

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТОВ ГАЗООЧИСТКИ НА КАРГРЭС-1 ТОО «BASSEL GROUP LLS»

© Жабалова Г.Г.* , Набоко Е.П.♦

Карагандинский государственный индустриальный университет,
Республика Казахстан, г. Темиртау

В статье приведены исследования возможности применения современных аппаратов газоочистки для снижения вредных выбросов на котлах ПК-10 ТОО «Bassel Group LLS» путем замены скруббера на электроциклон.

В соответствии с принятым в Республике Казахстан Техническим регламентом начиная с 01.01.2013 г. резко ужесточаются удельные нормативы на вредные выбросы в атмосферу.

Основные мероприятия по борьбе с вредными выбросами:

- глубокая очистка дымовых газов на ТЭС от золы, SO_x , NO_x ;
- предварительная переработка топлива перед сжиганием с целью извлечения сернистых соединений;
- рациональное ведение топочного процесса в ПГ ТЭС для снижения образования NO_x ;
- устройство высоких дымовых труб в соответствии с СНиП для рассеивания веществ на большие площади;
- создание санитарных зон вокруг станции.

Выбор золоуловителя на станции осуществляется в соответствии со следующими факторами:

- дисперсный состав и физико-химические свойства золы (способ сжигания, вид топлива);
- количество улавливаемой золы;
- степень очистки (КПД золоуловителя);
- ПДК выбросов у поверхности земли;
- технико-экономические соображения (стоимость ЗУ, обслуживание ЗУ).

Сжигание в паровых котлах топлив ухудшенного качества с большим содержанием золы обострило проблему очистки от нее продуктов сгорания. В соответствии с нормами технологического проектирования для мощных КЭС и ТЭС степень улавливания золы должна быть не менее 98-99,5 %, возрастающая с увеличением мощности станций. Для обеспечения таких высоких требований необходим тщательный выбор типа золоулавливающих устройств.

* Доцент кафедры «Строительство и теплоэнергетика», кандидат технических наук.

♦ Доцент кафедры «Строительство и теплоэнергетика», кандидат технических наук.

Качественное улавливание золы обеспечивает надежную работу дымососов. В настоящее время на электростанциях наибольшее распространение получили электрофильтры, мокрые золоуловители с трубами Вентури или без последних, а также батарейные циклоны. Последние рассматриваются наряду с единичными циклонами и жалюзийными золоуловителями как первая ступень улавливания на крупных котельных установках, а также применяются в мелких котельных.

При работе котла на твердом топливе должна быть обеспечена бесперебойная работа золоулавливающей установки.

Одной из таких станций является КарГРЭС-1 ТОО «Bassel Group LLS».

Большинство мелких и средних котлоагрегатов на ТЭЦ укомплектованы центробежными скрубберами МП-ВТИ, получившие в энергетических установках широкое распространение.

Анализ спектров атмосферного воздуха вблизи КарГРЭС-1 показывает присутствие углеводородов в концентрациях, превышающих ПДК (предельно допустимая концентрация) в десятки и сотни раз. Наряду с местными загрязнениями антропогенное воздействие на атмосферу может иметь крупные региональные, и даже глобальные последствия.

Сжигание угля в котлоагрегатах сопровождается выделением в атмосферу вредных веществ, в состав которых входят: диоксид серы, оксиды углерода и азота, пятиокись ванадия, а также зола углей (пыль неорганическая). Отвод дымовых газов осуществляется посредством трубы высотой 100,0 м и диаметром устья 5,1 м. Температура уходящих дымовых газов колеблется в пределах от 70 до 80 °С.

Как показали результаты инструментальных замеров, выполненных ТОО «Центрэнергомеханизация», «Технический отчет по наладке золоулавливающих установок», достигнутый эксплуатационный коэффициент золоулавливания МП-ВТИ в 2010 году в среднем по КарГРЭС-1 составил 95,82 %. Доля сернистого ангидрида, улавливаемого попутно в мокрых золоуловителях, по данным ГРЭС, составила 2,5 %.

Широкое применение электрофильтров для улавливания твердых и жидких частиц обусловлено их универсальностью и высокой степенью очистки газов при сравнительно низких энергозатратах. Установки электрической очистки газов работают с эффективностью до 99 %, а в ряде случаев и до 99,9 %, причем улавливают частицы любых размеров, включая и субмикронные, при концентрации частиц в газе до 50 г/м³ и выше.

Промышленные электрофильтры применяются в диапазоне температур до 400-450 °С, в некоторых случаях и при более высоких температурах, а так же в условиях воздействия различных коррозионных сред. Электрофильтры могут работать как под разрежением, так и под давлением очищаемых газов. Системы пыле- и золоулавливания с применением электрофильтров могут быть полностью автоматизированы.

Электрофильтры отличаются относительно низкими эксплуатационными затратами. Гидравлическое сопротивление правильно спроектированного электрофильтра не превышает 100-150 Па, т.е. является минимальным по сравнению с другими газоочистными аппаратами, затраты электроэнергии составляют обычно 0,36-1,8 МДж (01,-0,5 кВт·ч) на 1000 м³ газа.

Капитальные затраты на сооружение установок электрофильтров высоки ввиду того, что эти аппараты металлоемки и занимают большую площадь, снабжаются специальными повысительно-выпрямительными агрегатами для электропитания. При этом с уменьшением производительности установок по газу удельные капитальные затраты возрастают.

Основной процесс является образование между электродами электрофильтра коронного заряда, который характерен для системы электродов с резко неоднородным полем.

В электрофильтрах обычно улавливают твердые частицы, которые удаляются с электродов встряхиванием. Очищаемый в сухом электрофильтре газ должен иметь температуру, превышающую точку росы, во избежание конденсации влаги, появление которой может вызвать образование трудноудаляемых отложений на электродах и коррозию аппарата.

Очищаемый в электрофильтрах газ может проходить через активную зону в вертикальном или горизонтальном направлении, и соответственно электрофильтры могут быть вертикальными или горизонтальными.

Наиболее распространенным типом сухих электрофильтров является многопольный горизонтальный электрофильтр. Наличие нескольких последовательных полей в электрофильтре улучшает условия улавливания частиц из-за возможности дифференциации электрического режима и режима встряхивания электродов по полям [1].

На основе циклонов НВГЦ и НВГК и электрофильтров разработаны электроциклоны ЭНВКЦ и ЭНВГК, которые вобрала в себя достоинства компактного центробежно-электрического аппарата.

Электроциклон имеет преимущества перед электрофильтрами:

1. меньшие габариты в 4,6 раза в плане и в 1,5 по высоте и поэтому 3-5 раз меньшую металлоёмкость;
2. эффективно улавливают пыль с любым удельным электрическим сопротивлением;
3. проще конструкция, что позволяет изготовить электроциклон на любой механической базе;
4. требуется значительно меньший по мощности повысительно-выпрямительный агрегат [2].

Центробежно-электрический пылеуловитель-электроциклон (ЭЦВ) сочетает в себе достоинства пылеуловителей двух типов: простого по конструкции электроциклона и высокоэффективного электроосадителя-электрофильтра.

Осаждение взвешенных частиц в ЭЦВ осуществляется под одновременным воздействием двух сил – центробежной и электрической. Это способствует высокой степени очистки газов, равной 99,5-99,9 % при габаритах и массе аппарата в 2-2,3 раза меньшей, чем у электрофильтров.

В цилиндрическом корпусе аппарата размещена система осадительных электродов в виде концентрических цилиндров. Запыленный газовый поток движется по криволинейным каналам со скоростью 15-17 м/с. Осадительные и коронирующие электроды собираются из элементов специальной формы, серийно выпускаемых заводом газоочистительного оборудования.

В отличие от общеизвестного пылегазоочистного оборудования данный электроциклон обладает наибольшим гидравлическим сопротивлением. Перепад между давлением во входном и выходном газоходах равен 5-10 Н/м. Предлагаемые электроциклоны эффективно улавливают из пылегазовых потоков пыли тонких фракций до 0.01 мк. Имеют достаточно малые габариты и высокую надежность. В электроциклоне на очистку пылегазовых потоков расход электроэнергии значительно меньше, чем при применении газоочистных аппаратов других типов.

Концентрация взвешенных частиц в очищаемых газах может быть от нескольких г/м³ газа до 100 г/м³ и более, а их температура может достигать 500 °С и выше. Пылегазоочистка может быть как сухой, так и мокрой.

Вместе с тем, надо отметить присущие электроциклонам некоторые недостатки. В этих электроциклонах могут осаждаться только вещества находящиеся во взвешанном состоянии, т.е. в виде пыли или тумана, но в электроциклоне нельзя отделить один газ от другого или отделить от пара без предварительной конденсации этого пара, без применения химической реакции. Не все хвостовые продукты могут быть эффективно уловлены в электроциклонах в связи с их физико-химическими свойствами. К таким хвостовым продуктам относятся сажа, возгон окиси цинка, зола дымовых газов.

В электроциклоне можно получить различную заранее заданную степень пылеулавливания. Для этого требуется только соответственно изменять напряженность электрического поля и силу тока коронного разряда.

Заметное влияние на эффективность работы электроциклона оказывает изменение скорости воздушного потока на входе в циклон. При увеличении скорости воздуха проскок пыли уменьшается. Установлено также, что увеличение концентрации пыли вызывает значительное уменьшение силы разрядного тока, однако заметного изменения степени очистки вследствие этого не происходит.

Очищенные газы имеют температуру 70-80 °С и близкую к 100 % относительную влажность. Современные электроциклоны на золе котельных – агрегатов могут работать с коэффициентами очистки газа – 0,99-0,99,6 %, что позволяет при небольшой потере давления (250-350 Па) получать концентрации золы в очищенных газах, обеспечивающие санитарные нормы [1].

Электростанция КарГРЭС-1 запущена 18 октября 1942 г. в составе одного котла и одной турбины. Последующий ввод в эксплуатацию зданий, сооружений и основного оборудования осуществлялся пятью очередями. Завершение строительства станции закончилось в 1956г с составом оборудования 11 котлов и 9 турбин, мощность станции составляла 240 МВт.

На станции было установлено не только оборудование советского оборудования, но и иностранного производства (Германии, Англии).

10 декабря 2005 г. станция была переименована в ТОО «Bassel Group LLS».

В настоящее время ТОО «Bassel Group LLS» (КарГРЭС-1) представляет собой энергоцентр, обеспечивающий город электроэнергией, старую часть города горячей водой.

На КарГРЭС-1 в настоящее время работают 2 турбогенератора с общей мощностью 84000 кВт, 3 котлоагрегата суммарной производительностью 690 тонн в час пара с давлением 109 ата в барабане и с температурой 510 °С.

Работа является частью основного проекта ТОО «Bassel Group LLS» КарГРЭС-1 увеличения степени очистки уходящих газов и уменьшения вредных выбросов в атмосферу от котлов ПК-10.

В связи с необходимостью уменьшения вредных выбросов в атмосферу КарГРЭС-1, на каждом из энергетических котлов установлено по четыре мокрых золоуловителя марки МП-ВТИ – скрубберы с предвключенными трубами «Вентури». За последние годы эксплуатации скрубберов, выяснилось, что вследствие физического износа и не эффективности очистки дымовых газов, они подлежат демонтажу и замене на более эффективные аппараты очистки дымовых газов [2].

Цель работы – определить техническую возможность установки нового электроциклонов, в ячейки демонтируемых мокрых золоуловителей марки МП-ВТИ на котле ПК-10, экономическую целесообразность, воздействие на состояние окружающей среды. Использование современных технологий сжигания угля и очистки дымовых газов позволяет снизить затраты при приготовлении угля, снизить количество выбросов удельных веществ в атмосферу, повысить эффективность станции. В связи с этим, учитывая общемировые тенденции экологизации промышленного производства, возникает необходимость разработки эффективных и экономически обоснованных технических решений, направленных на совершенствование технологии очистки дымовых газов КарГРЭС-1, в частности, и от золовых частиц, составляющих значительную, а иногда и основную долю в общем объеме выбросов тепловых электрических станций. Совершенствование систем золоулавливания КарГРЭС-1, помимо экологической, имеет и технологическую целесообразность, так как при повышении коэффициент полезного действия золоулавливания снижается износ тягодутьевого оборудования, внутренней поверхности газоходов.

Электроциклон предназначен для проведения тепломассообменных процессов:

- глубокой очистки газов от твердых и газообразных вредных примесей;
- контактного нагрева или охлаждения газов и жидкостей;
- проведение химических реакций.

Электроциклон может быть использован:

- в энергетике;
- в металлургии;
- в химической промышленности.

Реконструкция существующих золоуловителей МП-ВТИ в электроциклонов (ЭЦ) осуществляется на котле № 10 (ПК-10) и направлена на снижение пылевых выбросов в атмосферу до 100 мг/нм^3 $32,15 \text{ г/нм}^3$ (среднегодовая цифра).

Электроциклон предназначен для очистки дымовых газов от золы и частичной нейтрализации окислов, серы за счет собственной щелочи золы, а при добавлении в орошающую воду щелочных компонентов – для глубокой сероочистки.

Если на коронирующий электрод не подавать напряжение от источника питания, то аппарат работал в циклонном режиме, и осаждение частиц золы происходило под действием центробежных и инерционных сил (силой тяжести можно пренебречь). При подаче высокого напряжения на коронирующий электрод в промежутке между коронирующим и осадительным электродом возникает коронный разряд. В чехле короны генерируются ионы, которые затем адсорбируются на поверхности частиц золы, сообщая им электрический заряд. Под действием силы электрического поля, заряженные частицы с высокой скоростью перемещаются от коронирующего к осадительному электроду, обеспечивая высокую степень очистки газа от взвешенных частиц золы. По этому процессу содействуют и центробежные силы.

В электроциклоне можно получить различную заранее заданную степень пылеулавливания. Для этого требуется только соответственно изменять напряженность электрического поля и силу тока коронного разряда.

Заметное влияние на эффективность работы электроциклона оказывает изменение скорости воздушного потока на входе в циклон. При увеличении скорости воздуха проскок пыли уменьшается. Установлено также, что увеличение концентрации пыли от $0,2$ до $2,5 \text{ г/м}^3$ вызывает значительное уменьшение силы разрядного тока, однако заметного изменения степени очистки вследствие этого не происходит.

Расход электроэнергии на улавливание пыли составляет $19-30 \text{ Вт}\cdot\text{ч}$ на 1000 м^3 очищаемого воздуха. Степень очистки электроциклона для пыли со средним диаметром $1-2 \text{ мкм}$ составляет $99-99,6 \%$. При такой относительно высокой эффективности улавливания пыли электроциклоном отпадает не-

обходимость в применении дополнительных фильтров второй ступени для тонкой очистки воздуха.

Проектные характеристики, определенные техническим заданием:

- производительность по газу– 100000 м³/ч;
- температура газов на входе –145 °С;
- аэродинамическое сопротивление ЭЦ, Па – 1600-2000;
- расход электроэнергии, – 0,80 кВт на 1000 м³/ч газа;
- степень золоулавливания, % – 99,6.

Очищенные газы имеют температуру 70-80 °С и относительную влажность близкую к 100 %, поэтому для исключения образования конденсата на стенках сборного короба, выходного газохода, в дымососе, дымовой трубе и предупреждения серноокислотной коррозии, в газоход подается горячий воздух из воздухоподогревателя котла. Процесс газоочистки улавливания пыли автоматизирован [1].

Достоинства электроциклон. Значительное снижение выбросов пыли и вредных веществ в атмосферу, надежность и простота в эксплуатации, простота монтажа и минимальные затраты на реконструкцию, подвод, напряжения, отсутствие сопел и форсунок, склонных к забиванию.

Электроциклон работает следующим образом. Через тангенциальный патрубок электроциклона подается запыленный воздух, который попадает в верхнюю цилиндрическую часть корпуса, и, вращаясь, опускается ниже выхлопной трубы. При этом под действием сил инерции частицы пыли приобретают скорость в радиальном направлении и перемещаются к наружным стенкам циклона. Войдя в зону электрического поля коронного разряда, частицы получают электрический заряд, вследствие чего возникает дополнительная кулоновская сила. Эта сила действует на частицы также в направлении наружных стенок циклона, которые служат в качестве осадительного электрода. Одновременно в том же направлении на частицы действует сила электрического ветра. Таким образом, под действием двух дополнительных сил электрического поля скорость частиц увеличивается и они быстрее достигают стенок циклона, осаждаются и скользят по ним вниз под действием силы тяжести, а затем выпадают в бункер [2].

В данной работе приводится исследование по улавливанию летучей золы в электроциклонах. В отличие от электрофильтров они обладают компактностью и большей эффективностью, которая увеличена за счет одновременного действия электрических и центробежных сил. Известно, что летучая зола используется как добавка в портландцемент. Гранулометрический состав влияет на прочность цементного камня. Более тонкие золы позволяют получать цементы с большими прочностями.

В связи с необходимостью уменьшения вредных выбросов в атмосферу КарГРЭС-1, было предложено заменить мокрые золоуловители марки МП-ВТИ – скрубберы с предвключенными трубами «Вентури» на котле ПК-10,

на электроциклоны нового поколения, подходящие по параметрам и габаритам. Оценив все требования к установке рекомендуется электроциклон типа «ЭЦВ-100», который подходит по всем характеристикам и параметрам, предъявляемым технологическим процессом, а именно выбран электроциклон типа «ЭЦВ-100» с расходом влажного газа на электроциклон $98000 \text{ м}^3/\text{ч}$, с плотностью газов $\rho_0 = 0,8 \text{ кг/м}^3$, с температурой газов перед электроциклоном $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$, с разряжением в системе $p = 5 \text{ кПа}$, с температурой газов после электроциклона $T = 70\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$ и степенью золоулавливания равной $99,2 \%$.

Устанавливаемые электроциклоны по некоторым из параметров превосходят заменяемые скруббера, а именно новый электроциклон снижает количество вредных выбросов в атмосферу данных элементов:

- $M_{\text{БП}}^{\text{Тод}} = 1394,55 \cdot 10^{-3} \text{ т/год}$;
- $M_{\text{ТВ}} = 1328 \text{ т/год}$;
- $M_{\text{SO}_2} = 4475,86 \text{ т/год}$;
- $M_{\text{NO}_x} = 2042 \text{ т/год}$;
- $M_{\text{CO}} = 25536,8 \text{ т/год}$.

С точки зрения экономики проект целесообразен, так как:

- капитальные затраты на модернизацию составляют 70 млн. тг ;
- годовой экономический эффект 40 млн. тг ;
- срок окупаемости 2 года .

В связи с тем, что электроциклон типа «ЭЦВ-100» намного эффективнее и экологичнее старых золоулавливающих аппаратов, и его применения на котлах ПК-10 «Basel Group LLS» является рациональным и целесообразным.

Список литературы:

1. Толочко А.И., Филипов В.И. Очистка технологических газов в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1982. – 280 с.: ил.
2. УГТУ, г. Екатеринбург [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ustu.ru.