УДК 665.644.2

Б. З. Соляр, Л. Ш. Глазов, И. М. Либерзон, Э. З. Аладышева, А. Л. Князьков, А. А. Никитин, Д. В. Кириллов, А. В. Зайцев, А. К. Казаков, Н. А. Данилов

Замена электрофильтров выносной циклонной системой пылеочистки дымовых газов регенерации на установке 1А/1М

Замена электрофильтров выносной циклонной системой пылеочистки дымовых газов регенерации на установке 1А/1М позволила существенно сократить эксплуатационные затраты при сохранении выброса катализаторной пыли в атмосферу на прежнем уровне.

Ключевые слова

Каталитический крекинг, система пылеочистки, электрофильтр, выносной циклон, эффективность пылеулавливания, катализатор.

Очистка от пыли дымовых газов регенерации перед выбросом в атмосферу на установке каталитического крекинга 1А/1М ОАО «Славнефть—Ярославнефтеоргсинтез» до 2002 г. осуществлялась двумя электрофильтрами марки ЭГТ-14-7,5-7-3. Во время комплексной реконструкции установки в 1998—2000 гг. (по проекту фирмы «Stone and Webster») с увеличением ее производительности до 1,3 млн. т/год модернизация выносной системы пылеочистки не проводилась.

После реконструкции установки состояние электрофильтров значительно ухудшилось из-за коррозионного разрушения в результате воздействия кислой среды, образующейся в дымовых газах регенерации при охлаждении во вновь установленном котле-утилизаторе и расположенных после него газоходах и электрофильтрах (в последних — в результате естественных теплопотерь) до температуры ниже 200°С.

В связи с этим были рассмотрены два варианта замены электрофильтров: первый — на новые электрофильтры, второй — на циклонную систему пылеочистки дымовых газов.

Для применения электрофильтров характерен ряд недостатков: высокая стоимость; повышенный расход электроэнергии; необходимость наладки, регулирования и обслуживания в процессе эксплуатации; интенсивное коррозионное разрушение изготовленного из углеродистой стали оборудования; значительный расход воздуха на обдув изоляторов и транспортирование уловленного катализатора при недостатке воздуха для регенерации катализатора; невозможность эксплуатации при высокой (выше 300°С) температуре.

Перечисленных недостатков лишены близкие по эффективности пылеулавливания к электрофильтрам циклоны, изготовленные из нержавеющей стали с защитной эрозионно-стойкой футеровкой. Поэтому было решено заменить электрофильтры на выносную циклонную систему очистки дымовых газов регенерации от пыли.

При эффективно работающих внутренних циклонах уносимая из регенератора катализаторная пыль характеризуется очень мелким фракционным составом: мельче 20 мкм — 85%, мельче 40 мкм — 100%. В связи с этим к циклонам выносных систем пылеочистки предъявляют высокие требования по эффективности улавливания мелких частиц: диаметр 50% улавливаемых ими частиц должен быть менее 2 мкм [1].

На установках каталитического крекинга, сооруженных по отечественным проектам, для очистки дымовых газов от унесенных из регенератора частиц катализатора применяются циклоны нескольких модификаций. На установках ГК-3, 43-103 и КТ-1 Павлодарского НПЗ эксплуатируются группы из четырех наружных крупногабаритных циклонов конического типа с диаметром корпуса около 3 м [2].

На установках Г-43-107 и КТ-1 начиная с конца 1980-х годов применяются мультициклоны, состоящие из более чем 150 конических циклонов малого размера (диаметр корпуса — 0,4 м). Их размещают в аппарате диаметром 11 м, сужающемся в нижней части до диаметра 9 м.

Системы циклонов конического типа обеспечивают сравнительно высокую (60—70%) эффективность пылеулавливания. Их недостаток — высокая металлоемкость, обусловленная характерной для конических циклонов пониженной условной плановой скоростью (в горизонтальном сечении цилиндрической части корпуса).

На установке Г-43-107 Московского НПЗ в середине 1990-х годов внедрена группа из четырех наружных цилиндрических циклонов нормального размера (диаметр корпуса — около 1,5 м) с отношением длины к диаметру корпуса, равным 3,7. Эти циклоны по сравнению с коническими менее металлоемки, но и менее эффективны.

Разработанные для установки 1А/1М ОАО «Славнефть—Ярославнефтеоргсинтез» новые цилиндрические циклоны отличаются от применяемых в действующих выносных системах пылеочистки как высокой эффективностью пылеулавливания, так и сравнительно низкой металлоемкостью.

Эти циклоны характеризуются высокими отношениями длины к диаметру цилиндрической части корпуса (более 4,5) и площади поперечного сечения корпуса к площади входного патрубка при более низком отношении диаметров выводного патрубка и циклона. Внутренняя поверхность циклонов и верхней части пылевозвратных стояков футерована эрозионностойким бетоном толщиной 25 мм, нанесенным на панцирную сетку.

Технологическая схема выносной циклонной системы пылеочистки дымовых газов регенерации на установке 1А/1М приведена на **рисунке**. Дымовые газы из регенератора после охлаждения в котле-утилизаторе направляются в распределительную камеру, откуда поступают в четыре высокоэффективных циклона.

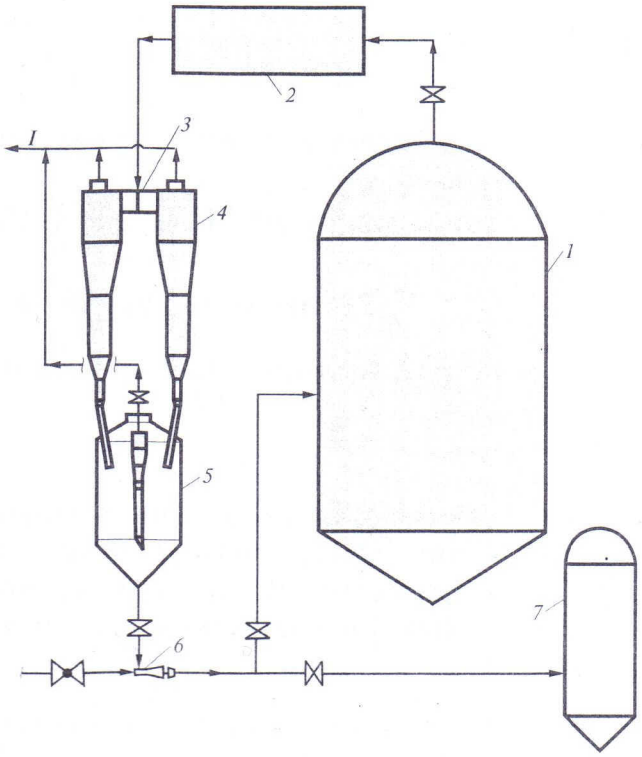
Очищенные дымовые газы выводятся из циклонов в дымовую трубу. Уловленный в циклонах катализатор поступает по пылевозвратным стоякам в бункер, откуда постоянно или периодически выводится по напорному стояку либо в регенератор, либо в бункер-накопитель. В схеме вывода катализатора из бункера предусмотрен принудительный отсос катализатора при помощи эжектора.

Для повышения эффективности пылеулавливания циклонов через их пылевозвратные стояки и бункер пропускается небольшое количество дымовых газов. Очистка дымовых газов в бункере осуществляется при помощи одного высокоэффективного циклона малого размера.

Выносная циклонная система пылеочистки дымовых газов регенерации была установлена на месте демонтированного скруббера-увлажнителя Е-5. Пуск и освоение новой выносной системы пылеочистки подтвердили ее механическую надежность, четкую управляемость и соответствие технологических параметров проектным.

Для оценки эффективности пылеулавливания этой системы и подбора оптимальных условий ее эксплуатации был проведен двухнедельный опытный пробег установки 1А/1М в два этапа. На первом этапе уловленный катализатор направляли в бункер-накопитель, на втором этапе возвращали в регенератор.

На каждом этапе было исследовано несколько режимов эксплуатации выносной системы пылеочистки, причем на каждом режиме выполняли по три последовательных замера запыленности дымовых газов до выносных циклонов и после них по методике ГОСТ Р 50820—95 с расчетом средних значений. Результаты опытного пробега в



Технологическая схема выносной циклонной системы пылеочистки дымовых газов регенерации на установке 1А/1М:

1 — регенератор; *2* — котел-утилизатор; *3* — распределительная камера; *4* — высокоэффективный циклон; *5* — бункер; *6* — эжектор; *7* — бункер-накопитель; *I* — в дымовую трубу.

Показатели	Электрофильтры при возвращении уловленного катализатора в регенератор	Выносные циклоны	
		при выгрузке уловленного катализатора в бункер-накопитель	при возвращении уловленного катализатора в регенератор
Запыленность (мг/нм³) дымовых газов регенерации на выходе			
из регенератора	972	902	1157
из дымовой трубы	350	153	378
Эффективность пылеулавливания, %	64	81	67
Фракционный состав катализатора, % (масс.)			
равновесного			
0—20 мкм	3	3	3
0—40 мкм	23	19	23
0—60 мкм	46	45	48
0—80 мкм	85	88	90
0—100 мкм	98	97	98
уловленного выносной системой			
0—20 мкм	78	47	74
0—40 мкм	96	94	95
0—60 мкм	100	100	100

сравнении с данными, полученными при работе установки с электрофильтрами, приведены в **таблице**.

Как видно, при эксплуатации выносной системы пылеочистки с выгрузкой уловленного катализатора в бункер-накопитель запыленность дымовых газов на выходе из регенератора и из дымовой трубы в атмосферу составляет соответственно 902 и 153 мг/м^3 при эффективности пылеулавливания 81%.

При эксплуатации этой системы с непрерывным возвратом уловленного катализатора в регенератор запыленность дымовых газов на выходе из регенератора и из дымовой трубы повышается соответственно в 1,3 и в 2,5 раза при снижении эффективности пылеулавливания до 67%. Одновременно наблюдается увеличение содержания механических примесей в тяжелом газойле и шламе.

Равновесный и уловленный катализаторы характеризуются более мелким фракционным составом: в первом содержание фракции мельче 40 мкм составляет в среднем 23% (масс.), во втором содержание фракции мельче 20 мкм достигает 74% (масс.) против соответственно 19 и 47% (масс.) при работе системы с выгрузкой уловленного катализатора в бункер-накопитель.

При одинаковом варианте эксплуатации установки с электрофильтрами и выносной циклонной системой пылеочистки дымовых газов — с возвратом уловленного катализатора в регенератор эффективность пылеулавливания и фракционный состав равновесного катализатора практически не различаются.

Таким образом, результаты опытного пробега подтвердили нецелесообразность возврата уловленного выносной системой катализатора в регенератор, ранее практиковавшегося при работе установки с электрофильтрами. При оптимальном режиме эксплуатации выносная система пылеочистки с высокоэффективными цилиндрическими циклонами обеспечивает выброс катализаторной пыли в атмосферу с установки 1А/1М не более 2,5 г/с, что в 2,6 раза ниже санитарной нормы.

Важно отметить, что приведенные в статье данные получены в условиях повышенного истирания катализатора. На это указывает повышенное содержание фракции мельче 40 мкм в равновесном катализаторе и фракции мельче 20 мкм в уловленном катализаторе (см. таблицу). Повышенное истирание катализатора обусловлено особенностями конструкции отдельных узлов оборудования реакторного блока, установленного при реконструкции установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Dries H. W. A., Patel M. S., Nadderman T. J. et al. — In: AICHE-2000 Annual Conference, 2000, Los Angeles, Section T1b04, Paper 5.*
2. *Соляр Б. З., Глазов Л. Ш., Ёлшин А. И. и др. — ХТТМ, 2000, № 3, с. 29—33.*

ОАО «ВНИИ НП»,
ОАО «Славнефть—Ярославнефтеоргсинтез»