

## Информация к размышлению по газоочистке (электростатические пылеуловители)

В настоящее время мы сталкиваемся со взглядами на работу электрофильтра, которые сформировались в 70-80-е годы прошлого столетия по книгам Ужова В.Н. (Очистка промышленных газов электрофильтрами. М.: Химия, 1967.), Верещагина И.П., Мирзабекяна Г.З. и др. (Основы электрогазодинамики дисперсных систем. М.: Энергия, 1974.), Левитова В.И., Решидова И.К., Ткаченко В.М. (Дымовые электрофильтры. М.: Энергия, 1980.), которые рассматривали электрофильтр как электростатический пылеуловитель с устоявшимися (стационарными) процессами внутри аппарата. Но ещё ранее Капцов Н. А. (Коронный разряд и его применение в электрофильтрах. М.: Гостехиздат, 1947.) в своей книге показал, а экспериментально, ещё в 1938 г. G.W. Trichel доказал, что процессы отрицательного коронного разряда импульсные.

В разработках импульсного питания с конца 70-х начала 80-х годов положено начало объяснения динамических процессов в электрофильтрах.

Новое представление о процессах в электрофильтре и их положительного влияния на эффективность очистки было получено благодаря исследованиям, проведённым на единственной в мировой практике уникальной исследовательской и стендовой базе, созданной в институте СФ НИИОГАЗ, и накопленного за период более чем 50 лет научного опыта.

На основе более глубокого понимания динамических процессов в электрофильтре созданы принципиально новые конструкции электрических пылеуловителей с пульсирующим объёмным зарядом и пониженным напряжением зажигания коронного разряда, в которых внешние конструктивные решения похожи на предыдущие, но процессы внутри происходят по другим зависимостям и характеристикам. В разработке перспективных электрофильтров принимали активное участие опытные специалисты передовых кафедр ведущих вузов страны (МЭИ, МИИТ и др.).

Это позволило нашей Холдинговой группе «Кондор Эко - СФ НИИОГАЗ» сделать большой качественный скачок в повышении эффективности электрической очистки и в значительном расширении области применения электрофильтров для промышленной очистки газов.

Для специалистов и потребителей электрофильтров, которые придерживаются прежних представлений по процессам электрической очистки, мы постараемся объяснить новизну и принципы создания новых электрофильтров.

Для гарантированного обеспечения работы электрофильтра с остаточной запылённостью не более  $50 \text{ мг/м}^3$  (без увеличения габаритов) были реализованы следующие новые технологии электрической очистки:

- создана и разработана технология снижения напряжения зажигания коронного разряда, позволяющая повысить напряжённость электрического поля;
- создана и разработана технология по выравниванию пучности напряжённости и тока короны по поверхности осадительного электрода, позволяющие повысить пробивные напряжения;
- создана и разработана технология пульсирующего коронного разряда в межэлектродном промежутке, позволяющая увеличить предельный заряд за счёт увеличения мгновенной напряжённости на фронте пульсации объёмного заряда.

Повышение напряжённости поля и образование пульсирующего разряда привели к увеличению скорости дрейфа в 1,2...1,5 раза и соответственно повышению эффективности работы электрофильтра, обеспечивая снижение запылённости в более чем в 10 раз в тех же габаритах по сравнению с аппаратами прежних конструкций.

Для снижения напряжения зажигания более чем в 2 раза разработана новая конструкция коронирующего элемента, а сочетание новой конструкции коронирующего элемента с осадительным элементом повышенной точности изготовления, обеспечивает равномерность напряжённости и тока короны у осадительного электрода. Это позволяет увеличить рабочие

напряжения и расширить область работы электрофильтра до УЭС  $10^9 \dots 10^{11}$  Ом · м без обратной короны.

Технологический процесс изготовления новых коронирующих элементов требует обеспечить минимальный радиус кривизны коронирующих иголок, что, по отношению к используемой ранее ленточно-игольчатой конструкции, вызывает необходимость применения и освоения более совершенного современного технологического оборудования. Для осадительного элемента, с целью сохранения его геометрии после прокатки, также была освоена новая технология производства.

Важнейшим при изготовлении коронирующего элемента является обеспечение его надёжности и долговечности. С этой целью, несмотря на то, что металлургические предприятия уже могут производить прокат с заданными характеристиками, для исключения сбоев в характеристиках металла, мы осуществляем жёсткий контроль приобретаемого материала. Для чего рекомендовано проводить приёмку каждой партии металла путём изготовления из него партии элементов и их испытание на специальных стендах. Для снижения затрат по оценке качества закупку металла стараемся осуществлять большими партиями и у постоянных поставщиков.

Этот же принцип контроля и испытания используем и при изготовлении других узлов электрофильтра, применяемых в новых технологиях, в частности, осадительных элементов и при использовании покупных изделий, например, требуемого электрооборудования.

Безусловно, и современное технологическое оборудование для изготовления, и проверка качества сырья и материалов, да и оценка качества изготовленного нами оборудования требует немалых дополнительных затрат. Но как отмечал в своём бессмертном «Капитале» К. Маркс, цена на любое изделие состоит из стоимости на материалы и добавленной стоимости, и чем глубже переработка материалов, тем больше и добавленная стоимость. В добавленную стоимость включаются и затраты на научные разработки, а любые затраты должны окупаться ценой на продукцию.

Несмотря на то, что изготовление по новой технологии обходится дороже, надёжность и долговечность аппарата повышается, а затраты на эксплуатацию снижаются, т.к. применяются необслуживаемые механические узлы и электрооборудование.

Технология пульсирующего коронного разряда изменяет подход к системе питания электрофильтра. Применение и создание пульсирующего заряда за счёт импульсного питания осуществляется при определённой организации силовой части и системы управления, позволяя увеличить предельную зарядку за счёт увеличения мгновенной напряжённости. Это также требует определённых затрат.

Введённые усовершенствования по снижению напряжения зажигания коронного разряда и применение технологии пульсирующего заряда повышают стоимость комплекта поставки электрофильтра, но при этом существенно снижается остаточная запылённость (более чем в 10 раз), и коммерческий эффект получается больший, чем от простого увеличения габаритов аппарата.

В предложенных габаритах электрофильтрами других конструкций, без применения указанных новых технологий, обеспечить требуемые проектные показатели невозможно, несмотря на дешевизну комплекта поставки. К тому же без научной и стендовой базы, необходимой для оценки качества изготовления оборудования, трудно обеспечить сохранение эффективности очистки электрофильтром при длительной эксплуатации.

Опыт работы электрофильтров на основе новых технологических решений уже исчисляется более чем десятком лет, а число эффективно работающих в различных отраслях промышленности электрофильтров приближается к двадцати.

Наглядным примером успешного внедрения электрофильтров нового поколения ЗАО «Кондор – Эко» является работа электрофильтров типа ЭГВМ2-66-13-7-4 на ТЭС «ВунгАнг-1» Вьетнам, мощностью  $2 \times 600$  МВт (4-е электрофильтра). В результате испытаний (декабрь 2014 г.), даже при увеличенной на 39 % нагрузке на электрофильтры (объём очищаемого газа на энергоблок

составлял фактически 3 006 320 нм<sup>3</sup>/ч; по проекту 2 161 306 нм<sup>3</sup>/ч), получена выходная запылённость 87,6 мг/нм<sup>3</sup> при гарантированной 120 мг/нм<sup>3</sup>. При использовании прежних конструкций электрофильтров такое увеличение объёма газов привело бы к выбросам в 4,7 раза больше гарантированных (562 мг/нм<sup>3</sup>).

Показательна также длительная эксплуатация электрофильтров на Новосибирской ТЭЦ-4. При пусковых испытаниях электрофильтра ЭГАВ2-58-12-6-4 зафиксированы выбросы 31,7 мг/нм<sup>3</sup> (по проекту 50 мг/нм<sup>3</sup>), а после двух лет работы выбросы составили 24,0 мг/нм<sup>3</sup> из-за доналадки в процессе эксплуатации. Новые электрофильтры успешно функционируют на Новосибирской ТЭЦ-4 с 2008 года.

Аналогично на ОАО «Северсталь», доменный цех, электрофильтр ЭГАВ2-56-12-5-4 (пущен в 2005 г.), в течение 2-х лет сохранял концентрацию на выходе из электрофильтра на уровне 20 мг/нм<sup>3</sup> и до последнего времени (2016 г.) эксплуатируется без капитального ремонта.

В настоящий момент, когда требования к количеству вредных выбросов из технологических агрегатов ужесточаются, а импортные технологии очистки лишь экстенсивно, увеличением габаритов решают вопросы газоочистки, новые отечественные технологии позволяют решать современные проблемы экологии с максимально возможной эффективностью и с минимальными затратами.

Генеральный директор ЗАО «Кондор – Эко»,  
доктор технических наук, член-корреспондент  
Академии электротехнических наук РФ,  
заслуженный изобретатель России



Л.В.Чекалов.

Генеральный директор ЗАО «СФ НИИОГАЗ»



Н.А.Курицын.

Советник генерального директора  
по научно – техническому развитию,  
кандидат технических наук



В.А.Гузаев.