

ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ ЗОЛЫ И ДИОКСИДА СЕРЫ АППАРАТОМ МОКРОЙ ОЧИСТКИ – ЭМУЛЬГАТОРОМ

Выработка электроэнергии для стран, одной из которых является Украина, где энергоносителем для тепловых электрических станций (ТЭС) является уголь, сопряжено с проблемой эффективной очистки дымовых газов от вредных выбросов, основными из которых является зола, оксиды серы и азота.

При намечающемся росте выработки электроэнергии, связанном с ростом производства промышленной продукции и энергопотреблением и, при отмечающейся тенденции по сокращению действующих атомных электростанций, ТЭС становятся основными источниками загрязнения окружающей среды.

Задача высокоэффективной очистки дымовых газов для Украины, где на ТЭС используют низкосортные местные угли с повышенными зольностью и содержанием серы, является очень актуальной.

При несомненной необходимости разработки и создания котельного оборудования нового поколения, обеспечивающего выполнение экологических норм, существует настоятельная необходимость реконструкции действующих ТЭС путем оснащения их высокоэффективным природоохранным оборудованием.

Конструкторским бюро «Южное» создан уникальный малогабаритный аппарат для мокрой очистки дымовых газов ТЭС, названный эмульгатором.

Эмульгатор (с пропускной способностью по газу 50 тыс. м³/час) представлен на рисунке 1. Первоначально он был разработан как золоулавливающий аппарат и представляет собой набор единичных фильтрующих элементов (труб).

Принцип действия фильтрующих элементов (ФЭ) основан на взаимодействии закрученного газового потока с водой, подаваемой на стенку трубы. В поле центробежных скоростей происходит отделение твердой фазы, содержащейся в дымовом газе, ее смачивание, утяжеление и вывод в виде шлама под действием гравитационных сил.

При этом над завихрителем образуется газожидкостный столб с интенсивным массообменом. При подаче на стенку трубы в качестве орошающей жидкости водных растворов реагентов, способных вступать в химические реакции с диоксидом серы SO₂ и образованием стойких продуктов реакций, происходит очистка дымового газа от SO₂.



Рисунок 1. Общий вид эмульгатора

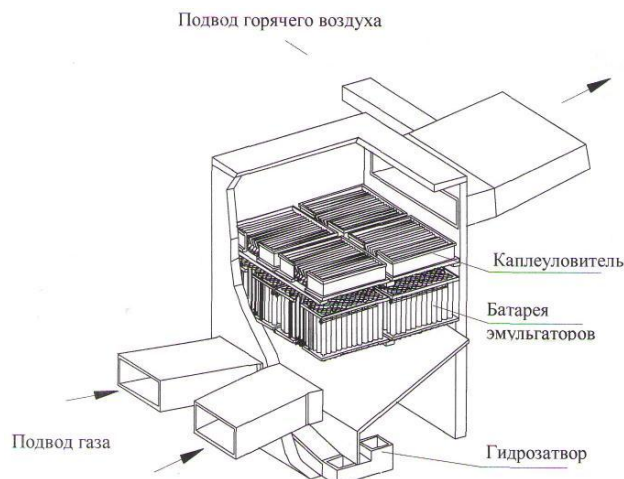


Рисунок 2 – Схема установки эмульгатора на ТЭС

Схема установки эмульгаторов в газоходе с опорой на нижнюю плиту производится в соответствии с рисунком 2. Количество устанавливаемых эмульгаторов определяется расходами дымового газа.

Промышленные испытания опытных образцов эмульгаторов на многочисленных ТЭС России, Казахстана и Мироновской ГРЭС подтвердили высокую эффективность по золоочистке – 99,6-99,8%.

Но при этом выявили необходимость тщательной отработки расходных параметров, обеспечивающих устойчивый процесс очистки со стабильной высокой эффективностью процесса и отсутствие повышенного брызгоуноса.

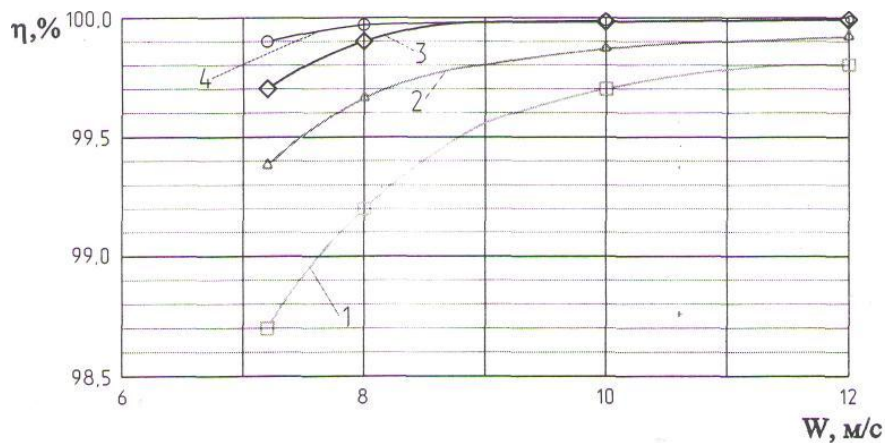
Благодаря финансовой поддержке Украинского научно-технологического центра (при участии в ней США и Канады) были выполнены два проекта по отработке расходных параметров эмульгатора и технологий улавливания золы и SO_2 .

Исследования проведены с участием Института технической механики и Института угольных энерго-

технологий на полномасштабной модели единичного фильтрующего элемента (ФЭ) эмульгатора на экспериментальном стенде, который обеспечил проведение экспериментов в заданных диапазонах изменения скоростей газового потока в трубе ФЭ от 6 м/с до 12 м/с, удельного расхода жидкости от 0,1 л/м³ до 0,4 л/м³ и с возможностью организации подачи водных растворов реагентов различной концентрации.

Эксперименты проведены на модельном газе, представляющем собой смесь нагретого до 160°C воздуха с золой или SO_2 , (в зависимости от задачи конкретного эксперимента) в концентрациях, имитирующих их содержание в натурном дымовом газе.

Было установлено, что процесс золоулавливания происходит с возрастанием эффективности при росте скорости и расхода орошающей жидкости. На рисунке 3 представлен график зависимости эффективности золоочистки от изменения этих параметров.



1 – при удельном расходе воды 0,1 л/м³; 2 - при удельном расходе воды 0,2 л/м³; 3 - при удельном расходе воды 0,3 л/м³; 4 - при удельном расходе воды 0,4 л/м³.

Рисунок 3. Зависимость степени золоочистки от изменения скорости и расхода орошающей жидкости

В результате отработки расходных параметров был установлен их диапазон, в котором обеспечивается устойчивая работа эмульгатора с эффективностью, достигающей 99,9 %, и исключается повышенный брызгоунос:

- скорость газового потока в трубах - $9,5 \pm 1$ м/с,
- удельный расход жидкости - $0,25 \pm 0,5$ л/м³.

Отработка процессов улавливания SO₂ проведена в этом диапазоне расходных параметров на модельном газе (воздух + SO₂).

Ряд экспериментов был проведен со вдувом в поток модельного газа золы. Ее влияние на процесс улавливания SO₂ отразилось незначительно, что позволило упростить модельный газ.

В качестве абсорбентов были выбраны: едкий натр NaOH, кальцинированная сода Na₂CO₃, аммиак NH₃, гашеная известь Ca(OH)₂, известняк CaCO₃, оксид магния MgO и карбамид CO(NH₂)₂.

Известняк и оксид магния были исключены из этого списка после первой же серии опытов, т.к. эффективность улавливания SO₂ при их использовании не превысила 30-40 %. На такое решение повлияло также образование осадка в подводных магистралях.

Все опубликованные материалы об использовании карбамида для очистки газов от SO_x и NO_x свидетельствуют о том, что процессы эффективной очистки осуществляются при обеспечении температуры в зоне реакции более 80°C.

В ходе проведенных экспериментов было установлено, что температура в объеме газожидкостного столба над завихрителем в ФЭ не превышает 42-45°C. Все предпринятые мероприятия по повышению температуры, которые могли бы быть реализованы в условиях ТЭС, эксплуатирующих

эмульгаторы, положительного эффекта не дали. Эффективность очистки от SO₂ с применением карбамида не превысила 15-20%.

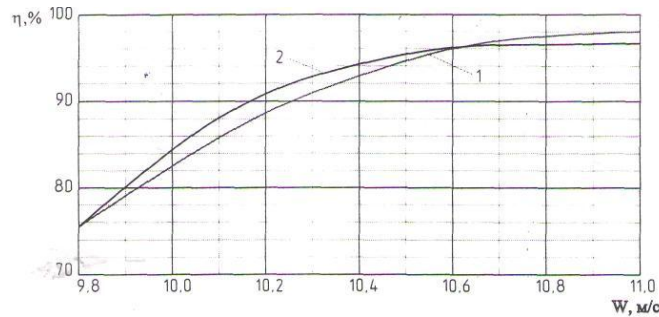
Положительные результаты по использованию в качестве абсорбентов в условиях эмульгатора были достигнуты при применении четырех реагентов: NaOH, Na₂CO₃, NH₃ и Ca(OH)₂.

При проведении экспериментов с использованием модельного газа, содержащего ~2% SO₂, было установлено, что максимальная эффективность очистки, без ее дальнейшего роста при увеличении концентрации реагентов, достигается применением растворов:

- NaOH - 0,62%,
- Na₂CO₃ - 1,64%,
- NH₃ - 0,8%,
- Ca(OH)₂ - 2%.

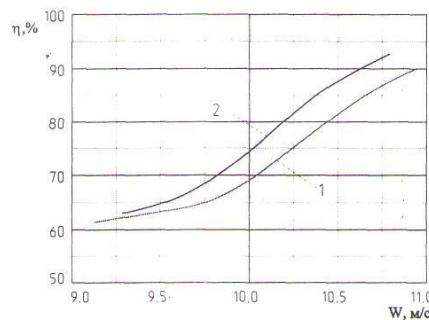
При изменении процентного содержания SO₂ в дымовом газе, необходимая степень очистки достигается применением водных растворов этих реагентов при мольном соотношении «реагент/SO₂» равным 0,8-1,2. Также как и в случае использования эмульгатора в роли золоулавливающего устройства, было установлено, что возрастание эффективности улавливания SO₂ происходит при росте скорости газа в ФЭ и расхода орошающей жидкости. Графики, приведенные на рисунках 4-6, отражают результаты проведенных исследований при применении водных растворов реагентов NaOH, Na₂CO₃ и Ca(OH)₂. Степень очистки более 80-85% достигается при скоростях 10,0-10,5 м/с и расходах орошающей жидкости не более 0,3 л/м³.

Эксперименты с аммиачной водой показали, что при концентрации 0,8% на минимальных скоростях (~9 м/с) и удельном расходе жидкости (0,2 л/м³) достигается эффективность более 95%.



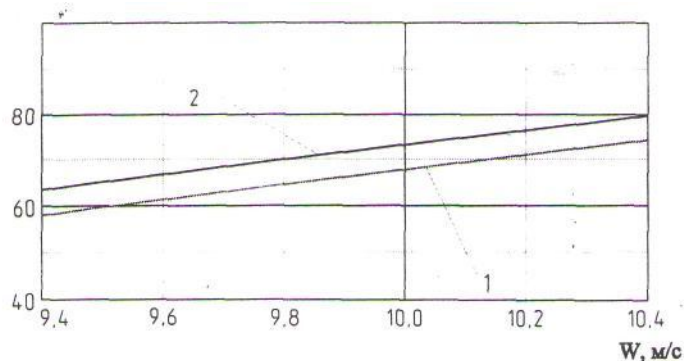
1 – при удельном расходе воды 0,25 л/м³; 2 – при удельном расходе воды 0,3 л/м³.

Рисунок 4. Зависимость степени очистки дымового газа от SO₂ раствором NaOH (концентрация 0,62%) от скорости газа



1 – при удельном расходе воды 0,25 л/м³; 2 – при удельном расходе воды 0,3 л/м³.

Рисунок 5. Зависимость степени очистки дымового газа от SO₂ раствором Na₂CO₃ (концентрация 1,64%) от скорости газа



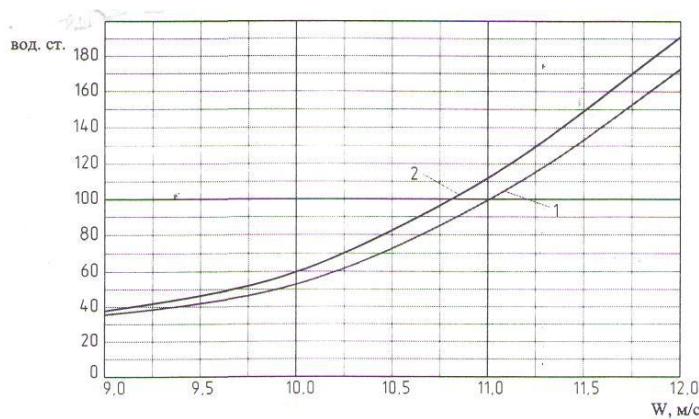
1 - при удельном расходе воды 0,25 л/м³; 2 - при удельном расходе воды 0,3 л/м³.

Рисунок 6. Зависимость степени очистки дымового газа от SO₂ раствором Ca(OH)₂ (концентрация 2%) от скорости газа

Положительный результат показали эксперименты, при которых Ca(OH)₂ вдувалась в поток модельного газа, имеющего скорость 10,0-10,5 м/с, а орошение осуществлялось водой с удельным расходом 0,3 л/м³. Эффективность улавливания SO₂ в этом случае составила ~80%.

В ходе экспериментов было также установлено влияние увеличения расходных параметров, необхо-

димого для повышения эффективности процессов очистки газа, на рост гидравлического сопротивления эмульгатора, в соответствии с рисунком 7. Результаты исследований свидетельствуют о том, что при установлении расходных параметров необходимо руководствоваться достижением максимально необходимой эффективности очистки с учетом мощности дымососов.



1 – при удельном расходе воды 0,25 л/м³; 2 - при удельном расходе воды 0,3 л/м³.

Рисунок 7. Зависимость сопротивления эмульгатора от скорости дымового газа

Эмульгатор представляет собой высоко-эффективный малогабаритный, сравнительно недорогой, аппарат для мокрой очистки дымовых газов тепловых электростанций, работающих на углях.

Промышленными испытаниями подтверждена высокая степень золоулавливания – 99,6-99,8%, которая может быть достигнута более 99,9% при обеспечении оптимальных расходных параметров процесса очистки.

Экспериментально установлено, что эмульгатор может успешно использоваться для улавливания SO₂ с эффективностью 80-95% при применении для

орошения слабоконцентрированных водных растворов NaOH, Na₂CO₃, NH₃ и Ca(OH)₂. При этом аппарат отличается:

- низким энергопотреблением (удельный расход орошающей жидкости не превышает 0,3 л/м³, при гидравлическом сопротивлении не более 90 мм.вод.ст.),
- универсальностью (позволяет производить как одновременную очистку от золы и SO₂, так и их раздельное улавливание)

ЛИТЕРАТУРА

1. Русанов А. А. Справочник по пыле- и золоулавливанию / А. А. Русанов. – Москва : Энергия, 1975.
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик. – Москва : Машиностроение, 1975.
3. Алексеенко С. В. Закрученные потоки в технических приложениях (обзор) / С. В. Алексеенко, В. Л. Окулов. – Теплофизика и аэромеханика, том 3, № 2, 1996.
4. Борисенко С. В. И дым отечества нам сладок? / Борисенко С. В., Малый Л. П., Быковченко Г. И., Кулаков А. Н. – Сделано в Украине. № 3, Днепропетровск, 2000.
5. Борисенко С. В. Результаты экспериментальных исследований аппарата эмульсионной очистки дымовых газов. Разработка усовершенствованной конструкции эмульгатора / Борисенко С. В., Малый Л. П., Быковченко Г. И. – Энергетика и электрификация. №4, Киев, 2000.
6. Зайцев В. А. и др. Очистка дымовых газов тепловых электростанций. – Химическая промышленность. №3-4, Москва, 1993.
7. Островецкий Р. М. и др. Очистка дымовых газов от золы, оксидов серы с использованием эмульгаторов. – Материалы первой Американско-Украинской конференции «Защита атмосферного воздуха от вредных выбросов ТЭС». Киев, 1996.
8. Реконструкція існуючого котельного обладнання для переводу його на нові технології спалювання українського низькосортного вугілля з урахуванням виконання екологічних вимог. Підсумковий звіт по проекту №181 НТЦУ, 1998.
9. Очищення димових газів від оксидів сірки апаратом емульсійного очищення – емульгатором. Підсумковий звіт по проекту № 2501 НТЦУ, 2003.

© Малый Л. П., 2011

Стаття надійшла до редколегії 06.06.2011 р.