

Технические науки

УДК 62-932.4

В.Е.Сидоренко, магистр теплоэнергетики
Инновационный Евразийский университет (г. Павлодар)
E-mail: yuyu_007@bk.ru

Разработка мероприятий по увеличению эффективности очистки дымовых газов на электрофильтрах АО «ЕЭК»

Аннотация. В данной статье рассмотрено теоретическое применение мероприятий по увеличению эффективности электрофильтров, установленных на электрической станции АО «ЕЭК». Автором выявлена причина невозможности достижения эффективности электрофильтров близкой к 100%. Рассмотрены методики по увеличению эффективности электрофильтров применительно к оборудованию, установленному на электрической станции АО «ЕЭК».

Ключевые слова: электрофильтр, обратная корона, летучая зола, охрана окружающей среды.

Научно-технический прогресс, интенсификация производства, повышение его технического, экономического, социального уровня и улучшение условий труда в значительной мере определяется развитием энергетики.

Пути и перспективы развития энергетики определены Энергетической программой, одной из первоочередных задач которой является совершенствование энергохозяйства на базе экономии энергоресурсов: это широкое внедрение энергосберегающих технологий, обеспечение устойчивого снабжения теплотой и электроэнергией всех отраслей народного хозяйства, использование вторичных энергоресурсов, экономия топлива на собственные нужды. Эти работы должны сопровождаться ростом производительности труда, снижением себестоимости производства тепловой и электрической энергии, повышением надежности работы энергетического оборудования.

Окружающая среда – основа жизни человека, а ископаемые ресурсы и вырабатываемая из них энергия являются основой современной цивилизации. На заре развития отечественной индустрии, 70 лет назад, о влиянии ТЭС на окружающую среду задумывались мало, так как первоочередной задачей было получение электроэнергии и тепла. Технология производства электрической энергии на ТЭС связана с большим количеством отходов, выбрасываемых в окружающую среду. Сегодня проблема влияния энергетики на природу становится особенно острой, так как загрязнение окружающей среды, атмосферы и гидросферы с каждым годом увеличивается. Если учесть, что масштабы энергопотребления постоянно увеличиваются, то и соответственно увеличивается отрицательное воздействие энергетики на природу.

При сжигании топлива на ТЭС образуются продукты сгорания, в которых содержатся летучая зола, частицы несгоревшего пылевидного топлива, серный и сернистый ангидрид, оксид азота, газообразные продукты неполного сгорания.

Взвешенные вещества включают пыль, золу, сажу, дым, сульфаты, нитраты. При проникновении взвешенных частиц в органы дыхания происходит нарушение системы дыхания и кровообращения. Вдыхаемые частицы влияют как непосредственно на респираторный тракт, так и на другие органы за счет токсического воздействия входящих в состав частиц компонентов. Опасно сочетание высоких концентраций взвешенных веществ и диоксида серы. Пыль и аэрозоли не только затрудняют дыхание, но и приводят к климатическим изменениям, поскольку отражают солнечное излучение и затрудняют отвод тепла от Земли. Например, так называемые смоги – в густонаселенных южных городах снижают прозрачность атмосферы от двух до пяти раз.

С каждым годом проблемы энергосбережения и экологии становятся все актуальнее для современного общества. Природные ресурсы постоянно дорожают, растут цены на электроэнергию и тепло, а экология на нашей планете лишь ухудшается. Для уменьшения влияния такого воздействия на станциях используются специальные газоочистные сооружения. Одним из примеров таких сооружений является электрофильтры.

Электрофильтр – это устройство, в котором очистка газов от аэрозольных, твердых или жидких частиц происходит под действием электрических сил.

В качестве рассмотренного принят электрофильтр сухой горизонтальный ЭСГ 2х5-48х40х75х150х(5,6,6,5,5), изготавливаемый ЗАО «Альстом Пауэр Ставан» по ТУ 3646-001-00277345-2006. Каждая секция электрофильтра подключена к одному корпусу котла.

В обозначении электрофильтра приведена последовательность цифр, которые имеют следующие данные: количество секций на электрофильтр (а), количество электрических полей по ходу газа (b), количество газовых проходов (с), ширина газового прохода (d в см), ширина элемента осадительного

электрода (e в см), высота элемента осадительного электрода (f в дм) и количество элементов осадительного электрода в каждом из полей (g в скобках).

Изготовитель гарантирует концентрацию пыли на общем выходе из установки не более 100 мг/Нм³ (при нормальных условиях, влажном газе и $\alpha = 1,4$). Эффективность очистки при этом составит 99,9 %.

Электрофильтр представляет собой пыленепроницаемые объёмные корпуса двух секций, разделенные на электрические поля с помещёнными в них коронирующими и осадительными электродами, к которым прилипают заряженные статическим электричеством высокого напряжения частички угольной золы.

Для сбора золы под полями монтируются накопительные бункеры (по три бункера на поле) со спускными рукавами в систему ГЗУ или в пневмокамерные насосы через переключающие пневмоклапаны. В каждом бункере имеется инспекционное отверстие размером 600x500 мм с крышкой для обрушения золы в случае образования завалов. Доступ к крышкам обеспечивается лестницами и площадками.

Для обеспечения упорядоченного потока газов в электрофильтре секционные диффузоры и конфузоры имеют специальные направляющие решётки. Во избежание возникновения зон, возмущающих движение газа, в углах корпусов монтируются газоотбойные экраны.

На крыше корпуса (отм. + 34,080 м) размещены масляные преобразовательные агрегаты (2 шт. на поле) индийской фирмы «Ador Powertron Limited» для выработки постоянного напряжения 100 кВ, которое передаётся через высоковольтные опорные изоляторы к подвешенным на них коронирующим электродам. Номинальный выпрямленный ток для заряда частиц золы имеет величину 1200 мА.

Осаждаемая пыль стряхивается с коронирующих и осадительных электродов системой ударных механизмов, работающих в автоматическом режиме от электродвигательных мотор-редукторов типа ВК40G10-74V/D05LA4-D/C1 немецкой фирмы «Danfoss Bauer GmbH». Механизмы встряхивания коронирующих электродов (2 шт. на поле) размещены снаружи корпусов в верхней зоне (на уровне ригеля крыши). Столько же механизмов для осадительных электродов – в нижней (на 1200 мм выше балок опорного контура). Для обслуживания механизмов предусмотрены консольные мостики: верхний – на отм. +32,050; нижний – на отм. +16,850 м). Для попадания внутрь корпуса к подшипникам валов и молоткам механизмов встряхивания с мостиков обслуживания в каждом поле с двух сторон предусмотрены инспекционные двери размером 600x500 мм.

Конструктивно преобразовательный агрегат, система коронирующих и осадительных электродов с механизмами встряхивания объединены в автономно работающие электрические полуполя, регулируемые одним контроллером, что отражается на эффективной работе электрофильтра. Под преобразовательными агрегатами монтируются поддоны для сбора протечек масла с централизованным сливом по трубам в бак грязного масла.

В целях предотвращения увлажнения и слипания золы в сборных бункерах из-за понижения температуры производится её подогрев электрическими нагревателями, врезанными в стенки бункеров. Электроподогревом обеспечиваются также изолированные валы механизмов встряхивания коронирующих электродов и опорные изоляторы во избежание потери ими электроизоляционных свойств при низких температурах.

Преимущества электрофильтров: возможность самой высокой степени очистки газов (до 99,9 %), низкие затраты энергии (до 0,8 кВт на 1000 м³ газа), очистка газа может проводиться даже при высоких температурах, процесс очистки может быть полностью автоматизирован [1].

Увеличить степень очистки газов до эффективности близкой к 100 % в электрофильтре невозможно из-за образования обратной короны. Поэтому решение проблемы эффективной электрической очистки дымовых газов, обладающих высокой удельной электрической сопротивляемостью, сводится к разработке мероприятий по снижению интенсивности или предотвращению образования обратной короны, т. е. созданию условий, обеспечивающих стабильную работу электрофильтров. В современных электрических фильтрах уже достигнута близкая к максимально возможной равномерность распределения тока короны по поверхности осадительных электродов.

Важным направлением в решении проблемы улавливания золы с высоким УЭС является кондиционирование дымовых газов, которое заключается в изменении их свойств при добавлении к ним химических веществ или водяного пара, адсорбирующихся на поверхности частиц золы и увеличивающих их поверхностную проводимость.

Химический метод кондиционирования. Системы кондиционирования дымовых газов является эффективным вариантом контроля выбросов твердых частиц, а также повышает эффективность электрофильтров при использовании угля различных свойств. По сравнению с модернизацией электрофильтра, система кондиционирования дымовых газов в сочетании с существующими фильтрами является экономически выгодной и гибкой альтернативой для контроля уровня выбросов взвешенных частиц.

В качестве кондиционирующих добавок применяют триоксид серы, водяной пар, аммиак и другие соединения. Сравнительно небольшое количество триоксида серы, добавленное к продуктам сгорания топлив, существенно уменьшает электрическое сопротивление слоя золы, осаждающейся на электродах. При добавке к продуктам сгорания аммиака увеличивает эффективность улавливания высокоомной золы.

Результаты исследований показали, что при кондиционировании топочных газов триоксидом серы неэффективно при высоких значениях кислотности золы. При впрыске аммиака в газопровод поведение пылеуловителей резко изменялось. Потенциал увеличивается от 50 до 100 %.

Кондиционирование дымовых газов включает в себя модификацию свойств частиц дымовых газов. Таких как: удельное электрическое сопротивление золы, склеиваемость золы и изменение размера частиц золы. Эффективность удаления частиц в электрофильтре в значительной степени зависит от способности улавливаемых твердых частиц принимать и испускать электрический заряд. Эту характеристику, как правило, называют «удельное электрическое сопротивление золы» (УЭС). УЭС летучей золы зависит от состава золы, температуры газа и состава дымовых газов. Оптимальное сопротивление частиц находится в диапазоне от $5 \cdot 10^9$ до $5 \cdot 10^{10}$ Ом·см. УЭС ниже оптимального диапазона приводит к хорошей зарядке золы и поля, но так как заряженные частицы легко теряют заряд на осадительных пластинах электрофильтра – зола имеет низкую удерживающую силу. Это является причиной чрезмерного уноса золы из фильтра. Это одна из основных проблем в электрофильтрах с высокими скоростями движения газа.

Золу с высоким сопротивлением трудно заряжать, а когда зарядится – не может освободить заряд на осадительной пластине. Эта неспособность освобождать заряд вызывает трудности с удалением осевшей на электроде пыли. В результате этого образуется изолирующий слой, который приводит к «обратной короне» [2–5].

Температурный метод кондиционирования. Еще одним методом снижения удельного электрического сопротивления золы-использование котлов, работающих с образованием уходящих газов с низкой температурой. Это достигается путем создания более сложных, чем обычные, хвостовые поверхности нагрева. Результаты применения метода показали, что уменьшение температуры уходящих газов до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к уменьшению удельного электрического сопротивления золы приблизительно на один порядок. Когда УЭС золы выше значения – $5 \cdot 10^{11}$ Ом·см, требуется охладить уходящие газы до температуры примерно $80\text{...}90\text{ }^{\circ}\text{C}$. При сжигании топлив, обладающих чрезмерно высоким удельным электрическим сопротивлением золы, как правило, не идут по пути глубокого охлаждения уходящих газов, хотя в ряде случаев этим методом можно повысить эффективность улавливания вредных выбросов в атмосферу.

Иной путь уменьшения электрического сопротивления золы состоит в размещении электрофильтров непосредственно перед воздухоподогревателем в температурном диапазоне уходящих газов около $350\text{...}400\text{ }^{\circ}\text{C}$. На практике этот метод применялся в США.

Температурно-влажностное кондиционирование. Одним из эффективных путей улучшения очистки продуктов сгорания с неблагоприятными электрофизическими свойствами является предварительное изменение свойств дымовых газов путем использования преимуществ как температурного, так и влажностного кондиционирования газов, рационального сочетания их, т.е. путем использования температурно-влажностного кондиционирования. Установлено, что применение температурно-влажностного кондиционирования продуктов сгорания экибастузского угля позволяет существенно уменьшить УЭС золы. При температуре газов $99\text{ }^{\circ}\text{C}$ и одновременном повышении влажностного содержания на 8 г/м^3 УЭС золы уменьшилось в 70 раз по сравнению с удельным электрическим сопротивлением золы при $136\text{ }^{\circ}\text{C}$ без дополнительного увлажнения. Уменьшение температуры до $82\text{ }^{\circ}\text{C}$ и повышение влажности газов на 22 г/м^3 снижает УЭС на 23 порядка.

Метод импульсного питания. Принципиально новым способом борьбы с обратной короной, разрабатываемым в последнее время, может стать использование импульсного напряжения для питания электрофильтров. Одним из преимуществ использования импульсного напряжения для питания электрофильтров является то, что импульсная прочность воздушных промежутков больше их электрической прочности при постоянном напряжении, что позволяет увеличить амплитудное значение напряжения.

Импульсное питание электрофильтров устраняет обратную корону. Результаты промышленных исследований свидетельствуют об эффективности применения импульсной формы волны питающего напряжения. Достижение более высоких амплитудных значений питающего напряжения позволяет предполагать, что при этом будет получен больший удельный заряд пыли.

Первые опыты по применению метода импульсного питания показали, что запыленность на выходе из электрофильтра снижается в $1,5\text{...}1,6$ раза, а мощность, потребляемая электрофильтром, – в 20 раз.

Метод питания электрофильтра знакопеременным напряжением. Другим перспективным способом улавливания золы с неблагоприятными электрофизическими свойствами является питание электрофильтра напряжением переменной полярности. Метод питания электрофильтра знакопеременным напряжением низкой частоты прямоугольной формы позволяет устранить обратное

коронирование. Суть метода заключается в том, что, приближаясь к пробивному значению, полярность электрического напряжения меняется. После переключения полярности, слой на электроде перезаряжается, заряд частиц в межэлектродном пространстве также меняет свой знак и сила, действующая на частицы, по-прежнему направлена к осадительному электроду.

Метод предварительной ионизации. Одним из перспективных способов улавливания высокоомной золы является ее предварительная зарядка. Принципиально устройство состоит из параллельных групп электродов, между которыми проходят дымовые газы. Высокое напряжение низкой частоты подается на противоположные по заряду группы электродов. При этом напряженность электрического поля примерно в 10 раз выше, чем в традиционном электрофилт্রে. Зарядка частиц очень быстрая. Это позволяет установить такое устройство, например, на входе электрофилтра и применять его при скорости газов выше 10 м/с.

Из всех перечисленных методов наиболее перспективными применительно к электрической станции АО «ЕЭК» можно считать:

- химический метод кондиционирования;
 - метод питания электрофилтра знакопеременным напряжением.
- Преимущества этих методов касательно станции:
- не снижают КПД станции (не снижают температуру уходящих газов);
 - малогабаритны (вспомогательное оборудование можно установить удаленно);
 - малозатратны (по сравнению с модернизацией оборудования).

Оставшиеся методы не могут похвастаться такими преимуществами:

Температурный метод в первом случае так же, как и в методе температурно-влажностного кондиционирования, снижает температуру уходящих газов, что может привести к конденсации влаги из газового потока в тракте; во втором случае – увеличение температуры, что приводит к: увеличению сечения газохода, уменьшению КПД станции.

Метод предварительной ионизации требует установки групп дополнительных электродов в промежутке от воздухоподогревателя до электрофилтра, а это означает, что для установки такой системы потребуется место, что недопустимо в случае со станцией АО «ЕЭК».

Метод импульсного питания также не может использоваться на станции АО «ЕЭК». При увеличении амплитудного значения напряжения в электрофилт্রে возникают микропробои слоя, сопровождающиеся выбросом в межэлектродное пространство положительных ионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Санаев Ю.И. Обеспыливание газов электрофилтрами. – М.: Кондор-Эко, 2009. – 163 с.
- 2 Krigmont H.V., Coe E.L. Flue-gas conditioning - y advances in recent years. – Power 1992. – 136 s.
- 3 Parker K.R. Applied electrostatic precipitation. – London: Blackie Academic & Professional, 1997.
- 4 Ray T.K. Air pollution control in industries – application of air pollution control equipment, vol. 2. – New Delhi: TechBooks International, 2004.
- 5 EPA. Stationary source control techniques document for fine particulate matter. Final technical report. USEPA. Report no. EPA-452/R-97-001, 1998. – Режим доступа: <https://www3.epa.gov/tncatc1/dir1/finepmtech.pdf>

REFERENCES

- 1 Sanaev Yu.I. Obespilivanie gazov elektrofiltrami. – M.: Kondor-Eko, 2009. – 163 s.
- 2 Krigmont H.V., Coe E.L. Flue-gas conditioning - y advances in recent years. – Power 1992. – 136 s.
- 3 Parker K.R. Applied electrostatic precipitation. – London: Blackie Academic & Professional, 1997.
- 4 Ray T.K. Air pollution control in industries – application of air pollution control equipment, vol. 2. – New Delhi: TechBooks International, 2004.
- 5 EPA. Stationary source control techniques document for fine particulate matter. Final technical report. USEPA. Report no. EPA-452/R-97-001, 1998. – Rezim dostupa: <https://www3.epa.gov/tncatc1/dir1/finepmtech.pdf>

ТҮЙІН

*В.Е. Сидоренко, энергетика магистрі
Инновациялық Еуразия университеті (Павлодар қ.)*

EAF ESP-да түтін газын тазалаудың тиімділігін арттыру жөніндегі шараларды әзірлеу

Осы мақалада «ЕЭК» АҚ электр станциясында орнатылған электростатикалық шөгінділердің тиімділігін арттыру жөніндегі шараларды теориялық қолдану қарастырылған. Автор 100 пайызға

жуық электростатикалық шөгінділердің тиімділігіне қол жеткізбеу себебін анықтады. «ЕЭК» АҚ электр станциясында орнатылған жабдықтарға электростатикалық шөгінділердің тиімділігін арттыру әдістері қарастырылған.

Түйін сөздер: электрофильтр, кері корона, ұшап күл, қоршаған ортаны қорғау.

RESUME

*V.E. Sidorenko, Master of Thermal Engineering
Innovative University of Eurasia (Pavlodar)*

Development of measures to increase the efficiency of flue gas cleaning on electrofilters of "EEC" JSC

This article considers the theoretical application of measures to increase the efficiency of electrofilters installed at the electric power plant of "EEC" JSC. The author has identified the reason for the inability to achieve the efficiency of electrofilters close to 100%. Methods for increasing the efficiency of electrofilters for equipment installed at the electric power plant of "EEC" JSC are considered.

Keywords: electrofilter, back-corona, flue dust, environmental protection.