

*А.В. Ермаков, Директор по маркетингу, ЗАО «ФИНГО ИНЖИНИРИНГ»*

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЫЛЕГАЗООЧИСТКИ, НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ФИНГО» ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ И РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРАН СНГ

Одним из ведущих российских производителей газоочистного оборудования является экологическая машиностроительная группа «ФИНГО», имеющая собственное производство — Семибратовский завод газоочистной аппаратуры ОАО «ФИНГО», инжиниринговый центр в Москве — ЗАО «ФИНГО ИНЖИНИРИНГ», сервисную компанию ООО «ФИНГО СЕРВИС» и представительство за рубежом — FINGO Eсо Oy. За более чем 60 лет существования производства «ФИНГО» выпущено более миллиона тонн электрофильтров, рукавных фильтров, скрубберов, циклонов и прочих аппаратов очистки. Оборудованием «ФИНГО» оснащены тепловые электростанции, металлургические комбинаты, цементные заводы, предприятия химической и нефтегазовой промышленности, расположенные на территории России, стран содружества, а также в Голландии, Дании, Норвегии, Турции, Финляндии, Индии, Китае и других странах мира. Группа компаний «ФИНГО» выполняет весь комплекс работ в области производства оборудования и строительства установок очистки газов, включая: обследование; базовый и детальный инжиниринг; комплектацию, изготовление и поставку оборудования; авторский надзор, шеф-монтажные и пуско-наладочные работы; поставку запасных частей, ремонт и сервисное обслуживание газоочистного оборудования; строительство объектов «под ключ».

В 2008 году «ФИНГО» значительно увеличены объемы производства и сделан серьезный шаг в техническом перевооружении Семибратовского завода газоочистительной аппаратуры, в том числе:

- внедрено 2 современных ленточно-пильных станка;
- более 18 единиц сварочного оборудования;
- внедрен новый стан для изготовления элементов осадительных электродов;
- завершается поставка современной зарубежной установки плазменной резки.

Для обеспечения возможности разработки новых конструкций газоочистного оборудования в начале 2008 года на базе «ФИНГО» создан научно-технический центр (НТЦ). НТЦ позволит модернизировать весь ассортимент продукции, которая традиционно выпускается на нашем предприятии — электрофильтры, рукавные фильтры, циклоны и мокрые аппараты. Испытания оборудования на нашей заводской стендовой экспериментальной базе НТЦ позволяет вносить коррективы в производство.

С созданием научно-технического центра появилась возможность после цикла необходимых исследований вывести на рынок технические разработки, не уступающие лучшим зарубежным образцам. Цикл исследований включает в себя испытание опытных образцов, изготовленных в условиях реального производства.

Исследования направлены:

- на разработку электрофильтров с использованием новых осадительных и коронирующих элементов электродов, а также комплектующих изделий ведущих европейских фирм, изоляторов, мотор-редукторов, агрегатов питания и др.;

- на разработку рукавных фильтров, в том числе с большой поверхностью фильтрования (более 10000 м<sup>2</sup>), оснащенных:

- узлами регенерации рукавов оптимальной конструкции, обеспечивающими экономное расходование сжатого воздуха;

- быстродействующими импульсными клапанами, пневматическими приводами (пневмоцилиндрами) ведущих европейских производителей;

- микропроцессорной системой управления фильтром, которая обеспечивает заданный алгоритм регенерации рукавов (последовательное отключение секций по газу, если необходимо; подачу импульсов сжатого воздуха в рукава), управление работой системы выгрузки пыли из фильтра, непрерывно контролирует наличие и необходимую величину давления сжатого воздуха в клапанных секциях, появление короткого замыкания или разрыва в электрических цепях импульсных клапанов, уровень золы в бункерах и выдает аварийный сигнал в случае неполадок, а также обеспечивает связь с АСУТП.

Стоит также отметить организацию работ по защите авторских прав на новые и существующие технические решения и газоочистное оборудование. Только за 2008 год группа компаний «ФИНГО» получило более 40 патентов.

## СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЫ «ФИНГО»

В компании уделяется большое внимание разработке нового оборудования. На установках электрической очистки газов ЗАО «ФИНГО ИНЖИНИРИНГ» внедряет современные конструкции электрофильтров 5-го поколения ЭГБ1М с межэлектродным шагом 400 мм и высотой электродов до 15 м (18 м — для двухярусных электрофильтров). Кроме электро-

фильтров общепромышленного назначения ОАО «ФИНГО» производит и поставляет высокотемпературные горизонтальные многопольные электрофильтры типа УГТМ и ЭГТ для очистки газов с высоким содержанием окислов серы. Имеется также типо-размерный ряд сухих вертикальных электрофильтров типа УВ, УВП (для взрывоопасных производств), специальные электрофильтры для очистки газов фосфорных производств. В ОАО «ФИНГО» разработаны и выпускаются мокрые электрофильтры для очистки газов от различных аэрозолей и тумана серной и азотной кислоты. Электрофильтры ЭГБ1М характеризуются более низкой металлоемкостью по сравнению с аналогичными типоразмерами аппаратов ЭГА и ЭГБМ, имеющих соответственно шаг между электродами 300 и 350 мм. Конфигурация профиля электродов обеспечивает оптимальное распределение по поверхности осадительного электрода и высокий уровень напряженности электрического поля в межэлектродном пространстве. В настоящее время ведутся работы по модернизации осадительных электродов с новым профилем элемента. Электрофильтры «ФИНГО» комплектуются импортными приводами механизмов встряхивания, опорно-проходными изоляторами производства ведущих европейских фирм, агрегатами питания напряжением 100—110 кВ и системами управления фирмы «KRAFT», что обеспечивает высокую надежность и эксплуатационную эффективность установок газоочистки, а также позволяет значительно экономить электроэнергию (до 50% на некоторых установках). Электрофильтры пятого поколения позволяют обеспечивать остаточную запыленность менее 30 мг/м<sup>3</sup>. Устанавливаемые агрегаты питания оснащены современной микропроцессорной системой управления, которая автоматически поддерживает оптимальный уровень напряжения и тока в полях электрофильтра. Шкафы управления имеют соответствующее количество входов и выходов для контроля различных параметров работы электрофильтров (температуры, давления, запыленности, уровня пыли в бункерах и др.) и оборудования, входящего в состав установки очистки газов, управления механизмами встряхивания, пылеудаления и пылетранспорта, а также для подключения к АСУТП. Имеется возможность передачи данных о работе установки с использованием интернета. Конструкция электрофильтров «ФИНГО» предусматривает возможность проведения внутренних осмотров и ремонтных работ, что некоторые зарубежные конкурентные аналоги осуществить не позволяют.

## **НОВЕЙШИЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОДОВ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ «ФИНГО»**

### **Осадительные электроды**

В отечественной и мировой практике широкое применение нашли широкополосные осадительные элементы. В аппаратах производства ОАО «ФИНГО» использовался профиль СЧС-640. Преимущество широкополосных элементов заключается в экономии затрат при изготовлении и монтаже. Вместе с тем, применение таких элементов связано с соблюдением ряда требований, которые следует осуществлять для эффективной и долговечной ра-

боты. К ним относится сохранение геометрии элемента после изготовления и при сборке в электрод, обеспечение требуемого уровня динамических ускорений, достаточных для удаления с элемента пыли, сохранение плоскостности электрода при ударных нагрузках, сохранение целостности конструкции при длительной эксплуатации.

Конструктивной особенностью профиля СЧС-640 является выполнение его краев по сечению в виде крюка для соединения в зацеп с соседним элементом и образованием непрерывной плоскости при сборке осадительного электрода из элементов СЧС-640. Практика применения таких электродов показала ряд недостатков, присущих элементам СЧС-640:

- пониженный уровень динамических ускорений, необходимых для удаления пыли с элементов. Причина — недостаточная жесткость краев профиля, приводящая к низкочастотным колебаниям, на которые расходуется часть ударной энергии. К тому же низкочастотные колебания с повышенной амплитудой приводят к нарушению электрического режима поля электрофильтра и потере эффективности очистки;

- конструктивная особенность элементов СЧС-640 не позволяет плотно зафиксировать края профиля на полосах балки встряхивания, что приводит к снижению динамики электрода и колебаниям краев, а также к потере устойчивости элемента в вертикальном положении, приводящее к нарушению межэлектродного расстояния.

С учетом анализа недостатков элементов СЧС-640 в настоящее время разработан элемент ЭФ-640. Новый элемент имеет следующие конструктивные особенности:

- края элемента ЭФ-640 выполнены в виде жесткого коробчатого замкнутого профиля шириной, равной ширине средней части элемента. Жесткость краев в два раза выше по сравнению с СЧС-640;

- элемент ЭФ-640 имеет уменьшенную по сравнению с СЧС-640 длину профиля, что позволяет располагать элементы в осадительном электроде с некоторым зазором;

- для фиксации элементов между собой по высоте при сборке осадительного электрода используются специальные фиксирующие пластины.

Конструктивные особенности элемента ЭФ-640 дают ряд технических преимуществ по сравнению с применением профиля СЧС-640:

- динамические ускорения по результатам замеров возросли не менее чем на 20%, что позволяет снижать либо уровень ударного воздействия, либо его частоту, повышая тем самым долговечность механической системы осадительного электрода;

- плоскостность осадительного электрода, определенная по отклонению размеров от осей, не менее чем в 2,5 раза выше плоскостности осадительного электрода, собранного из элементов СЧС-640. Это обстоятельство позволило исключить правку элементов при монтаже и сократить время монтажа;

- амплитуда низкочастотных колебаний плоскости осадительного электрода после удара по балке встряхивания не менее чем в 5 раза ниже;

- расчетная долговечность осадительного электрода, определенная с учетом снижения уровня ударного воз-

действия и низкочастотных колебаний более чем в 3 раза выше по сравнению с элементом СЧС-640;

- форма профиля элемента ЭФ-640 упрощает упаковку элементов в контейнер с гарантией сохранения целостности пакета на монтажной площадке;

- замкнутые края профиля элемента ЭФ-640 позволяют снижать отрицательный эффект от вторичного уноса.

Элементы осадительных электродов ЭФ-640 изготавливаются на новом современном профилировочном стане. Возможности стана, созданного на основе последних научно-технических достижений, позволяют выполнять края профиля с радиусом загиба не более 3 мм, что создает дополнительные преимущества по жесткости созданного профиля по сравнению с элементами, например, зарубежной фирмы «Альстом» (радиус гибки — 6,5 мм).

Разработанная конструкция взаимозаменяема с элементами СЧС-640 и может быть применена в качестве запасных частей для эксплуатируемых аппаратов (ЭГА, ЭГБМ, ЭГБ1М, ЭГВ и другие, где применялся СЧС-640).

Применение элементов ЭФ-640 позволяет разрабатывать электрофильтры с повышенными технико-экономическими показателями.

Конструкции электрофильтров с новыми элементами защищены патентами, что создает приоритеты на изготовление и поставку аппаратов с разработанными элементами.

### КОРОНИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОДЫ

В настоящее время в отечественной газоочистке и ведущими зарубежными фирмами широко используются элементы коронирующих электродов с фиксированными точками коронирования (иглами), как наиболее эффективные по сравнению с проволочными или спирально-пружинными конструкциями.

Анализ проведенных исследований по разработке элементов показал, что иглы должны выполняться с возможно малым радиусом кривизны, а конструкция элемента должна обеспечивать сохранение формы элемента и его расположение в межэлектродном пространстве при длительной эксплуатации. В отечественных электрофильтрах широко используются ленточно-игольчатые и ленточно-зубчатые элементы. Конструктивная особенность ленточно-игольчатых элементов заключается в том, что фиксированные точки коронирования образуются при выштамповке иглол из ленты элемента с последующим их отгибом перпендикулярно к поверхности элемента. При этом для компенсации ослабления сечения при выштамповках ленточно-игольчатые элементы выполняются жесткими, что снижает амплитуду низкочастотных колебаний, таким образом, повышается сопротивляемость конструкции вибрационным нагрузкам. Ленточно-игольчатые элементы, как правило, устанавливаются иглолками к плоскости осадительных электродов, а плоскость ленты элемента располагают в плоскости рамы коронирующего электрода. Практика применения таких элементов показала ряд недостатков, присущих ленточно-игольчатым конструкциям:

- образование на полках отогнутых иглолок слоя пыли и неотряхиваемых отложений, что приводит к увеличению радиуса иглолок и, следовательно, к снижению ее эмисси-

онной способности и эффективности очистки аппаратом;

- повышенная металлоемкость элемента, связанная с жесткой конструкцией элемента, требует дополнительной ударной энергии для отряхивания пыли;

- неравномерная натяжка ленточно-игольчатых элементов может привести к выходу их из плоскости коронирующего электрода (выпучивание), и, как следствие, к нарушению электрического режима работы поля электрофильтра и снижению его эффективности;

- при выштамповке иглол из ленты с применением существующих и известных технологических средств не обеспечивается требуемый радиус кривизны, а отгибы тонких иглол могут привести к их поломкам.

В отличие от ленточно-игольчатых ленточно-зубчатые элементы изготавливаются путем удаления при штамповке части металла с краев ленты, при этом образуется плоский элемент с выступающими на нем с двух сторон игольчатыми наконечниками.

Преимущество ленточно-зубчатых элементов заключается в следующем:

- пониженная до 43% металлоемкость конструкции элементов обеспечивает возможность снижения величины ударного импульса для отряхивания пыли и, тем самым, повышение долговечности более чем в 3 раза;

- деформация элементов в раме коронирующего электрода при их установке иглами к плоскости осадительного электрода не приводит к выходу элементов из плоскости электрода;

- отсутствие отложений пыли на игольчатых наконечниках обеспечивает постоянный электрический режим работы аппарата;

- конструкция ленточно-зубчатого элемента позволяет гарантированно изготавливать игольчатые наконечники с различными радиусами кривизны фиксированных точек, обеспечивая максимальную эффективность в зависимости от параметров пылегазового потока и надежность аппарата при длительной эксплуатации. В настоящее время освоено производство ленточно-зубчатых элементов с острыми иглолками. Электрофильтр, укомплектованный такими элементами, обеспечивает снижение выбросов до 3-х и более раз за счет интенсификации коронного разряда. Промышленное внедрение ленточно-зубчатых элементов с малым радиусом кривизны игольчатых наконечников на первом поле электрофильтра ЭГБ1М2-28-9-6-3 Магнитогорского цементно-обжигового завода позволило увеличить ток коронного разряда в 1,8 раза при повышенной входной запыленности и обеспечить снижение выбросов до требуемых нормативов. Таким образом, применение новых ленточно-зубчатых элементов в конструкциях электрофильтров позволяет интенсифицировать процесс осаждения пыли, в том числе при повышенной концентрации в газе мелкодисперсной пыли. Это является основой для разработки электрофильтров с повышенными технико-экономическими характеристиками. Конструкция электрофильтра с применением ленточно-зубчатых элементов коронирующих электродов, выполненных с малым радиусом кривизны игольчатых наконечников, защищена патентом РФ № 72421, патентообладатель ЗАО «ФИНГО ИНЖИ-

НИРИНГ», что создает приоритеты по изготовлению и поставке аппаратов с этими элементами.

### **РУКАВНЫЕ ФИЛЬТРЫ**

В выборе наиболее экономичного способа очистки газов при решении вопросов газоочистки все чаще первое место занимают рукавные фильтры. В каждом конкретном случае перечень аргументов в пользу применения рукавных фильтров имеет свою специфику, но среди них можно отметить общие. На эффективность работы рукавных фильтров мало влияют такие характеристики пыли и газа на входе в аппарат, как удельное электрическое сопротивление и гранулометрический состав пыли, влажность газа, концентрация пыли в очищаемом газе и другие, непосредственным образом влияющие на работу электрофильтров. Важным фактором является также и то, что промышленность предлагает сегодня фильтровальные материалы, способные длительно и с высокой эффективностью очищать газы при высокой температуре (до 250 °С) и содержащие химически активные компоненты.

Мы поставляем рукавные фильтры разных типоразмеров с обратной продувкой и импульсной регенерацией рукавов, производительностью от 500 м<sup>3</sup>/ч до 1 000 000 м<sup>3</sup>/ч и более. При строительстве рукавные фильтры требуют меньших капитальных затрат. Стойкость фильтровальных элементов обеспечивает работоспособность рукавных фильтров без замены рукавов не менее 3—5 лет, а в некоторых случаях и более. Рукавные фильтры просты в обслуживании и управлении. В России используются рукавные фильтры в основном с импульсной продувкой, однако, это не единственная существующая конструкция рукавных фильтров. Внимания заслуживают рукавные фильтры с обратной продувкой: они имеют ряд положительных показателей, среди которых — возможность изготовления рукавных фильтров с повышенной поверхностью фильтрации (10 000—20 000 м<sup>2</sup> и более); замена рукавов и регенерация фильтровальных элементов в таких фильтрах осуществляется проще, чем в аппаратах с импульсной регенерацией.

Ключевые отличия рукавных фильтров «ФИНГО» от аналогов:

- Очистка газов как от высокоабразивных пылей, так и от пылей с пониженной насыпной плотностью 0,2—0,5 т/м<sup>3</sup>;
- Возможность отключения секций по газу (вход и выход) для проведения профилактических работ и замены рукавов без остановки производства;
- Различные методы регенерации фильтровальных рукавов, электронные блоки контроля и управления регенерацией;
- Комплектация дополнительным оборудованием, в том числе отсекающими устройствами на бункерах (мигалками, шлюзовыми питателями), встроенными в бункера винтовыми конвейерами, опорами, компрессорами, воздухоборниками, и т.д.

При проведении реконструкций электрофильтров компанией «ФИНГО» часто используются существующие корпуса электрофильтров, в которые устанавливается внутреннее оборудование рукавных фильтров. За счет этого достигается существенная экономия финансовых

средств на проведение реконструкции, а также происходит резкое сокращение сроков реконструкции. Большое количество рукавных фильтров разных типоразмеров, в том числе, специально разработанных под условия заказчиков, ежегодно вводятся в эксплуатацию при участии наших специалистов. В последние годы компания активно разрабатывает и внедряет новые конструкции рукавных фильтров для различных технологических процессов на металлургических предприятиях и цементных заводах.

### **РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТАНОВОК ГАЗООЧИСТКИ**

Основным способом повышения эффективности установок очистки газов является их коренная реконструкция. Наша компания предлагает реконструкцию установок электрофильтров с максимальным сохранением существующих постаментов, фундаментов, использованием существующих корпусов при замене внутреннего механического оборудования электрофильтров на новое. При этом могут быть применены варианты увеличения высоты осадительных электродов с наращиванием корпуса и увеличения длины активной части электрофильтра. Выбор оптимального решения обусловлен многими обстоятельствами, характерными для каждого предприятия. В ряде случаев эффективным решением может быть установка на существующих постаментах двух-трех рядом стоящих электрофильтров одного нового электрофильтра, существенно превосходящего по техническим характеристикам заменяемые аппараты.

Экономически выгодным способом резкого уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу в некоторых случаях является реконструкция электрофильтров в рукавные фильтры с использованием существующих корпусов и вспомогательного оборудования. Выбор оптимального решения для каждого предприятия производится с учетом конкретных условий и технологических параметров работы установок газоочистки. Компания «ФИНГО» оснащает установки газоочистки современными контрольно-измерительными приборами (датчиками, пылемерами, газоанализаторами), оборудованием электропитания, АСУТП нижнего и верхнего уровня. Для транспортировки уловленных веществ компания применяет различных типов современного оборудования: отсекающие устройства; дозирующие устройства; винтовые конвейеры; скребковые конвейеры; трубчатые конвейеры; пневмотранспорт; вакуумный транспорт; аэрожелоба и др. Одним из направлений деятельности компании является подбор, комплектация, производство и поставка запасных частей к пылегазоочистному оборудованию (узлов и деталей электрофильтров, рукавных фильтров и прочих аппаратов очистки, в том числе к оборудованию снятому с производства). Мы также предлагаем свои услуги по проведению предпроектных обследований имеющегося пылегазоочистного оборудования на территории заказчика — для сбора исходных данных, выработки технических решений и подготовки задания для проектирования. Группа компаний «ФИНГО» готова предоставлять Заказчику не только аппараты очистки, но и комплекс консалтинговых и инжиниринговых услуг, а также сервисное обслуживание газоочистного оборудования.