

К.Г. Давидович (ЗАО «Техэнерго», г. Львов), В.А. Белозеров (концерн «Укрросметалл», г. Сумы)

## Опыт внедрения установки сероочистки с пневмотранспортом на базе винтового компрессора

*Представлен опыт эксплуатации на ТЭС установки оснащенной винтовым компрессором для удаления серы из дымовых газов с помощью пневмотранспорта сорбента.*

**Ключевые слова:** оксиды серы, очистка, сорбент, пневмотранспорт, винтовой компрессор, котел.

*Представлений досвід експлуатації на ТЕС установки оснащеної гвинтовим компресором для видалення сірки з димових газів за допомогою пневмотранспорта сорбенту.*

**Ключові слова:** оксиди сірки, очищення, сорбент, пневмотранспорт, гвинтовий компресор, котел.

*Experience of exploitation is presented on WES of fluidizer moving away sulphur from smoke gases by means of air transport of the sorbent, equipped by the spiral compressor setting.*

**Keywords:** oxides of sulphur, cleaning, sorbent, pneuмотransпорт, spiral compressor, caldron.

Энергетические комплексы – тепловые электрические станции и теплоцентрали, сжигающие органическое топливо, являются крупными источниками выбросов оксидов серы (SO<sub>2</sub>) [1]. Оксиды серы нарушают процесс фотосинтеза, что приводит к парниковому эффекту. В результате химических реакций серного газа с другими загрязняющими веществами их вредное действие на окружающую среду и живые организмы усиливается.

Ежегодно в атмосферу Земли выбрасывается больше 5000 млн. т углерода, около 150 млн. т оксидов серы, 50 млн. т оксидов азота, больше 2 млн. т твердых частиц [2, 3].

При существующих технологиях сжигания угольной пыли в качестве топлива практически вся сера, которая входит в его состав, удаляется из топки котла вместе с дымовыми газами. Для пылеугольных станций значение выбросов SO<sub>2</sub> может достигать до 17,7 г/(кВт\*час). При использовании сероочистной установки этот показатель можно снизить до 1,5-1,6 г/(кВт\*час).

На протяжении последних десятилетий в энергетике применяют разнообразные типы установок для очистки дымовых газов от серы, основанные на различных технологиях и, соответственно, отличающихся себестоимостью, экс-

плуатационными затратами и эффективностью [4-6].

Согласно условиям Киотского Протокола, в Украине активно ведется разработка и внедрение газоуловительных установок, в том числе и сероочистных. Этот процесс характерен некоторой государственной спецификой: учитывая высокий процент изношенного оборудования (большинство энергоблоков отработало свой установленный срок), уменьшение выбросов серы экстенсивным путем (оптимизация режимов, повышение КПД) на устаревшем оборудовании, как правило, нецелесообразно. Предпочтительнее при этом другое направление – оборудование эксплуатирующихся энергоблоков сероочистными установками.

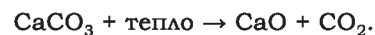
Одним из примеров реализованных проектов является установка сероочистки на Зуевской ТЭС. Одной из особенностей данного проекта была организация пневмотранспорта на базе винтовой компрессорной установки.

Основной целью применения компрессора в составе сероочистной установки является обеспечение сжатым воздухом системы пневмотранспорта для перемещения сорбента, применяемого при сжигании угля, в технологической цепи – мельница – силос готово-

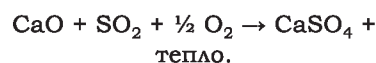
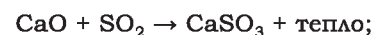
го сорбента – топка котла. Кроме того, с помощью подаваемого компрессором воздуха выполняется предварительное подсушивание известнякового щебня на конвейере и аэрация готового сорбента в силосе.

Работа установки основана на методе десульфуризации дымовых газов по технологии ввода сухого сорбента в верхнюю часть топки котла под аэродинамический выступ в зону 900÷1100°C [7].

В результате ввода сорбента в топку котла происходит реакция кальцинации (образование химически активных частиц негашеной извести CaO) с поглощением тепла и выделением газообразного углекислого газа CO<sub>2</sub>:



На поверхности частиц известки происходит реакция с диоксидом серы SO<sub>2</sub>, которая является составляющей дымовых газов, с образованием сульфита (CaSO<sub>3</sub>) и сульфата кальция (CaSO<sub>4</sub>) с выделением тепла:



Ввод сорбента в топку обеспечивает дополнительно полное

выделение всего триоксида серы  $SO_3$ , который образовался при сжигании угля:



Эти продукты реакции (главным образом, сульфат кальция) вместе с летучей золой должны пройти конвективную шахту и воздухоподогреватель.

Для получения максимальной эффективности сероулавливания необходимо, чтобы образовавшаяся известь находилась не менее половины секунды в топке котла в зоне температур  $900 \div 1100^\circ C$ . Практическая эффективность десульфуризации дымовых газов по технологии введения сухого сорбента (извести) в топку составляет приблизительно 60 % при мольном соотношении Ca/S более 2,5.

По технологической схеме сорбент из бункера загрузки при помощи двух ленточных питателей (рис. 1) поступает на две мельницы. Для регулирования расхода сорбента под бункером установлено два регулируемых шибера. Валковая мельница обеспечивает тонкость помола 70 мкм (остаток на сите R90 – 30 %). После мельниц измельченный сорбент трубопроводом при помощи работающих на сжатом воздухе эжекторов транспортируется в циклон. Две ступени циклонов установлены на силосе готового сорбента. В циклонах происходит отделение транспортирующего воздуха от сорбента. Уловленный в циклонах сорбент наполняет силос. Очищенный транспортирующий газ подается специальным трубопроводом для сброса на вход электрофильтра.

Силос готового сорбента герметичный, что исключает попадание в него влаги. Конусная часть силоса встряхивается вибратором. Для предотвращения слеживания сорбента в нижнюю часть силоса подведен сжатый воздух. На силосе установлены два датчика уровней сорбента – максимального верхнего и минимального нижнего.

Из силоса сорбент при помощи пневмовинтового насоса транспортируется к котлу по трубопроводу. Насос осуществляет транспортировку сорбента в вертикальном и горизонтальном направлениях. Источником транспортирующего воздуха является специальная компрессорная установка.

Ввод сорбента в газовый тракт

котла осуществляется через шлицы подачи газов рециркуляции в верхнюю часть топки под аэродинамическим выступом. К каждому шлицу от общего трубопровода подводится индивидуальный трубопровод.

Регулирование расхода сорбента осуществляется при помощи изменения скорости вращения шнека на пневмовинтовом насосе частотным регулятором, а перемешивание сорбента происходит за счет турбулентности потока.

Управление работой сероочистной установки осуществляется автоматически с центрального щита управления. Корректирование процесса возможно с местных щитов управления.

Автоматическая работа системы сероочистки состоит из двух подсистем: подсистемы подготовки сорбента и подсистемы подачи сорбента.

В подсистему подготовки сорбента входит:

- компрессор;
- загрузочный бункер;
- воздушный коллектор;
- питатели;
- мельницы;
- силос;
- циклоны.

В подсистему подачи сорбента входит следующее оборудование:

- компрессор;
- воздушный коллектор;
- регулирующий клапан;
- пневмовинтовой насос.

Автоматическая работа системы сероочистки предусматривает 4

режима пуска и остановки каждой из подсистем с условиями защит и блокировок:

- автоматический пуск и остановка подсистемы по команде машиниста с центрального пульта управления;

- автоматический пуск и остановка подсистемы по месту путем нажатия кнопок ПУСК и СТОП на местном щите переключателей;

- пуск отдельно каждого узла и остановка подсистемы по команде машиниста с центрального пульта управления;

- пуск и остановка отдельных агрегатов путем нажатия кнопок ПУСК и СТОП на щитке управления для каждого агрегата. Режим используется при пусконаладочных работах.

Перемещение сорбента внутри установки и к котлу осуществляется пневмотранспортом, наиболее экономичным и конструктивно выгодным типом транспортировки, оборудование которого легко монтируется и не вносит существенных изменений в конструкцию котла.

Транспортирующим агентом в системе пневмотранспорта является сжатый воздух, распределяемый по трубопроводам из коллектора, в который он нагнетается компрессорной установкой ВВ-50/8 В УЗ.

Компрессорная установка ВВ-50/8ВУЗ с винтовым компрессором производительностью  $50 \text{ м}^3/\text{мин}$ , с конечным абсолютным давлением 0,8 МПа и приводом от электродвигателя предназначена для снабжения сжатым воздухом различных

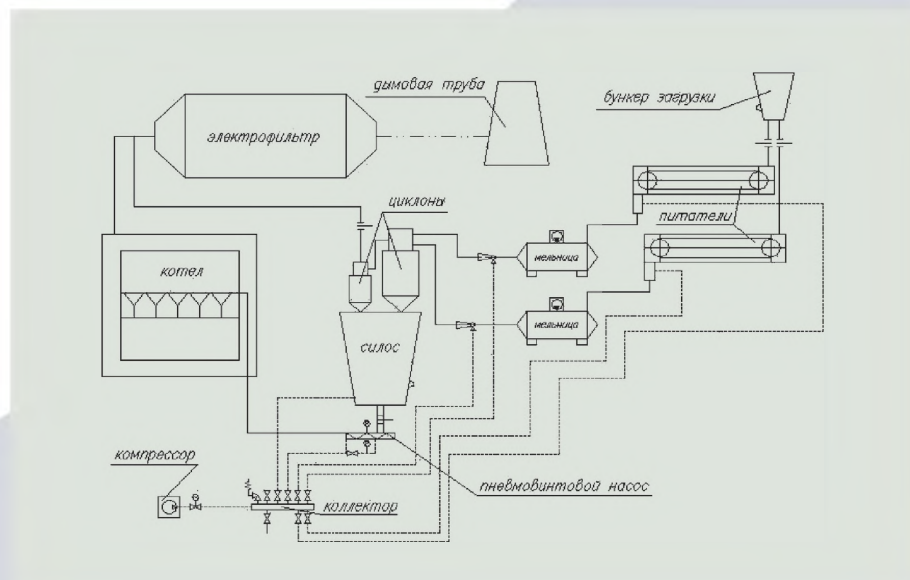


Рис. 1. Технологическая схема сероочистной установки (СОУ)

систем пневматических машин, инструментов и оборудования (рис. 2).

ВВ-50/8ВУЗ представляет собой стационарную компрессорную установку общего назначения, в которой в качестве машины для сжатия воздуха применен винтовой маслозаполненный компрессор. Для привода компрессора используется асинхронный 3-х фазный электродвигатель с напряжением питания 6 кВ. Для отделения масла от воздуха применен маслоотделитель, а для охлаждения масла применяется блок охлаждения масла. Все состав-



**Рис. 2. Внешний вид компрессорной установки ВВ-50/8ВУЗ**

ные части установки смонтированы на общей раме. Для снижения шума, создаваемого компрессором, на раму установлен контейнер.

Установка состоит из следующих основных узлов:

- компрессорный блок;
- блок охлаждения масла;
- масляная система компрессора;
- маслоотделитель с устройством подогрева масла;
- система нагнетания масловоздушной смеси;
- воздушный фильтр;
- система регулирования производительности;
- электрооборудование, КИП и автоматика (шкаф управления с контроллером);
- рама;
- контейнер.

Получение сжатого воздуха на работающей установке производится следующим образом: атмосферный воздух, очищенный в воздушном фильтре, поступает в компрессор, где сжимается до заданных параметров и одно-

временно смешивается с впрыскиваемым в компрессор маслом. Масло, смешиваясь с воздухом, отбирает основное тепло, выделяющееся при сжатии, уплотняет зазоры между роторами и корпусом, смазывает трущиеся поверхности роторной винтовой пары.

Сжатая масловоздушная смесь по нагнетательному патрубку через обратный клапан поступает в маслоотделитель, в котором происходит основное (до 98%) отделение масла от воздуха. Масло, отделившееся в маслоотделителе, охлаждается в охладителе окружающим воздухом, продуваемым вентиляторами через теплообменные каналы охладителя масла. Далее масло очищается фильтром и попадает в компрессор. Поток сжатого воздуха проходит через воздушно-масляный фильтр, встроенный в маслоотделитель, окончательно очищается от паров масла и через клапан минимального давления поступает к потребителю.

Компрессорная установка дополнительно оснащена устройством предпускового подогрева, для обеспечения запуска при отрицательных температурах.

От мельниц готовый сорбент отсасывается вследствие создаваемого эжекторами разрежения (в которые подается воздух под давлением порядка  $0,3 \pm 0,5$  МПа), захватывается потоком воздуха и переносится к циклонам, осаживается и сбрасывается в силос готового сорбента. Очищенный воздух сбрасывается в газовый тракт котла перед электрофильтрами.

Дозирование и подача сорбента в котёл производится с помощью пневмовинтового насоса, в который подаются сорбент и воздух под давлением  $\sim 0,35$  МПа. В нем часть воздуха всасывает сорбент, который осыпается из силоса, другая его часть захватывает и транспортирует сорбент к котлу, где вдвухается в топку через шлицы подачи рециркулирующих газов.

Поскольку для транспортирующего воздуха, согласно проекту, регламентировано только давление и расход, то это значительно уменьшает затраты на приобретение компрессора из-за отсутствия необходимости дополнительного оборудования для подготовки сжатого воздуха (очистки от мас-

ла, осушения и охлаждения сжатого воздуха).

## Выводы

Устройство и опыт эксплуатации пневмотранспорта на сероочистной установке, оснащенной винтовой компрессорной установкой с длительным гарантийным сроком надежной работы в условиях высокой запыленности и возможностью дистанционного управления в системе АСУ ТП, подтверждает целесообразность ее применения при модернизации ТЭС и ТЭЦ для работы с сжиганием угля.

## Список литературы

1. РД 153-34.0-02.306-98 Правила организации контроля выбросов в атмосферу на тепловых электростанциях и в котельных / РАО "ЕЭС России". – М.: СПО ОРГРЭС, 1998.

2. Пачаури Р.К., Райзингер А. и основная группа авторов (ред.) МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата, МГЭИК, Женева, Швейцария, 104 стр.

3. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.combienergy.ru/stat956.html>.

4. Шмиголь И.Н. Упрощенная мокро-сухая сероочистка дымовых газов ТЭС. Новое в российской электроэнергетике (№ 9, 2004 г.) Электронный ресурс. – Режим доступа: [http://www.rao-ees.ru/ru/news/news/magazin/show.cgi?09\\_04.htm](http://www.rao-ees.ru/ru/news/news/magazin/show.cgi?09_04.htm).

5. Боброва З.М., Ильина О.Ю., Тюрина Т.Ю. Изучение методов улавливания диоксида серы в отходящих газах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ecology.ostu.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=51](http://ecology.ostu.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=51).

6. Гладкий А.В. Современное состояние и перспективы мирового развития методов десульфурзации отходящих промышленных газов // Промышленная и санитарная очистка газов. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1990. – 28 с.

7. Алферова Т. В. Экология энергетики: курс лекций / Т. В. Алферова, О. М. Попова. – Гомель, 2008. – 123 с.