

УДК 622.6.8

КОМПЛЕКСНАЯ ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ УГОЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

¹Теряева Т.Н., д.т.н., доцент, профессор;

^{1,2}Исмагилов З.Р., д.х.н., профессор, зав. кафедрой;

^{1,2}Михайлова Е.С., ассистент; ¹Пилин М.О., ассистент

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва

²Институт углехимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН
г. Кемерово

Важной научно-технической проблемой, решение которой связано с обеспечением экологической безопасности при выработке тепловой и электрической энергии, является очистка дымовых газов тепловых электростанций, работающих на угольном топливе, от оксидов серы и азота, а также от иных загрязнений. Во многих странах современные нормы проектирования вновь создаваемых угольных тепловых электрических станций требуют создания очистных сооружений для извлечения оксидов серы, азота, а в некоторых странах и ртути из образующихся дымовых газов. Действующие угольные ТЭС из всех антропогенных загрязнителей улавливают только некоторое количество золы (посредством фильтров). Все же остальные загрязнители, такие как NO_x, SO₂, SO₃, ртуть без какой-либо очистки выбрасываются в атмосферу.

В данной работе представлена характеристика технологии, разработанной авторским коллективом КузГТУ, ИУХМ ФИЦ СО РАН, совместно с иностранным партнером – Шаньдунским научно-техническим университетом (КНР).

Областями применения разработанной технологии являются:

- тепловые станции, работающие на угле;
- угольные котельные малой и средней мощности.

Проведёнными исследованиями [1,3] были установлены оптимальные условия протекания процесса каталитической очистки дымовых газов, а также оптимальный состав катализаторов, а именно: а) для процесса DeNO_x - температура реакции 300-350°C, соотношение NH₃/NO =1, скорость газовых потоков 5000-15000 ч⁻¹. Результаты экспериментов показали, что наиболее эффективны в процессе СКВ оксидов азота аммиаком блочные катализаторы: Fe-Cr-Zn, прокаленный при 700°C, и этот же катализатор, модифицированный медью - Cu/Fe-Cr-Zn, прокаленный после модифицирования при 500°C. При объемной скорости 5000 ч⁻¹ все катализаторы на 100% очищают газовые выбросы от NO_x; б) для процесса DeSO_x - температура реакции 600°C, соотношение 25% SO + 75% H₂, скорость газовых потоков 1000-1500 ч⁻¹. Результаты экспериментов позволили установить, что так же, как и в процессе

СКВ оксидов азота, в процессе $DeSO_x$ наиболее эффективны блочные катализаторы: Fe-Cr-Zn, прокаленный при $700^\circ C$, и этот же катализатор, модифицированный медью - Cu/Fe-Cr-Zn, прокаленный после модифицирования при $500^\circ C$. Эффективность очистки возрастает при снижении скорости газового потока и достигает 83% при скоростях $1000-1500 \text{ ч}^{-1}$. Разработаны технические требования для создания пилотной установки по очистке дымовых газов электростанций угольной генерации, предусматривающей очистку дымовых газов каталитическим способом, применение мокрого абсорбционного способа улавливания, а также введение серопоглощающих агентов (СПА) в зону горения топлива. Экспериментально установлено, что метод ввода СПА в топочное пространство котла в составе водоугольного топлива (ВУТ) является предпочтительным, так как позволяет более равномерно распределить сравнительно небольшое количество агента в большом объеме зоны горения топлива и тем самым обеспечить максимальную степень его использования. Кроме того, исследованиями установлено, что применение технологии вихревого сжигания ВУТ еще более усиливает эффект максимально возможного равномерного распределения СПА в зоне горения, а это в свою очередь повышает эффективность его применения.

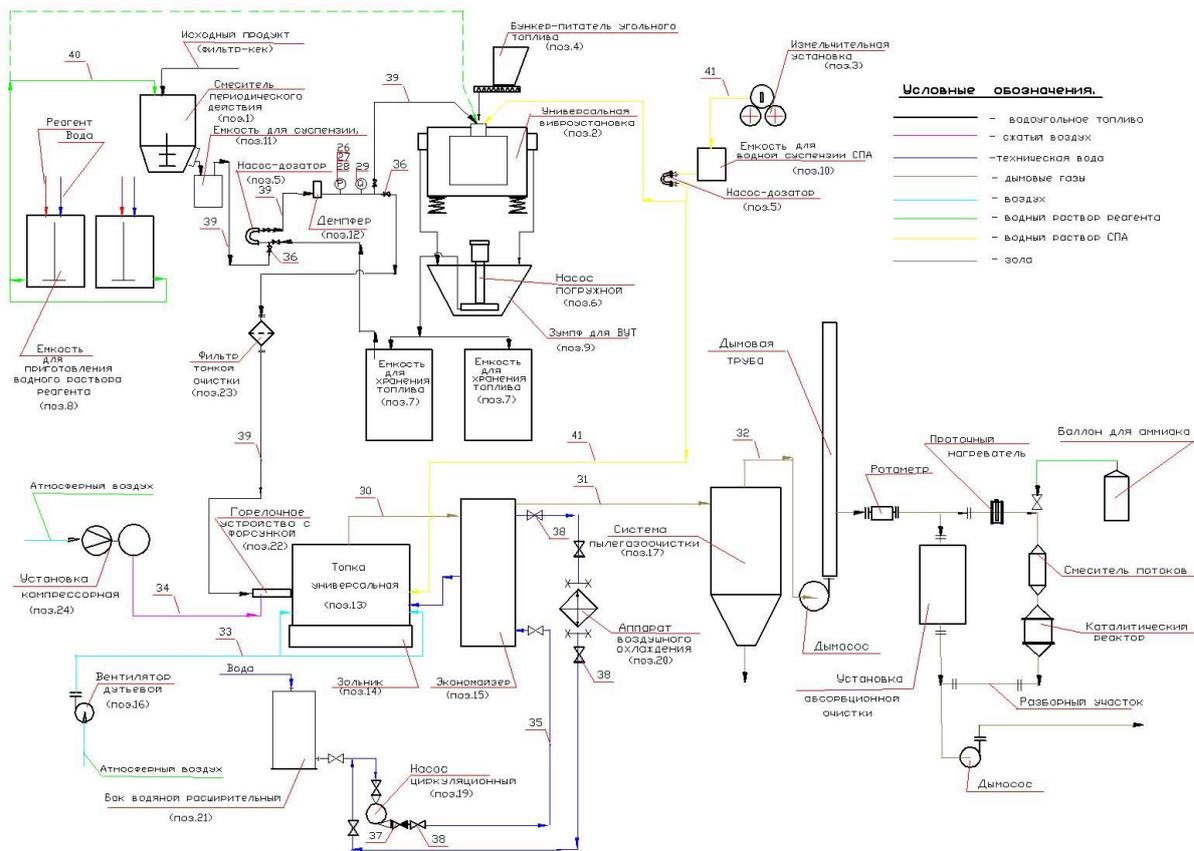


Рисунок 1 — Схема пилотной установки

На основе полученных данных разработана техническая документация, создана опытно-промышленная пилотная установка по очистке дымовых

газов от оксидов серы и азота (рис. 1).

В состав пилотной установки включены следующие участки:

- участок подготовки угольного топлива (рис. 2 а), в том числе суспензионного ВУТ на основе различных марок угля и тонкодисперсных отходов углеобогащения, с оборудованием для приготовления суспензии из СПА;
- участок сжигания угольного топлива (рис. 2 б), в том числе суспензионного ВУТ, с системами очистки образующихся дымовых газов.



а)



б)

Рисунок 2 – Участки подготовки (а) и сжигания угольного топлива (б)

Описание работы участка для приготовления и сжигания суспензионного ВУТ представлено в [2]. Характеристики топлива и пилотной установки представлены в табл.1, 2.

Таблица 1 — Характеристика угольного топлива [1]

Параметр	Единица измерения	Значение
Содержание твёрдой фазы	%	50
Минимальная теплота сгорания	ккал/кг	2950
Содержание серы	%	3,8
Содержание золы по отношению к сухому топливу	%	22,2

Таблица 2 — Техническая характеристика пилотной установки [1]

Параметр	Единица измерения	Значение
Производительность по углю	т/ч	Не менее 0,15
Производительность по ВУТ	т/ч	0,24
Содержание твёрдой фазы в ВУТ	%	До 65
Зольность ВУТ	%	Не более 45
Минимальная теплота сгорания ВУТ	ккал/кг	Не менее 2000
Производство суспензии СПА	т/ч	Не менее 0,012
Теплопроизводительность	МВт	Не менее 0,63
Расход угольного топлива	т/ч	0,15
Расход ВУТ	т/ч	0,37
КПД котлоагрегата	%	70-90
Степень очистки от SOx	%	70-90
Степень очистки от NOx	%	70-90
Степень очистки от ртути	%	70-90
Степень очистки от пыли	%	98

Блок абсорбционной очистки дымовых газов (рис. 3) посредством водного раствора аммиака позволяет уловить до 95% оксидов серы.



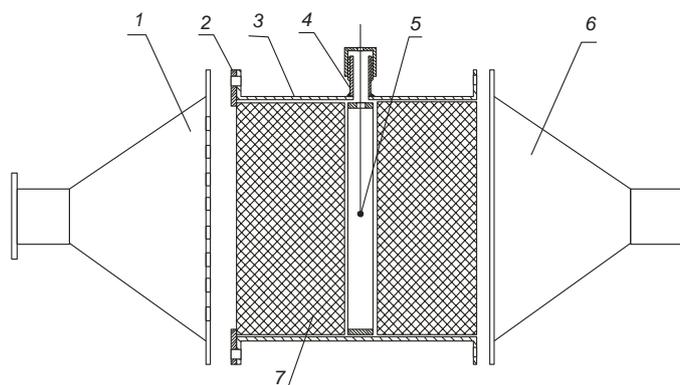
Рисунок 3 – Участок очистки дымовых газов

Каталитическая очистка дымовых газов от оксидов азота проводилась в каталитическом реакторе (рис. 4).

Испытания каталитического блока данной пилотной установки при следующих условия: объёмная скорость подачи дымовых газов 5000 ч^{-1} , температура в каталитическом реакторе 400°C , скорость подачи аммиака в каталитический реактор $6-7,7 \text{ м}^3/\text{ч}$, скорость подачи дымовых газов в каталитический реактор $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ показали, что степень удаления (превращения) оксидов азота составляет в среднем $95\pm 3\%$, оксидов серы - $93\pm 3\%$.



а)



б)

Рисунок 4 – Общий вид (а) и конструкция каталитического реактора (б):
1 – фланец с конусом и газораспределительной решеткой; 2 – кольцо для обеспечения зазора между газораспределительной решеткой и катализатором;
3 – корпус реактора; 4 –штуцер для термопары; 5 – термопара; 6 – фланец с конусом; 7 – катализатор.

Полученные лабораторные результаты и опытно-промышленные испытания показали, что разработанная технология очистки дымовых газов позволяет удалить не менее 90% оксидов серы и азоты из дымовых газов. Это существенно снижает экологическую нагрузку на воздушные бассейны регионов, использующих тепловые электростанции угольной генерации, и позволяет рекомендовать комплексную технологию очистки дымовых газов к внедрению на действующих и проектируемых энергетических объектах.

Список литературы:

1. Исмагилов, З.Р. Разработка эффективной технологии снижения загрязненности дымовых газов тепловых электростанций угольной генерации / З.Р. Исмагилов, О.В. Тайлаков, Т.Н. Теряева и др. // Уголь, №9, 2015 (1074). – С.57-61
2. Мурко, В.И. Создание полупромышленной установки для приготовления и сжигания суспензионного водоугольного топлива с очисткой дымовых газов от оксидов серы / В.И. Мурко, Хямляйнен В.А., Тайлаков О.В. и др. // Сборник материалов XVI международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016» 23-24 ноября 2016, Кемерово 2016, электронный ресурс http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Sibresource/2016/materials/pages/Articles/fizicheskie_processy_gornogo_i_neftegazovogo_proizvodstva/116.pdf
3. Теряева, Т.Н. Современные технологии очистки дымовых газов ТЭЦ угольной генерации / Т.Н. Теряева, Е.С. Михвайлова, З.Р. Исмагилов // Сборник материалов III всероссийской конференции «Химия и химическая технология: достижения и перспективы» 16-17 ноября 2016. Кемерово, 2016, электронный ресурс: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/НИИТ/2016/НИИТ/index.htm>