two) gas outlets. Therefore, dust carry-over from the retort was reduced 1.5-2.0 times, and oil yield increased from 14-15 to 16-17 % (from 65-70 to 75-80 % of the Fischer assay oil). At the same time, operation of the 1000 ton-per-day retort became more stable.

18 января 1981 г. в АС «Кивитер» в г. Кохтла-Ярве (Эстония) была пущена в эксплуатацию первая крупная (головная) реторта для полукоксования богатого органическим веществом сланца-кукерсита (Q_b^d 13–14 МДж/кг, пределы крупности 25–125 мм) с проектной пропускной способностью по сланцу 1000 т/сут.

Отсутствие аналогов в мировой практике, с одной стороны, и опыта проектирования и эксплуатации 1000-тонных реторт – с другой, предопределило большие технические трудности при освоении этого агрегата. Дело в том, что существовавшие в то время опытные и опытно-промышленные установки были предназначены в основном для полукоксования горючих сланцев, бедных органической массой.

Особенности проектирования и эксплуатации, 1000-тонных реторт, а также технические трудности, сопровождавшие освоение этих агрегатов, рассмотрены в [1, 2].

Следует напомнить, что при разработке конструкции 1000-тонной реторты была проведена довольно большая работа в лабораторных и пилотных условиях на холодных и горячих моделях реторт с поперечным потоком теплоносителя (ППТ). Испытания на холодной модели шахты полукокования реторт с ППТ показали, что при использовании двух загрузочных устройств для загрузки сланца в одну камеру полукокования вместо одного достигается более равномерное распределение в ней сланца по размерам кусков, а следовательно, и более равномерное распределение теплоносителя в слое, по сравнению с загрузкой только через одно устройство [3]. Однако использование двух загрузочных устройств для загрузки одной камеры полукокования сопровождается почти двукратным повышением пылеуноса с парогазовой смесью [4].

Таким образом, при проектировании 1000-тонной реторты уже заранее можно было предположить, что на этих агрегатах следует ожидать повышенного уноса пыли с парогазовой смесью и, как следствие, повышенной зольности смолы. Для предотвращения указанного явления необходимо было на холодных моделях шахты полукокования реторт с ППТ изучить возможности уменьшения уноса пыли с парогазовой смесью.

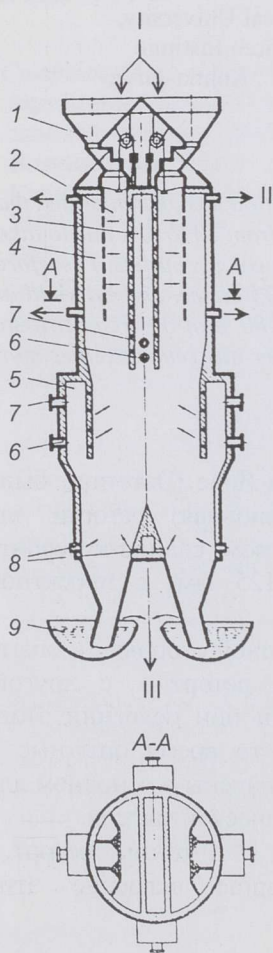


Схема конструкции 1000-тонной реторты: 1 – загрузочные устройства, 2 – камеры полукокования, 3 – центральная камера для приготовления и распределения теплоносителя (горячая камера), 4 – камеры для сбора и отвода парогазовой смеси (холодные камеры), 5 – боковые топочные устройства, 6 – газовые горелки, 7 – вводы обратного газа для приготовления теплоносителя, 8 – вводы обратного газа для охлаждения выгружаемого полукокса, 9 – разгрузочные устройства; I – сланец, II – парогазовая смесь, III – твердый остаток переработки

Design of 1000 ton-per-day retort: 1 – charging device, 2 – semicoking chamber, 3 – central chamber of preparing and distributing heat carrier (hot chamber), 4 – chambers of collecting and offtake of oil vapours (cool chamber), 5 – side burner device, 6 – gas burners, 7 – recycling gas intakes for heat carrier preparation, 8 – intakes of recycling gas for cooling of discharged semicoke, 9 – discharging device; I – oil shale, II – oil vapours, III – discharged semicoke

Таблица 1. Зольность тяжелой смолы 1000-тонной реторты ГГС-5 по отдельным пробегам
 Table 1. Ash Content of Heavy Oil from 1000 Ton-per-Day Retort GGS-5 at Its Single Runs

Порядковый номер пробега	Длительность пробега	Пропускная способность реторты по сланцу, т/сут	Порядковый номер месяца за пробег								Среднее значение зольности за пробег, %
			1	2	3	4	5	6	6	8	
Парогазовая смесь отводится из реторты через два верхних газоотвода											
15	1.09.87-7.03.88	1000	3,8	5,0	6,4	8,1	7,9	7,2	-	-	6,4
16	3.04-3.08.88	917	8,6	8,2	8,8	6,4	-	-	-	-	8,0
17	19.09-17.10.88	918	9,2	10,5	-	-	-	-	-	-	9,8
18	27.10.88-30.01.89	931	8,0	15,0	9,9	-	-	-	-	-	11,0
19	14.02-25.05.89	979	3,9	4,2	9,2	9,4	-	-	-	-	6,7
20	17.06-14.10.89	952	7,8	12,4	15,3	15,7	12,0	-	-	-	12,6
21	23.11.89-24.07.90	890	11,5	14,4	9,5	9,1	9,3	8,0	9,4	16,6	11,0
22	20.09.90-31.03.91	978	4,3	9,6	14,0	14,7	14,0	18,0	15,4	-	12,9
23	27.01-8.09.92	952	5,5	10,8	11,8	12,9	14,0	11,2	13,0	-	11,3
Средневзвешенное значение		948									10,2
Парогазовая смесь отводится из реторты через два верхних и два нижних газоотвода											
24	5.12.92-3.04.93	850	6,2	3,3	4,6	8,7	-	-	-	-	5,7
25	20.07.93-4.03.94	887	5,6	9,8	5,2	7,3	10,8	10,3	9,7	5,8	8,1
26	26.04-11.11.94	920	5,9	9,6	6,6	7,7	5,9	8,4	-	-	7,4
27	31.12.94-30.06.95	851	4,2	6,2	7,4	10,3	12,7	9,1	-	-	8,3
28	7.01-1.06.96	880	4,7	7,3	6,2	5,9	7,9	-	-	-	6,4
29	12.07-20.12.96	912	0,4	1,9	2,4	2,9	5,1	7,4	-	-	3,4
30	21.01-15.05.97	886	1,6	5,7	5,8	7,4	7,8	-	-	-	5,7
31	3.07.97-23.01.98	847	3,0	7,7	7,2	6,6	8,2	9,4	9,8	-	7,4
32	13.03-8.08.98	860	2,8	2,3	3,9	3,4	3,9	-	-	3,3	
Средневзвешенное значение		878									6,4

Таблица 2 Температурный режим переработки сланца в 1000-тонной реторте ГГС-5 с отключенными боковыми топками
 Table 2 Temperature Conditions of Oil Shale Processing in 1000 Ton-per-Day Retort GGS-5 with Disconnected Side Burners

Порядковый номер пробега, дата	Пропускная способность реторты по сланцу, т/сут	Температура теплоносителя, °С		Температура парогазовой смеси в газоотводах, °С			
		в ближней топке	в дальней топке	Верхние газоотводы		Нижние газоотводы	
				левый	правый	левый	правый
Парогазовая смесь отводится из реторты через два верхних газоотвода							
10:	1027	800	742	263	297	-	-
25.10.84*	1081	823	739	275	257	-	-
11.11.84*	1030	835	760	290	324	-	-
15.11.84	1035	798	753	255	272	-	-
20.11.84	1042	829	696	255	312	-	-
23:	883	804	827	290	268	-	-
11.03.92	876	802	819	218	252	-	-
Среднее значение	996	813	762	264	283	-	-
Парогазовая смесь отводится из реторты через два верхних и два нижних газоотвода							
24	850	817	870	170	210	150	124
25	887	834	842	205	134	112	105
26	920	851	835	186	211	107	122
27	851	880	975	177	291	84	84
28	880	846	847	208	257	-	151
29	912	829	800	189	209	97	143
30	886	841	821	215	198	70	106
31	847	827	808	175	239	75	150
32	860	837	816	168	202	73	141
Среднее значение	877	840	846	188	217	96	125

* Боковые топки включены.

Таблица 3. Пылеудерживающая способность слоя в камерах полукоксования 1000-тонной реторты в зависимости от содержания смолы в выгружаемом полукоксе
 Table 3. Ash Catching Capacity of Oil Shale Bed in 1000 Ton-per-Day Retort Semicoking Chamber in Relation to Oil Content of Discharged Semicoke

Порядковый номер пробега	Дата определения уноса пыли	Пропускная способность реторты по сланцу, т/сут	Удельный расход воздуха на процесс, м ³ /т	Содержание смолы в выгружаемом полукоксе в период определения уноса пыли. Камера полукоксования			Суммарный унос пыли из верхних и нижних газоотводов, определенный с помощью металлических пластинок, г/т сланца
				Левая	Правая	Среднее значение	
25	15.09.93	920	314	2,7	3,2	2,95	12,81
25	4.11.93	1110	322	2,3	2,5	2,40	12,42
25	27.01.94	874	375	4,3	4,6	4,45	8,69
32	2.06.98	869	323	2,5	2,5	2,50	8,86
Среднее значение		943	333	2,9	3,2	3,07	10,69
24	23.02.93	899	366	1,5	17,6	9,50	0,71
24	2.03.93	809	337	3,7	10,0	6,85	0,70
27	23.06.95	994	286	1,8	12,1	6,95	1,86
Среднее значение		901	330	2,3	13,2	7,77	1,09

Было установлено, что унос пыли с парогазовой смесью из реторт с ППТ значительно уменьшается, если газоотвод для сбора и отвода парогазовой смеси расположен в нижней части холодной камеры (а не в верхней, как это общепринято): по результатам испытаний – в два раза [5].

Поэтому при проектировании головного агрегата 1000-тонной реторты в холодных камерах, наряду с верхними газоотводами, были предусмотрены и нижние (рисунок). При его пуске и освоении были подключены только верхние. Нижние газоотводы были подключены лишь в конце 1992 г., когда парогазовая смесь из агрегата стала отводиться одновременно через четыре газоотвода. Верхние газоотводы решили не отключать, поскольку при отводе парогазовой смеси через четыре газоотвода скорость газовых потоков в них уменьшается, что также должно способствовать уменьшению уноса пыли из агрегата.

К настоящему времени накоплен довольно большой опыт эксплуатации 1000-тонной реторты с отводом парогазовой смеси через четыре газоотвода. Как видно из табл. 1, зольность тяжелой смолы (около 95 % пыли, уносимой из 1000-тонной реторты, концентрируется в ней) 1000-тонной реторты действительно понизилась в 1,5–2,0 раза. Следовательно, что унос пыли с парогазовой смесью тоже сократился в 1,5–2,0 раза.

Конечно, в данном случае сокращение уноса пыли с парогазовой смесью могло быть обусловлено уменьшением пропускной способности реторты по сланцу. Но, как видно из табл. 2, при переходе на отвод парогазовой смеси через четыре газоотвода, заметно понизились температуры парогазовой смеси в них, то есть распределение теплоносителя в слое камер полукоксования стало более равномерным. Особенно бросаются в глаза довольно низкие температуры в нижних газоотводах. Скорее всего, это обусловлено потоками холодного газа, поступающими из зоны охлаждения.

Обширный опыт эксплуатации реторт различной конструкции свидетельствует о том, что понижение температуры парогазовой смеси в газоотводах заметно снижает унос пыли из реторт в конденсационную систему [5]. По-видимому, в данном случае влияние этого фактора также имело место.

Из таблицы 1 видно, что в первые один-два месяца работы 1000-тонной реторты зольность тяжелой смолы не превышает 2–4 %, а затем постепенно возрастает до 8–9 %. Эта закономерность более четко проявляется в случае отвода парогазовой смеси через четыре газоотвода. Дело в том, что в первые месяцы нижние газоотводы чистые, а затем они постепенно начинают забиваться отложениями и унос пыли с парогазовой смесью возрастает. Следовательно, существуют резервы уменьшения уноса пыли с парогазовой смесью –

для этого необходимо изыскать возможности чистить нижние газоотводы работающего агрегата.

При переходе на отвод парогазовой смеси через четыре газоотвода заметно повысился и выход смолы: с 14–15 до 16–17 % (или, от выхода смолы по Фишеру, с 65–70 до 75–80 %). Следовательно, в данном случае теплоноситель стал распределяться в слое камер полукоксования равномерно.

Работа 1000-тонной реторты за последние годы заметно стабилизировалась. Даже несмотря на то, что на этом агрегате утилизируется фусы предприятия: примерно 2 % (или около 5 тысяч тонн в год) на перерабатываемый сланец.

Как показал длительный опыт эксплуатации 1000-тонных реторт, когда в камерах преобладает недостаточно отшвелёванный сланец (о чем можно судить по остаточному содержанию смолы – по данным перегонки полукокса в реторте Фишера – в выгружаемом полукоксе), слой в камерах полукоксования обладает хорошей пылеудерживающей способностью. Чтобы удостовериться в этом, мы использовали известную методику определения уноса пыли с парогазовой смесью с помощью металлических пластинок, устанавливаемых в газоотводах реторт на пути движения газового потока [6, 7].

Как видно из табл. 3, результаты длительного опыта эксплуатации 1000-тонных реторт хорошо подтвердились непосредственными замерами уноса пыли с парогазовой смесью из агрегата. К сожалению, эту особенность процесса полукоксования сланца в 1000-тонных ретортах реализовать невозможно: это сопровождалось бы заметным понижением выхода смолы. Но ее можно использовать на ретортах с кольцевой камерой полукоксования большой единичной мощности, где процесс полукоксования сланца довольно четко разделен на две зоны.

В верхней зоне, которая оказывает решающее влияние на унос пыли с парогазовой смесью, можно довольно легко поддерживать слой с недостаточно отшвелёванным сланцем, причем не в ущерб выходу смолы [8]. Но, к большому сожалению, строившуюся в г. Кохтла-Ярве ГГС-7 состоящую из четырех реторт с пропускной способностью по сланцу 1500 т/сут каждая, в последние годы из-за отсутствия финансирования полностью демонтировали, и проверить преимущества указанной конструкции реторты, приведенные в [8], уже не представляется возможным.

Выводы

Благодаря отводу парогазовой смеси из 1000-тонной реторты через четыре газоотвода (вместо обычных двух) выход смолы на переработанный сланец возрос с 14–15 до 16–17 %, зольность тяжелой смолы понизилась примерно с 10 до 6 %, а работа самого агрегата стабилизировалась и стала более устойчивой.

EFFICIENCY OF PROCESSING OIL SHALE IN 1000 TON-PER-DAY RETORT USING DIFFERENT ARRANGEMENTS OF OUTLETS FOR OIL VAPOURS

V. YEFIMOV, S. DOILOV

Summary

The first high-capacity retort of processing organic-rich oil shale – kukersite ($Q_b^d = 13-14$ MJ/kg, particle size 25-125 mm) – was launched on the 18th of January 1981 in Kohtla-Järve (Estonia). The designed throughput rate of the retort was 1000 t of shale per day. For lack of some analogue in world practice, both as for design and operation, putting this high-capacity unit into operation was supposed to be accompanied by significant technical difficulties [1, 2].

Laboratory and pilot tests on cool and hot models of retorts with cross flow of heat carrier had demonstrated that the use of lower and upper gas outlets in the retort cool chamber is a very effective way to diminish dust carry-over with oil vapours [3-5]. Therefore, the first 1000 ton-per-day retort was designed to have lower outlets in addition to upper ones in cool chamber (Figure). However, we succeeded in operating lower gas outlets only at the end of 1992.

Take-off of oil vapours through four gas outlets resulted in the decrease in ash content of heavy oil from 10 to 6 % on an average. Temperatures of oil vapour and gas mixture in gas outlets decreased markedly, especially in the lower outlets. This was most likely caused by recycle gas fed to the cooling zone. Lower temperatures of oil vapours at gas outlets result from the more even distribution of heat carrier in the oil shale bed in the semicoking chambers. Oil yield increased from 14-15 to 16-17 % (or from 65-70 to 75-80 % of the Fischer assay oil). Besides, operation of the unit has become stable during the last years.

Long-time experience of operating 1000 ton-per-day retorts has shown that a shale bed with a preponderate amount of insufficiently retorted shale in the semicoking chamber has a good ash catching ability (Tables 1-3) [6, 7]. However, it leads to lower oil yields.

Predominance of insufficiently retorted shale could be successfully employed in high-capacity retorts with a circular semicoking chamber where the retorting process can be rather distinctly divided into two zones [8]. These retorts, however, have been completely dismantled for financial reasons.

Acknowledgements

The research was financially supported by Estonian Science Foundation, Grant No. 3206 and AS *Kiviter*.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ефимов В. М., Йоонас Р. Э., Пийк Э. Э., Рооокс И. Х.* Сланцеперерабатывающая промышленность СССР и пути ее развития // ЦНИИТЭНефтехим. М., 1982. С. 14-19.
2. *Ефимов В. М., Назинин Н. А., Лёэпер Р. А., Жураковский Ю. П.* Особенности конструкции и опыт эксплуатации 1000-тонных сланцевых генераторов // Тр. НИИСланцев. Проблемы создания мощных генераторов для полукоксования горючих сланцев. ЦНИИТЭНефтехим. М., 1991. Вып. 25. С. 29-45.
3. *Yefimov V. M., Piik E. E., Lööper R. A., Petaja L. I.* Oil shale segregation in gas generators with cross-current flow of the gas heat carrier // *Oil Shale*. 1989. Vol. 6, No. 2. P. 202-206 [in Russian, summary in English].
4. *Yefimov V. M., Lööper R. A., Petaja L. I., Zhurakovsky Yu. P.* Effect of oil shale particles segregation on dust carry-over with oil vapour from generators with cross-current flow of heat carrier // *Oil Shale*. 1990. Vol. 7, No. 2. P. 148-154 [in Russian, summary in English].
5. *Ефимов В. М., Лёэпер Р. А.* Возможности уменьшения на 1000-тонных генераторах уноса пыли с парогазовой смесью // Сланцевая промышленность. Информ. Сер. 1. ЭстНИИТИ. 1991. № 7. С. 8-12.
6. *Эпштейн С. Л., Валландер Б. В., Нудельштетер Н. Ф.* Исследование причин высокого содержания механических примесей в сланцевой смоле генераторов комбината "Кивийли" // Вопросы техники и экономики промышленного полукоксования горючих сланцев. Гостоптехиздат, Л. 1957. С. 182-197.
7. *Шаганов Ю., Раад Х., Ефимов В., Ранну Л.* К вопросу уменьшения уноса твердых частиц из газогенераторов на СХК "Кивийли" // Горючие сланцы. Информ. Сер. 1. ЭстНИИТИ. 1972. № 2. С. 15-20.
8. *Yefimov V., Doilov S., Pulemyotov I., Nazinin N.* Specific features of high-capacity retorts with a circular semicoking chamber // *Oil Shale*. 1998. Vol. 15, No. 1. P. 55-64 [in Russian, summary in English].

Received August 24, 1999