

«Современные фильтры российского производства»

Л. В. Чекалов

Неизбежность увеличения доли каменного угля в топливном балансе энергетики — безальтернативна. Без дополнительной глубокой очистки дымовых газов ТЭС нагрузка на экологию окружающей среды значительно возрастет.

В России исторически сложилось, что Семибратово является центром производства и поставки аппаратов промышленной и санитарной очистки газов и другого экотехнического оборудования. Задачей отраслевого института СФ- НИИОГАЗ, образованного в 1962 году, является экспертная оценка новых технических решений и организация постановки на производство нового экотехнического оборудования. Сложилась уникальная ситуация, институт оказался обладателем технической документации и собственником результатов исследований, в том числе на технологии по промышленной очистке, на технологии по изготовлению аппаратов и конструкций, документации на них.

Институт еще в 70-х годах прошлого века в плановом порядке имел задачу разработать и поставить на производство новые аппараты для очистки дымовых газов ТЭС. В процессе решения этой программы были разработаны электрофильтры ЭГА на энергоблоки мощностью до 500 МВт включительно и двухрусные электрофильтры ЭГД для энергоблоков мощностью до 800 МВт и выше. Электрофильтры были рассчитаны на производительность до $1,5 \times 10^6$ м³ в час в одном аппарате. В рамках этой программы был разработан рукавный фильтр с обратной продувкой ФРО 20000 на объем очищаемых газов до 1×10^6 м³ в час в одном аппарате. Обратная продувка в нем осуществляется реверсом потока очищенного газа. В результате проведенных исследований было установлено, что фильтровальных материалов, отвечающих требованиям энергетики на тот период не существовало. С учетом этого факта аппараты ФРО для применения в энергетике не были рекомендованы. По результатам исследований фильтроматериалов было уточнено, что в аппарате ФРО по механическому износу фильтроэлементов они выдержат срок службы 5 лет, но по химической стойкости в дымовых газах существующие фильтроматериалы выдерживают не более 1,5 лет. Исключением являются фильтровальные рукава из стеклоткани, но их механическая прочность в эксплуатационном режиме тоже не превышает 1,5 лет. В настоящее время фильтр ФРО успешно применяются в различных отраслях промышленности с фильтроэлементами как

из ткани, так и из каркасного иглопробивного материала с пониженной плотностью до 150-250 г/м². С фильтроэлементами выполненными из стеклоткани, фильтры с обратной продувкой успешно применяются в производстве технического углерода при температуре до 250-270 С⁰. Но фильтры с обратной продувкой из-за необходимости выдерживать удельную нагрузку в пределах 0,5-0,7 м³/м² в мин получались больших габаритов.

Следующим этапом разработки аппаратов фильтрации было снижение габаритов и металлоемкости аппаратов. Эта задача была решена в кассетных фильтрах ФКИ, которые были разработаны, на площадь фильтрации до 5000 м² и теоретически могли очищать в одном аппарате объем газов до 700-800 x 10³ / м³ в час. Это стало возможным за счет удачной компоновки фильтроматериала в кассеты и возможностью увеличения удельной нагрузки на фильтроматериал за счет применения вместо ткани каркасного иглопробивного войлока и применения импульсной регенерации фильтроматериала. За счет удачной укладки фильтроматериала в кассеты и увеличения нагрузки на фильтроматериал при фильтрации, до 1,5 м³ / м² в мин и выше габариты ФКИ позволяли размещать их в ячейке практически любого энергоблока ТЭС. Но в результате исследований и промышленных испытаний установили, что аппарат ФКИ надежно может работать при запыленности газов до 1-2 г / нм³ при объеме очищаемого газа до 50 тыс м³ в час. Эти условия отмечаются как ограничения на применение сверхплотной упаковки фильтроматериала в заданном объеме.

Задачу снятия ограничения по запыленности очищаемого газа была решена при разработке рукавного фильтра ФРИА для очистки электролизных газов в производстве алюминия. Рукавный фильтр разработан в конце 80-х годов. В начале 90-х годов десятки аппаратов поставлены в промышленную эксплуатацию на предприятиях РУСАЛа.

Рукавный фильтр ФРИА имеет встроенную механическую предочистку для снижения запыленности очищаемых газов перед подачей их на рукава. Аппарат рассчитан на очистку входящих газов запыленностью до 70 г/нм³ при обеспечении выходной запыленности до 10 мг/нм³. Одновременно на входе установлен реактор, который обеспечивает абсорбцию газообразных фтористых соединений до 99,8 % и снижение содержания окислов серы в очищенном газе три раза. В блочном исполнении аппарат очищает до 1 млн 700 тыс м³ в час. Эксплуатация ФРИА на предприятиях РУСАЛа происходит уже более 20 лет. Срок службы рукавов превышает 3-4 года при применении фильтроматериалов производства немецких фирм WWF или TTL.

Наиболее совершенным фильтром для применения очистки дымовых газов ТЭС является фильтр ФРМИ, который разработан к 2005 году, а с 2006 года находится в эксплуатации на различных предприятиях России. Аппараты имеют модульную

конструкцию с отключением модулей по входу и выходу от газового потока. Это сделано для более мягкой и лучшей регенерации рукавов с целью увеличения их срока службы. Для уменьшения влияния агрессивных дымовых газов на срок службы рукавов имеется возможность осуществлять импульсную продувку практически без конденсации газов. На входе в каждый модуль установлена решетка, выполняющая роль механической предочистки и для распределения потока газа по рукавам с целью исключения возможной конденсации. Фильтр ФРМИ может размещаться в существующих ячейках различных энергоблоков мощностью до 500 МВт. Для энергоблоков до 50 МВт может использоваться без предочистки. До 150 МВт, с механической предочисткой. Для энергоблоков большей мощности и, соответственно, для очистки больших объемов дымовых газов с запыленностью до 100 г/м^3 целесообразно применять рукавный фильтр ФРМИ с электрической предочисткой.

Для повышения надежности система регенерации фильтра выполнена с уменьшенным в 5 раз числом клапанов. В промышленной эксплуатации фильтры находятся уже в течении 10 лет, но заказов на клапана для их замены не поступало. Конструкция камеры чистого газа выполнена с возможностью замены отдельных рукавов без остановки котла. Ресурс механического износа рукавов превышает 5 лет. Это обеспечено конструкцией системы регенерации и конструкцией каркасов. По химической стойкости рукавов в агрессивной среде дымовых газов разработчики в настоящее время дают гарантийный срок более 3-х лет. Практически, при обеспечении выходной запыленности к моменту замены рукавов не более $30\text{-}40 \text{ мг/м}^3$, можно говорить о 4-5 годах срока их промышленной эксплуатации. Учитывая интенсивные разработки новых волокон для фильтроматериалов и новых методов обработки этих волокон можно говорить, что в ближайшие 2-3 года разработчики фильтроматериалов предложат для энергетики недорогие фильтроматериалы с гарантированным сроком службы более 4 лет. Применяя электрическую предочистку и используя ее преимущество, эксплуатационный срок рукавов становится выше 5- лет. Отдельные исключения, вызванные изготовлением рукавов, могут устраняться в процессе работы энергоблока без остановки котла, что предусмотрено конструкцией фильтров ФРМИ.

Логическим завершением решения экологической проблемы, создаваемой при изменении топливного баланса энергетики в пользу увеличения сжигания угля, является комплексная система очистки дымовых газов (КСО), в которой используется опыт сухой очистки от газообразных составляющих, полученный при эксплуатации ФРИА с реактором на производстве алюминия, который успешно эксплуатируется многие годы на предприятиях РУСАЛа. Использование дополнительных реакций, связанных с

преобразованием SO_3 и SO_2 в состоянии, когда они улавливаются в электростатическом поле или завершают свое преобразование в нейтральные частицы на фильтровальных рукавах, существенно повышают эффективность сухого метода и позволяют удалять окислы серы из дымовых газов ТЭС с суммарной степенью очистки до 90%. Применение технологии СКВ (селективного комплексного восстановления при температуре до 400-500 $^{\circ}C$), которая за рубежом уже применяется и проходит промышленные испытания в ВТИ, позволяет обеспечить степень очистки от оксидов азота до 90%. А с учетом продолжения процессов реакции в поле коронного разряда и на рукавах рукавных фильтров ожидаемая степень очистки будет существенно выше. Для самостоятельного применения, обеспечивающего глубокую очистку дымовых газов или для использования в системе комплексной очистки газов разработан комбинированный фильтр, в котором в качестве первой ступени применены лучшие решения из электрофильтров 4 поколения типа ЭГБМ, ЭГВМ, ЭГСЭ или ЭГАВ. Эти фильтры сами по себе обеспечивают очистку дымовых газов ТЭС до уровня 50 мг на m^3 , в том числе и для углей, дающих высокоомные золы.

Дальнейшее совершенствование системы комплексной очистки газов мы видим в применении нового высокотехнологичного фильтроматериала МФ-3D, который позволяет увеличить в 1,5-2 раза площадь фильтрации каждого рукава и, соответственно, повысить производительность аппаратов или при заданной производительности снизить в 1,5-2 раза объем аппарата. Это особенно важно при модернизации мокрых систем очистки дымовых газов ТЭС и при замене батарейных циклонов с целью получения глубокой очистки дымовых газов.

Другое направление совершенствования в системе комплексной очистки дымовых газов — повышение эффективности использования коронного разряда и других видов разрядов в зоне предочистки комбинированного фильтра для снижения выбросов SO_x и NO_x , а также повысить эффективность удаления частиц золы размером менее 1 мкм.