УДК 66.074.32; 66.074.37

А.В. Полтавец, студент гр. ТЭб-111 (КузГТУ)
Научный руководитель: С.А. Шевырев, к.т.н., ст. преп. (КузГТУ)
г. Кемерово

АБСОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УЛАВЛИВАНИЯ NO_x И SO_x В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ УГОЛЬНЫХ ТЭС

Улавливание оксидов серы и азота из дымовых газов тепловых электрических станций в настоящее время является одной из важных задач, как с точки зрения экологически безопасной выработки тепловой и электрической энергии, так и с точки зрения комплексного освоения и энерго и ресурсосберегающего использования ископаемого угольного топлива. ТЭС в России работают на двух основных видах топлива – это газ (~68%) и уголь (~30%); в меньшей степени используются мазут и биотопливо (~2%). ТЭС, использующие в качестве топлива уголь, являются экологически грязным производством. Однако уголь имеет относительно низкую себестоимость, является доступным видом топлива и его разведанных запасов хватит более чем на 200 лет. Поэтому, сжигающие уголь ТЭС обеспечивают себе долгую перспективу работы, но электростанциям необходимо в первую очередь решить экологические проблемы, которые возникают при сжигании угля.

Сегодня в России, на угольных ТЭС, из всех антропогенных загрязнителей улавливают только некоторое количество золы (фильтрами). Все же остальные загрязнители, такие как NO_x, SO_x, Hg, без какого-либо улавливания выбрасываются в атмосферу. Энергетические предприятия поставляют в атмосферу более 23% выбросов от всех стационарных источников в РФ [1]. Причем среди этих выбросов на долю оксидов азота приходится около 97-98 % (об.), а на оставшуюся часть оксидов серы и других веществ. Причем среди оксидов серы на долю SO_2 приходится лишь 97-98%, а на долю SO_3 оставшаяся часть [1]. Необходимо отметить, что в отличие от ТЭС, сжигающих газ, угольные ТЭС выбрасывают больше оксидов азота, и применение первичных мер подавления оказывается явно недостаточным, что требует внедрения специального оборудования газоочистки. Мировая практика по применению подобных комплексов показывает, что установка систем дымоочистки – проекты однозначно затратные и не влияющие на производственный цикл предприятия.

Основными вредными компонентами дымовых газов являются SO_x и NO_x. На сегодняшний день проведено значительное количество исследований по направлению улавливания оксидов серы и азота из дымовых газов, при этом методам абсорбционной очистки посвящена большая часть этих

работ. Существенное значение при выборе определенного типа применяемого аппарата для газоочистки имеет процесс и исследование процесса массообмена. Получение кинетических закономерностей взаимодействия поглотителя и газа должно осуществляться на модельных установках, ориентированных на концентрацию газовых компонентов при работе конкретного котлоагрегата и вида применяемого в нем твердого топлива

Наиболее широко применяемые абсорбционные аппараты для мокрой очистки газов представляют собой скрубберы. Принципиальная схема очистки дымовых газов при использовании скрубберов представлена на рис. 1.

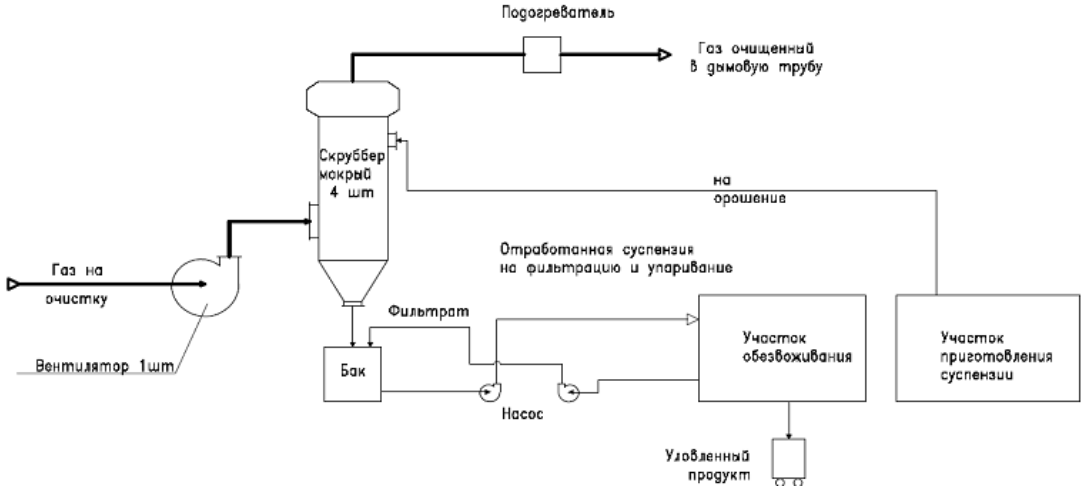

Рис. 1. Принципиальная схема очистки дымовых газов при использовании скрубберов [4]

По данным [2] по всему миру к 2000 году насчитывалось 678 установок по очистке дымовых газов. Примерно 79% из всех этих установок представляли собой абсорбционные аппараты, использующие в качестве поглотителя водные растворы.

Среди основных разновидностей абсорбционных процессов по виду применяемого поглотителя можно выделить несколько наиболее широко применяемых в мире:

1. Абсорбция водой
2. Абсорбция известковой суспензией
3. Абсорбция водных растворов с добавлением оксидов щелочных металлов (MgO, CaO, ZnO)
4. Абсорбция аммиаком

Абсорбция водой. Этот метод является одним из самых простых и малозатратных, однако вместе с этим и недостаточно эффективным. Основные трудности при осуществлении данного метода можно охарактеризовать как: малая растворимость SO_2 в воде, что требует большого расхода воды, а также санитарные затруднения при спуске сточных вод [3]. Сте-

пень очистки дымовых газов от SO_2 составляет около 80%. Более высокая степень очистки достигается дополнительной очисткой с применением, например, известкового молока.

Абсорбция известковой суспензией. Данный способ основан на применении водных растворов $CaCO_3$. В результате протекания данной реакции образуется гипс [4], который при незначительной дополнительной обработке может являться строительным материалом. В настоящее время это наиболее широко применяемый процесс по всему миру [2]. Достоинством данного метода может быть его относительная простота, возможность очистки газа без предварительного охлаждения и обеспыливания, низкие эксплуатационные затраты и высокая эффективность извлечения диоксида серы из дымовых газов, которая может достигать 98-99%. К недостаткам данного метода можно отнести высокий расход извести, сложность обслуживания оборудования, энергетические затраты на протекание процесса могут достигать 2-5% от общей электрической мощности вырабатываемой электрической энергии [5].

Абсорбция водных растворов с добавлением оксидов щелочных металлов. Данный метод позволяет более эффективно использовать поглотитель, в котором используются оксиды щелочных металлов. Достоинствами магнезитового метода является возможность очищать горячие газы без предварительного охлаждения, получение в качестве продукта рекуперации серной кислоты, доступность и дешевизна хемосорбента и высокая эффективность очистки. К недостаткам данного метода можно отнести сложность технологической схемы, неполное разложение сульфата магния при обжиге и значительные потери оксида магния при регенерации. [6,7,8]

Абсорбция аммиаком. Характеристика данного метода заключается в промывке газа аммиачной водой. Основным достоинством абсорбции аммиачным методом являются: данный метод может быть модифицирован для одновременного улавливания оксидов азота и оксидов серы одновременно, возможность выработки практически чистой товарной серы. Недостаток метода – безвозвратные потери дорогостоящего аммиака и повышенная опасность технологии.

Применяемые абсорбционные методы очистки дымовых газов как показано ранее являются достаточно эффективными. При этом все эти методы характеризуются большим размером аппаратуры и большими капитальными затратами, что в итоге влияет на стоимость отпущенной потребителю тепловой и электрической энергии. Применение той или иной схемы по снижению количества дымовых газов в каждом конкретном случае должно осуществляться на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

В табл. 1 представлены характеристики абсорбционных технологий и затраты на их внедрение.

Таблица 1

Технико-экономические показатели мокрых технологий сероочистки [9]

Технология	Мокрая известняковая	Аммиачно-сульфатная	Озонно-амиачная	Сульфатно-магниевая
Степень сероочистки, %	95	До 99,5	99	95
Степень азотоочистки	-	30	90	-
Коэффициент избытка реагента	1,02-1,05	1	1	1,02-1,05
Удельная площадь для оборудования, $м^2$/кВт	0,04-0,05	0,02-0,04	0,02-0,04	0,02-0,05
Увеличение расхода энергии на собственные нужды, %	2…3,7	1,4…1,6	2…3	2…2,5
Удельные капитальные вложения, $/кВт	90…130	35…60	55…60	50…60

В 2015 года на кафедре теплоэнергетики будет запущен экспериментальный стенд для исследования очистки газовых выбросов от оксидов серы на модельной установке. Данная установка позволит экспериментально апробировать абсорбционную технологию улавливания оксидов серы на основе скруббера Вентури с применением различных поглотителей. Выбор скруббера Вентури связан с возможностью очистки больших расходов газа, а также с достаточно небольшими размерами (относительно ЦБА). При этом стоит отметить, что в России в настоящее время отсутствуют опытно-промышленные технологии газоочистки дымовых газов на основе скрубберов Вентури.

Выводы.

Большинство известных абсорбционных технологий на сегодняшний день апробированы в качестве опытно-промышленных и достаточно хорошо изучены в лабораторных условиях. Применение того или иного вида в конкретном случае должно основываться на сравнении нескольких вариантов с анализом технико-экономических показателей каждой конкретной технологии. Перспективным способом очистки дымовых газов от оксидов серы является технология с применением скруббера Вентури, позволяющего очищать большие объемы газовых смесей при сравнительно невысоких капитальных затратах.

Статья выполнена при финансовой поддержке в рамках соглашения № 14.583.21.0004 ФЦП, RFMEF158314X0004

Список литературы:

1. Зверева, Э. Р. Снижение вредных выбросов тепловых электростанций / Э.Р. Зверева, Т.М. Фарахов, А.Р. Исхаков // Вестник КГЭУ. -2011.-Т.8.-№1.- С.39-44.

2. Siagi, Z. O. An overview of SO2 emissions reduction techniques / Z.O. Siagi, M. Mbrawa // R&D Journal of the South African Institution of Mechanical Engineering. - 2008. - № 1. – P.26-33.

3. Розенкоп, З. П. Извлечение двуокиси серы из газов / З.П. Розенкоп. - М. : Гос. науч.-техн. изд-во хим. лит., 1952. – 192 с.

4. Торгашев, А. Г. Перспективные направления развития технологии газоочистки на угольных электростанциях / А.Г. Торгашев // Пылегазоочистка. - 2011. - № 1. – С. 23-27.

5. Wallin, S. C. Abatement systems for SOx, NO_x, and particles - technical options / S.C. Wallin // The Environmentalist. - 1986. – V. 6, № 2. – P.111-124.

6. Dehghani, A. Flue gas desulfurization methods to conserve the environment / A. Dehghani, H. Brigjanian // Petroleum & Coal. - 2010. – V. 4, № 52. – P.220-226.

7. Шмиголь, И. Н. Сероочистка промышленных газов для металлургии России. Современные технологии очистки дымовых и промышленных газов от оксидов серы / И.Н. Шмиголь // Пылегазоочистка. - 2011. - № 1. – С. 18-20.

8. Mondal, M. K. Mathematical Modeling of Wet Magnesia Flue Gas Desulphurization Process / M.K. Mondal // Modeling and Simulation in Engineering. - 2008. – С. 1-6.

9. Шмиголь, И. Н. Сероочистка дымовых газов электростанций России / И.Н. Шмиголь // Гірнича електромеханіка та автоматика. -2011.-№87 - С.143-149.