

ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ОТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

1.2. Золоулавливание на ТЭС

1.2.3. Эффективные золоуловители на ТЭС

1.2.3.1. Электрофильтры ТЭС

Зыков А.М., ОАО "ВТИ"

В настоящее время основными типами золоуловителей, применяемых на угольных ТЭС, являются сухие золоуловители, главным образом электрофильтры. Наряду с этим на вновь вводимых зарубежных энергоблоках возрастает доля рукавных фильтров (более 100 энергоблоков в США). Поскольку только сухие золоуловители позволяют широко использовать в качестве вторичного продукта уловленную летучую золу без загрязнения грунтовых вод и почвы, применение сухих золоуловителей предпочтительно при техперевооружении действующих ТЭС, оснащенных мокрыми золоуловителями. В некоторых странах применение мокрых технологий для улавливания твердых частиц вообще запрещено.

Электрофильтры являются аппаратами, позволяющими обеспечить высокоэффективную очистку больших объемов дымовых газов при минимальных затратах на электропитание и преодоление гидравлического сопротивления. В то же время ужесточение нормативных требований по степени очистки при одновременных ограничениях в располагаемых для размещения электрофильтров площадях, особенно при реконструкции действующих ТЭС, требует максимальной интенсификации процессов электроочистки и полного использования объема аппаратов.

В России имеется обширный опыт разработки и промышленной эксплуатации электрофильтров на угольных ТЭС. Все энергоблоки, работающие на твердом топливе, мощностью 150 МВт и более оборудованы электрофильтрами.

На основе исследований, проведенных как на стендовых, так и на промышленных установках, был разработан ряд поколений электрофильтров, соответствующих требованиям, действовавшим на период их установки. В некоторых случаях, правда, были допущены определенные ошибки при проектировании золоулавливающих установок. В целях неоправданной экономии капитальных затрат принимались завышенные скорости дымовых газов в электрофильтрах. Это приводило к тому, что эксплуатационная эффективность таких аппаратов была ниже проектной.

В течение 60—80-х годов в бывших республиках СССР на угольных ТЭС было введено в эксплуатацию более 700 электрофильтров. Последнее поколение электрофильтров типа ЭГВ, разработанное в конце 80-х годов по заданию Минэнерго СССР, соответствовало мировому уровню на тот период по эффективности, металлоемкости и энергопотреблению. Аппараты были испытаны в промышленных условиях и подтвердили проектные характеристики. Однако в последние примерно 20 лет практически не осуществлялось строительство новых электрофильтров. В единичных случаях устанавливались импортные электрофильтры.

Парк электрофильтров на ТЭС РАО «ЕЭС России» в настоящее время состоит в основном из разработанных в 50—80-е годы отечественных электрофильтров и единичных образцов, разработанных зарубежными фирмами не ранее 80-х годов. В среднем эксплуатационная эффективность парка электрофильтров ТЭС РАО «ЕЭС Рос-

сии» составляет 96,5 % и менее.

Установленные в последние 15...20 лет более современные электрофильтры с высотой электродов 12...13,5 м имеют проектную эффективность 98...99,5 %. Основную долю электрофильтров с высотой электродов более 12 м занимают аппараты, разработанные зарубежными фирмами в соответствии с требованиями, предъявлявшимися к электрофильтрам за рубежом в конце 80-х годов.

По конструкции электрофильтры, используемые в теплоэнергетике, можно разделить на два типа:

- электрофильтры европейской конструкции с применением молотковых систем встряхивания электродов. Типичным примером европейской конструкции являются электрофильтры фирм Lurgy, Alstom;
- электрофильтры англо-американской конструкции с верхним подвесом электродов, индуктивными механизмами встряхивания и жесткими коронирующими электродами с рассредоточенными центрами зажигания короны. Типичным примером англо-американской конструкции являются электрофильтры фирм ВНА, ЕЕС.

Электрофильтры Семибратовского завода «ФИНГО»

В настоящее время ОАО «ФИНГО» (фильтры индустриальные газоочистительные) выпускает сухие горизонтальные электрофильтры, предназначенные для обеспыливания технологических газов и аспирационного воздуха в теплоэнергетике, производстве строительных материалов, черной и цветной металлургии и других отраслях промышленности. Наибольшее распространение получили электрофильтры типа ЭГБМ (рис. 1.33), которые имеют следующие технические показатели:

- условная высота электродов, мм: 4; 6; 7,5; 9; 10,5; 12; 13,5;
- межэлектродный промежуток, мм: 300, 350 и 400;
- число газовых проходов 8...88;
- длина электрического поля, м: 2,56; 3,2; 3,84; 4,48; 5,12;
- число электрических полей: два-шесть;
- производительность по очищаемому газу (при условной скорости в активной зоне 1 м/с), тыс. м³/ч: 50...1300;
- температура очищаемого газа, °С: не более 330;
- входная запыленность очищаемых газов, г/м³: не более 90.

Двухъярусные электрофильтры ЭГД (рис. 1.34) применяются на тепловых электростанциях в условиях ограниченных размеров котельных ячеек. Электрофильтры ЭГД — одно- или двухсекционные аппараты прямоугольной формы, имеющие три, четыре или пять электрических полей, установленные в каждом ярусе последовательно по ходу газа. Электрофильтры ЭГД имеют следующие технические показатели:

- условная высота электродов, м: 18, 21, 24;
- межэлектродный промежуток, мм: 300, 350, 400;
- число газовых проходов: 60...152;
- длина электрического поля, м: 3,84;
- число электрических полей: два-пять;

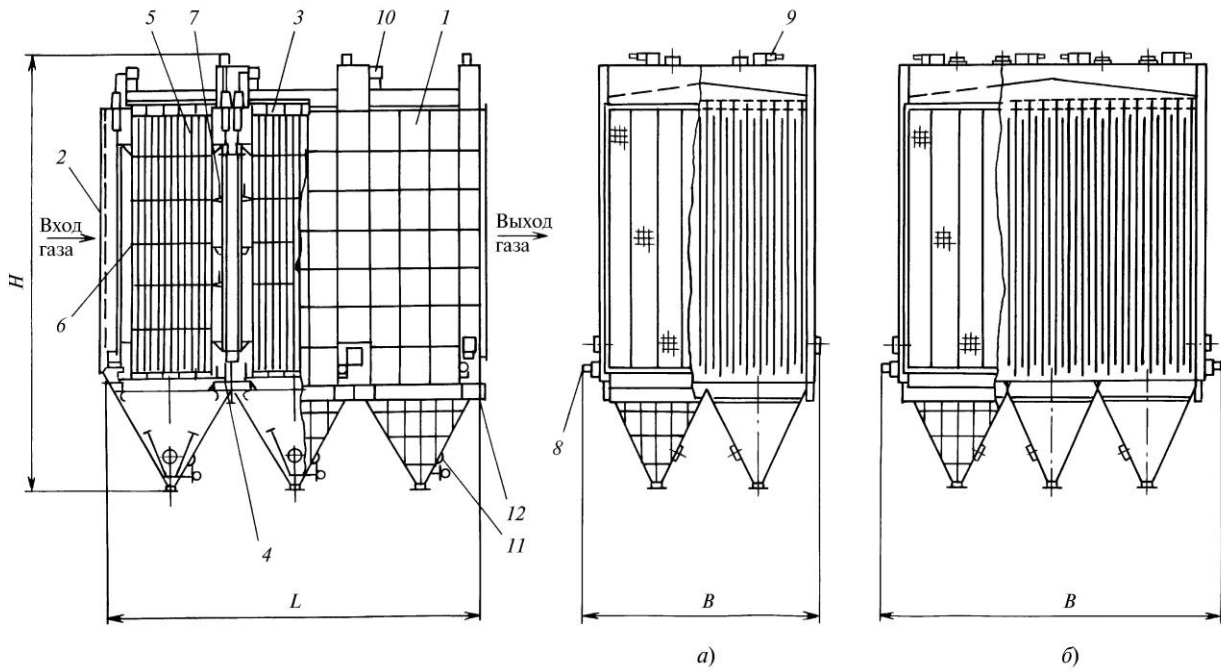


Рис. 1.33. Электрофильтры ЭГБМ:

a — одно секционные; *б* — двухсекционные; 1 — корпус; 2 — газораспределительная решетка; 3 — осадительный электрод; 4 — механизм встряхивания осадительных электродов; 5 — коронирующий электрод; 6 — рама подвеса коронирующих электродов; 7 — механизм встряхивания коронирующих электродов; 8 — привод встряхивания осадительных электродов; 9 — привод встряхивания коронирующих электродов; 10 — токопровод; 11 — вибратор; 12 — опора

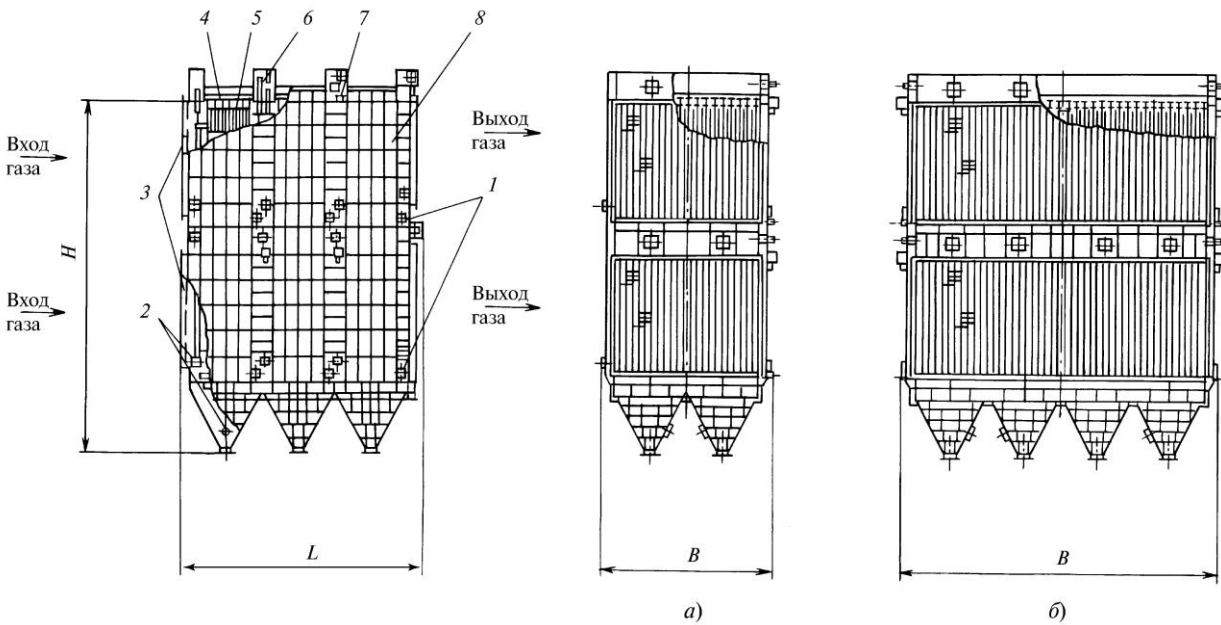


Рис. 1.34. Электрофильтры ЭГД:

a — односекционные; *б* — двухсекционные; 1 — механизм встряхивания осадительных электродов; 2 — люк обслуживания; 3 — газораспределительная решетка; 4 — коронирующий электрод; 5 — осадительный электрод; 6 — механизм встряхивания коронирующих электродов; 7 — защитная коробка для подвода тока; 8 — корпус

- производительность по очищаемому газу (при условной скорости в активной зоне 1 м/с), тыс. м³/ч: 650...2000;
- температура очищаемого газа, °С: не более 160;
- входная запыленность очищаемых газов, г/м³: не более 20.

Осадительные электроды электрофильтров ЭГБМ и ЭГД набираются из S-образных элементов шириной 640 мм. В качестве коронирующих электродов используются ленточно-игольчатые электроды. В электрофильтрах применяются изоляторы опорно-проходные отечественного и импортного производства, источники питания отечественного и импортного производства с напряжением 80...150 кВ, системы управления «Мефис», «Сапфир», «Искра», агрегаты питания «Kraft», «ABB», «Ador».

Электрофильтры ЭГБМ и ЭГД используются в новом строительстве, при реконструкции существующих аппаратов, модернизации действующих установок, в качестве запасных частей и комплектующих.

Электрофильтры АЛЬСТОМ

Свыше 4000 электрофильтров АЛЬСТОМ установлено в разных странах мира, в том числе и в России, на электростанциях, утилизаторах отходов, целлюлозно-бумажных комбинатах, в цементном производстве и металлургии. Более 800 из них установлено на ТЭС.

В теплоэнергетике, как правило, применяются электрофильтры со спиральными коронирующими электродами и межэлектродным расстоянием 400 мм. Электрофильтры имеют следующие конструктивные особенности.

Конструкция корпуса обеспечивает газоплотность и минимальную поверхность для теплоизоляции благодаря размещению несущих конструкций во внутренней части корпуса. Электрофильтр оборудован устройствами, которые обеспечивают равномерное газораспределение по всей площади поперечного сечения. При необходимости осуществляется коррекция газораспределения путем установки дополнительных газоотклоняющих пластин.

Осадительные электроды изготавливаются из стального листа толщиной 1,25 или 1,5 мм на специальном прокатном стане. Обеспечение жесткости является главной целью особой конструкции краев осадительных элементов. Соединяемые последовательно осадительные элементы образуют ряд или плоскость, формируя поле электрофильтра. Эти отдельные элементы жестко и надежно закреплены на общих верхней и нижних балках.

Система встряхивания осадительных электродов сконструирована так, чтобы обеспечить требуемое воздействие на все пластины. Каждая пластина закреплена болтами на соответствующей балке встряхивания. Такое соединение обеспечивает максимальную передачу энергии удара, когда падающий молоток ударяет по соответствующей балке встряхивания. Система использует падающие молотки, которые смонтированы на горизонтальном валу веерообразно, по одному молотку на балку встряхивания. Так как вал медленно вращается, каждый из молотков достигает верхнего положения и падает, ударяя по соответствующей балке встряхивания. Балка встряхивания передает удар одновременно всем осадительным элементам в ряду, так как все они соединены с балкой встряхивания. Таким образом, встряхивающее воздействие распределяется по всему ряду осадительных элементов. Режим встряхивания может изменяться в широком диапазоне.

Все части механизмов встряхивания легко доступны

для осмотра и располагаются в свободной зоне над полем электрофильтра. Ускорение в любой точке системы осадительных электродов соответствует значениям, определенным из полномасштабных тестов в лабораториях АЛЬСТОМ. При оценке эффективности улавливания и работы механизмов встряхивания необходимо принимать во внимание общую площадь осаждения, встряхиваемую за 1 раз. Чем больше такая площадь, тем выше вторичный унос пыли с газовым потоком. Система встряхивания АЛЬСТОМ обеспечивает очень маленькую площадь отряхивания за один удар. Это повышает общую эффективность улавливания и предотвращает залповые выбросы из дымовой трубы. Фильтры комплектуются быстроходными приводами со временем оборота 30 с и менее, что снижает общее время залпового выброса при встряхивании и позволяет эффективно управлять электрическим режимом в моменты встряхивания.

Система коронирующих электродов подвешивается на четырех изоляторах. Система подвески имеет боксовую структуру, что обеспечивает неизменность ее конфигурации. Конструкция АЛЬСТОМ выполнена таким образом, что каждая система подвешивается за верхние углы вне системы осадительных электродов. Ни одна часть системы подвески не выступает за верхний и нижний края осадительных электродов.

В поперечном сечении рамы подвески круглые или прямоугольные. Целью такой конструкции является снижение напряженности электрического поля в этих зонах до минимального уровня для предотвращения пробоев. Сами коронирующие электроды подвешены полностью внутри межэлектродного пространства и достаточно удалены от краев или выступающих частей осадительных электродов. Вся система коронирующих электродов полностью закреплена и образует жесткую боксовую структуру. Система коронирующих электродов АЛЬСТОМ собирается и налаживается по месту внутри корпуса, что позволяет обеспечивать с высокой точностью межэлектродное расстояние в процессе сборки. При этом отпадает необходимость в стабилизирующих элементах или направляющих.

Встряхивание коронирующих электродов осуществляется падающими молотками, смонтированными на горизонтальном валу. Эти молотки ударяют по специальным балкам встряхивания, смонтированным на верхней части рам коронирующих электродов. Таким образом, все вибрации, вызванные падающими молотками, передаются коронирующим электродам. Такой механизм встряхивания работает на каждой секции, питаемой от одного агрегата питания. Привод механизма осуществляется через изолирующий вал и расположен в верхней части электрофильтра. Работой мотор-редуктора управляет контроллер ЕРІС-III, который обеспечивает оптимальный режим встряхивания. Этот режим может быть подстроен во время пуска в эксплуатацию. При изменении условий эксплуатации режим может быть легко изменен.

Каждое поле электродов поддерживается четырьмя изоляторами, расположенными в изоляторных коробках. Коробки оборудованы шарнирными крышками, чтобы обеспечить легкий доступ к изоляторам для осмотра и обслуживания. В каждой коробке имеется приспособление, позволяющее временно подвесить систему коронирующих электродов, если изолятор должен быть заменен.

Для поддержания температуры изоляторов выше точки росы предусмотрена система подогрева, обеспечи-

вающая поступление теплого воздуха в каждую изоляционную коробку. Специальные трубы-экраны установлены ниже изоляторов для снижения завихрений и обратного перетока газа и помогают поддерживать чистоту опорных изоляторов.

Электрофильтры оборудуются микропроцессорной системой управления ЕРІС-III, которая обеспечивает:

- значительное снижение уровня выбросов;
- значительную экономию энергии;
- гибкость и надежность благодаря сдвоенным средствам коммуникации;
- оптимизацию частоты встряхивания для продления срока службы фильтра и снижения вероятности незапланированных отключений;
- простоту модернизации электрофильтров;
- непрерывный контроль потребляемой мощности и вольт-амперных характеристик.

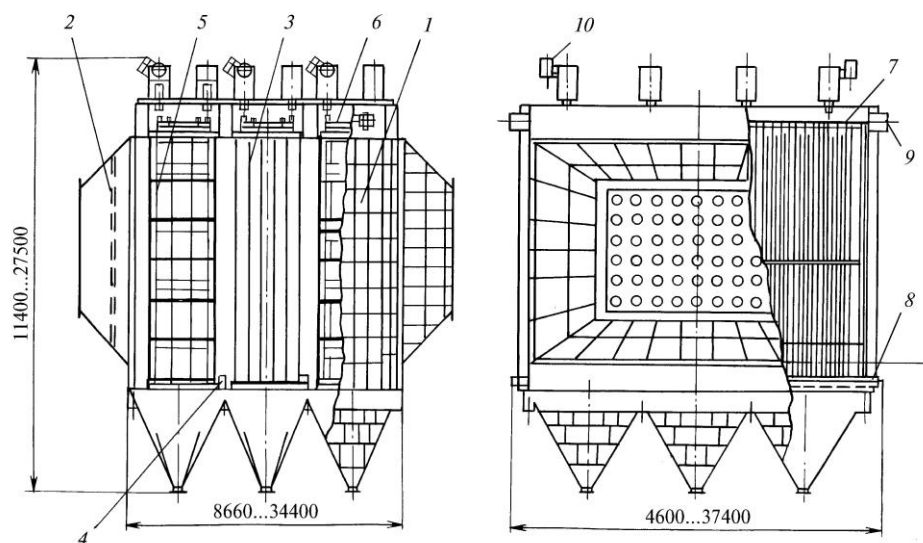


Рис. 1.35. Электрофильтр ЭГСЭ:

1 — корпус; 2 — система газораспределения; 3 — осадительные электроды; 4 — механизм встряхивания осадительных электродов; 5 — коронирующие электроды; 6 — рама подвеса коронирующих электродов; 7 — механизм встряхивания коронирующих электродов; 8 — привод механизма встряхивания осадительных электродов; 9 — привод механизма встряхивания коронирующих электродов; 10 — токоподвод

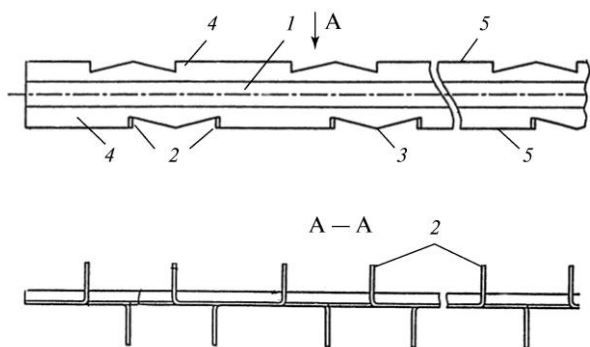


Рис. 1.36. Коронирующий электрод с дополнительными точками зажигания:

1 — профилированная центральная часть корпуса элемента; 2 — коронирующие наконечники, отогнутые; 3 — коронирующий наконечник в плоскости корпуса элемента с большим, чем у отогнутых, углом при вершине; 4 — плоские краевые секции корпуса элемента; 5 — торцевые линии (плоскости) плоских краевых секций

Применение электродов высотой 18 м открывает новые возможности в разработке электрофильтров, обеспечивающих выполнение европейских требований по оста-

Электрофильтры «Кондор Эко»

На базе собственного опыта создания последнего поколения электрофильтров ЭГВ, а также международного опыта ВТИ и холдинговая группа «Кондор Эко» разработали высокоэффективный, сухой, компактный электрофильтр типа ЭГСЭ для перевооружаемых и вновь строящихся российских ТЭС.

Конструкция электрофильтра ЭГСЭ (рис. 1.35) стала итогом сравнительного анализа конструкций аппаратов зарубежных и отечественных производителей, а также совместных исследований и опытно-конструкторских работ. Главной особенностью электрофильтров ЭГСЭ является применение осадительных электродов высотой до 18 м, коронирующих электродов с пониженным напряжением зажигания коронного разряда, а также верхнее расположение системы встряхивания коронирующих электродов.

точной запыленности дымовых газов до 30 мг/м^3 и по размещению замещающих золоуловителей на месте существующих малогабаритных электрофильтров и мокрых золоуловителей. Кроме того, это позволяет избежать сложной двухъярусной компоновки электрофильтров на новых мощных энергоблоках, таких, например, как новый энергоблок 800 МВт Березовской ГРЭС.

В качестве коронирующего элемента (рис. 1.36) в данной конструкции применен элемент с боковыми иглами, с пониженным напряжением зажигания короны и рассредоточенными центрами зажигания коронного разряда. Особенностью этих коронирующих электродов является примерно вдвое сниженное напряжение зажигания короны, что увеличивает эффективную скорость дрейфа частиц и повышает устойчивость работы электрофильтра. Это особенно важно для высокозольных углей и сжигаемых в котлах с жидким шлакоудалением углей с малым выходом летучих. Новая конструкция узлов встряхивания и верхнее размещение механизмов встряхивания коронирующих электродов позволили уменьшить межпольные промежутки и габаритные размеры аппаратов. Конструктивное исполнение электродных систем и их механизмов встряхивания позволило увели-

чить высоту и число осадительных элементов в одном электрополе. Совершенно новыми узлами в представленном электрофилт্রে ЭГСЭ являются приводы коронирующих и осадительных электродов. В приводе использован итальянский редуктор, отечественный электродвигатель и японская система управления. Такое сочетание используемых комплектующих позволило получить привод с регулируемой частотой вращения вала, с плавной регулировкой пуска двигателя и, что самое главное, позволило осуществить впервые в нашей практике защиту электродвигателя от перегрузок при заклинивании вала механизма встряхивания.

Существенно изменена верхняя часть корпуса электрофилтра, что позволило значительно повысить ремонтпригодность аппарата и обеспечило устойчивый температурный режим в изоляторных коробках.

В целях снижения металлоемкости применяется увеличенное до 400 мм межэлектродное расстояние.

Большое влияние на эффективность и стабильность показателей электрофилтра оказывает система автоматического управления электропитанием. Учитывая, что значительная часть российских ТЭС сжигает угли, зола которых имеет повышенное удельное электрическое сопротивление (УЭС), на новом электрофилт্রে устанавливают микропроцессорную систему управления электропитанием с возможностью оптимизации режима электропитания и реализации прерывистого электропитания, что особенно эффективно при улавливании зол с высоким УЭС.

Микропроцессорная система управления MCS II непрерывно в автоматическом режиме анализирует электрические параметры электрополей, оптимизирует работу агрегатов питания и управляет работой механизмов встряхивания.

Основными преимуществами системы управления MCS II являются:

- работа агрегатов питания в режиме прерывистого либо непрерывного электропитания в зависимости от удельного электрического сопротивления золы. При наличии обратной короны оптимальную очистку обеспечивает режим прерывистого питания, параметры которого автоматически подбираются контроллером;

- регулирование скорости подъема напряжения и времени выдержки после пробоя для поддержания максимального уровня напряжения на электродной системе;

- помехозащищенность измерительных цепей;

- функция контроллера, позволяющая снижать напряжение на электродах при работе механизмов встряхивания, что является значительным резервом повышения эффективности электрофилтров;

- возможность работы в составе АСУ ТП энергоблока со сбором и сохранением всей информации о работе электрофилтра.

Электрофилтр может быть оснащен высокочастотными агрегатами электропитания, располагаемыми на его крыше, без потребности в специальном помещении для агрегатов питания, что особенно важно при замене существующих золоуловителей.

Электрофилтр ЭГСЭ имеет следующие преимущества перед действующими аппаратами:

- площадь осаждения (в объеме заданного корпуса) увеличилась на 35...50 %;

- время пребывания частиц в активной зоне увеличилось на 35...40 %;

- удельная металлоемкость (на единицу площади осаждения) снизилась на 20 %.