

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ОТ ТОНКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ

В работе рассмотрены вопросы интенсификации процессов очистки от мелкодисперсной пыли аспирационных потоков. Показано, что повысить эффективность очистки от мелкодисперсной пыли можно за счет зарядки аэрозолей, которая осуществляется системой коронирующих электродов типа «острие» и расположенной поперек потока запыленного воздуха крупноячеистой сеткой.

У роботі розглянуті питання інтенсифікації процесів очищення від дрібнодисперсного пилу аспіраційних потоків. Показано, що підвищити ефективність очищення від дрібнодисперсного пилу можна за рахунок зарядки аерозолів, яка здійснюється системою коронувальних електродів типу «вістря», які розташовані поперек потоку запыленого повітря у спеціальній сітці.

The paper discusses the issues of intensification treatment processes of fine dust suction flow. It is shown that increase the effectiveness cleaning the fine dust can be due to charging aerosols, which is carried out the system of discharge electrodes of the "edge".

Введение. В настоящее время для улавливания аэрозолей из отходящих газов используется широкий класс газоочистного оборудования (циклоны, фильтры, пылеуловители, осадительные камеры и др.). Однако из-за низкой эффективности этого оборудования при улавливании мелкодисперсной пыли, необходимости замены или чистки фильтрующих элементов, область его применения ограничена. Решением проблемы удаления мелкодисперсной пыли (менее 5 мкм) из запыленного воздуха может быть электростатическое осаждение.

Постановка проблемы. Фундаментальным отличием процесса электростатического осаждения от механических методов сепарации частиц является то, что в этом случае энергия, подводимая к обрабатываемым газопылевым потокам при электроосаждении, расходуется преимущественно на оказание непосредственного воздействия на осаждаемые частицы. Этим обусловлены многие преимущества процесса электрофильтрации, основными из которых являются умеренное потребление энергии, а также то, что даже мельчайшие частицы субмикрометрового диапазона улавливаются эффективно, поскольку и на эти частицы действует достаточно большая сила [1]. Энергия, потребляемая в электрофильтре, складывается из энергии, расходуемой генератором тока высокого напряжения, и энергии, необходимой для преодоления гидравлического сопротивления при прохождении газа через электрофильтр. Гидравлическое сопротивление электрофильтра при его правильной эксплуатации не превышает 100...150 Па, т. е. значительно ниже, чем у большинства других пылеуловителей. Электрофильтр относится к наиболее эффективным пылеулавливающим аппаратам. Эффективность очистки достигает 99,9 % в широких пределах концентраций (от нескольких мг до 200 г/м³) и дисперсности частиц (до долей мкм) и невысокой затрате электроэнергии (около 0,1...0,5 кВт·ч на 1000 м³ газов). Электрофильтр может обеспыливать влажную и коррозионноактивную газовую

среду с температурой до 500°C. Производительность электрофильтров достигает сотен тысяч м³/ч очищаемого газа. Однако электрофильтры имеют такие недостатки как их высокая чувствительность к поддержанию параметров очистки, высокая металлоемкость и большие габариты, а также высокая требовательность к уровню монтажа и обслуживания. К недостаткам электрофильтров относится также то, что достигнув поверхности осадительного электрода и отдав ему свой заряд, частица удерживается на поверхности только молекулярными силами, которым приходится преодолевать размывающее действие воздушного потока, стремящегося оторвать осевшую частицу от электрода. Этот фактор заметно влияет на эффективность электрических фильтров [2]. Кроме того, на эффективность электрофильтров оказывают влияние электрические пробойи, возникающие вследствие накопления пыли на осадительных электродах и относительно небольшого расстояния между коронирующим электродом и ближайшими к нему заземленными электродами ионизационной зоны. Пробойи сопровождаются кратковременным значительным увеличением тока. Источники питания электрических фильтров обычно снабжены защитой от перегрузок и поэтому при пробоях отключаются. Продолжительность пробоев измеряется долями секунды, однако ввиду того, что число их может доходить до десятков и сотен за 1 мин, они могут привести к существенному снижению эффективности фильтров. Пробойи отражаются также на состоянии электродов [2].

Анализ последних исследований и публикаций. Известно устройство для очистки воздуха в котором для повышения эффективности улавливания мелкодисперсных аэрозолей осуществляется их предварительная коагуляция с использованием электрического и ударноструйного взаимодействия, которое состоит из двух зарядных камер (положительного и отрицательного ионизаторов) с разделительными воздуховодами, и ударноструйной камеры коагуляции [3].

Однако этому устройству присущ ряд недостатков, основной из которых заключается в накоплении пыли в зарядных камерах, что приводит к появлению обратной короны, электрическим пробоям, снижает эффективность зарядки частиц пыли и обуславливает необходимость в периодической очистке зарядных камер от накопленной пыли. Кроме того, наличие ударноструйной камеры, ввиду несущественности инерционного взаимодействия мелкодисперсных частиц пыли в сравнении с электростатическим, практически не влияет на эффективность их коагуляции, а приводит лишь к дополнительным энергетическим затратам на перемещение запыленного воздуха.

Другое устройство, реализующее коагуляцию мелкодисперсных частиц пыли, содержит трубопровод для подвода запыленного воздуха, разделитель потока, две взаимоизолированные зарядные камеры, смеситель и трубопровод для отвода запыленного воздуха с встроенным в него соленоидом для воздействия на заряженные частицы электромагнитным полем [4].

Этому устройству также присущ недостаток, связанный с накоплением пыли в зарядных камерах. Кроме того, введение в устройство соленоида для создания магнитного поля приводит только к дополнительным энергетическим затратам и не способствует повышению эффективности коагуляции, что объяс-

няется несущественной величиной сил Лоренца, действующих на заряженные частицы в магнитном поле при небольших скоростях потока, в сопоставлении с силами электростатического взаимодействия.

Цель публикации. Обосновать технические решения обеспечивающие повышение эффективности улавливания высокодисперсной пыли за счет вынужденной коагуляции пыли для ее укрупнения и последующего осаждения в циклоне.

Основные результаты исследования. Существенно повысить эффективность очистки воздуха от высокодисперсной пыли возможно за счет предотвращения осаждения пыли в зарядных камерах при одновременном снижении затрат на коагуляцию и очистку зарядных камер от пыли. В предложенном нами устройстве [5] вышеуказанное достигается тем, что зарядка аэрозолей осуществляется в поле униполярного коронного разряда с питанием коронирующих электродов от источников высоковольтного униполярного импульсного напряжения с длительностью импульсов обеспечивающей унос газовых ионов за пределы разрядного промежутка, при этом коронирующие электроды выполнены в виде металлической сетки с закрепленными на ней иглами, причем коронирующие электроды закреплены своим основанием на внутренней поверхности втулки, выполненной из изолирующего материала и закрепленной в стенке трубопровода (рис. 1).

Устройство для очистки воздуха от мелкодисперсной пыли состоит из трубопровода 1, подводящего пылевоздушный поток к разделителю 2, коронирующих электродов 3, заземленных электродов 4, зарядных камер 5 и 6, разделенных перегородкой 7, турбулизатора 8, камеры коагуляции 9, трубопровода для отвода запыленного воздуха 10, изолятора 11, источников высоковольтного униполярного импульсного напряжения различной полярности 12.

Запыленный воздушный поток, подлежащий очистке от мелкодисперсной пыли, поступает по трубопроводу 1 к разделителю потока 2, где он разделяется на две равные части, направляемые в зарядные камеры 5 и 6. В них частицы пыли получают заряды противоположного знака. Из камер 5 и 6 потоки с разноименно заряженными пылевыми частицами поступают в камеру коагуляции 9, где происходит их смешивание и коагуляция. Скоагулированные агрегаты осаждаются в циклоне.

Величина зарядов частиц пыли, приобретаемых ими в поле коронного разряда, определяется двумя процессами – направленным движением ионов к частице под действием внешнего электрического поля (процесс ударной зарядки) и диффузией ионов к поверхности частицы. В зависимости от размеров частиц перечисленные процессы играют различную роль. Зарядка крупных частиц пыли осуществляется в основном за счет направленного движения ионов к частице, а мелких частиц пыли - за счет диффузии ионов к их поверхности.

В предложенном устройстве ударная зарядка крупных частиц пыли и их возможное осаждение в зарядной камере осуществляется только в разрядном промежутке во время действия импульсов напряжения.

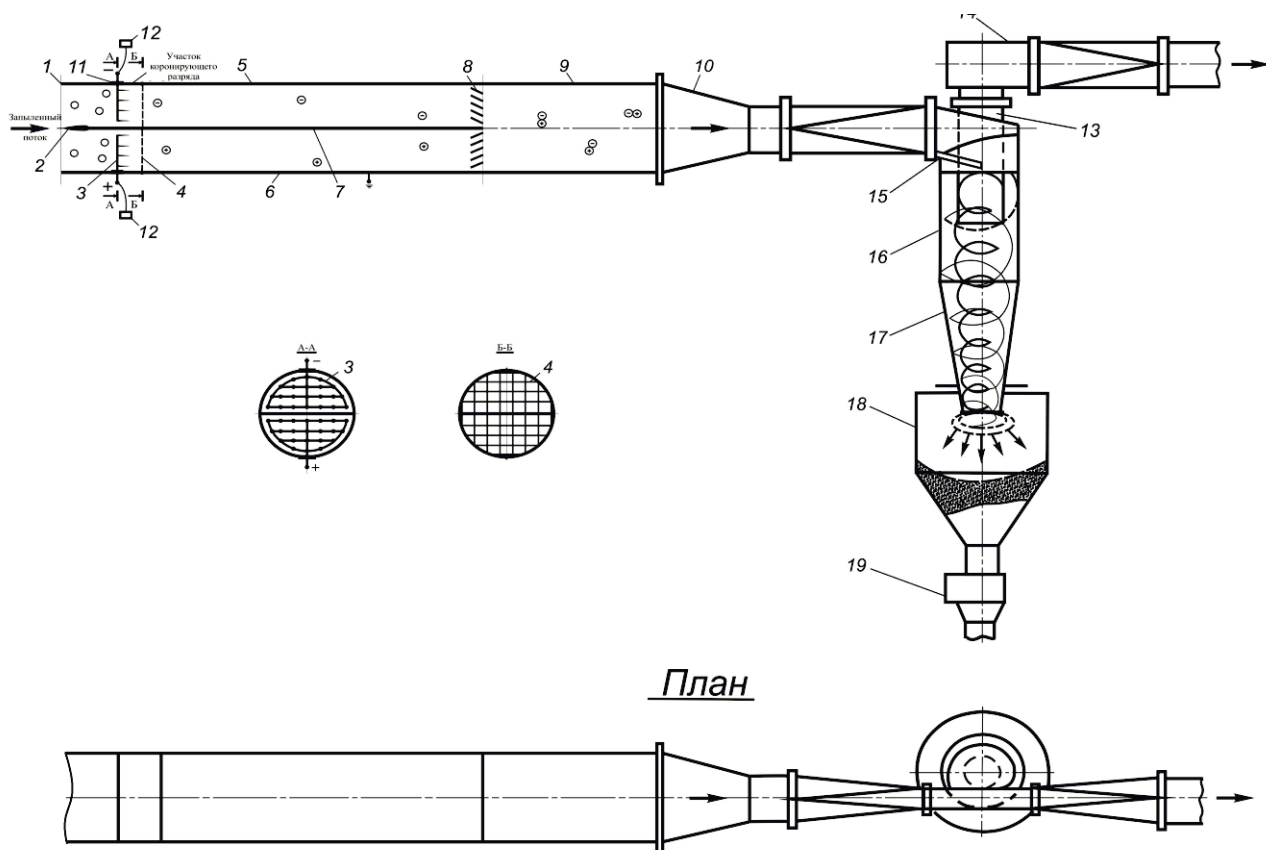


Рис. 1. Общий вид устройства для очистки воздуха от мелкодисперсной пыли: 1 – трубопровод; 2 – разделитель потока; 3 – коронирующие электроды; 4 – заземленные электроды; 5 и 6 – зарядные камеры; 7 – перегородка; 8 – турбулизатор; 9 – камера коагуляции; 10 – переходник; 11 – изолятор; 12 – источники высоковольтного униполярного импульсного напряжения различной полярности; 13 – выхлопная труба; 14 – раскручивающий аппарат для выброса очищенного воздуха; 15 – входной патрубок; 16 – цилиндрическая часть циклона; 17 – конусная часть циклона; 18 – пылесадочный бункер; 19 – пылевой затвор.

При значительной скважности импульсного высоковольтного напряжения, величина заряда крупных частиц пыли и время действия внешнего электрического поля под воздействием которого осуществляется направленное движение частиц пыли к заземленному электроду и стенкам зарядной камеры на порядок меньше чем в поле униполярного постоянного коронного разряда, что, в совокупности, на несколько порядков снижает интенсивность их осаждения и накопления в зарядной камере. Во время паузы между импульсами напряжения из-за отсутствия внешних электростатических сил происходит интенсивный унос ионов с разрядного промежутка. При дальнейшем движении ионизированного пылегазового потока в зарядной камере происходит в основном лишь интенсивная зарядка мелкодисперсных частиц пыли аэрозоля за счет диффузии ионов к их поверхности. При этом, ввиду отсутствия внешних электростатических сил, направленное движение частиц пыли к стенкам зарядной камеры и их осаждение на них практически не происходит.

Ввиду того, что электрическая энергия расходуется в основном на образование ионов и на зарядку мелкодисперсной фазы аэрозоля, а не на протекания ионных токов, при таком режиме зарядки значительно снижается также энергопотребление устройства в сравнении с рассмотренными аналогами. Благодаря тому, что удельная величина заряда крупных частиц пыли существенно меньше, чем удельная величина заряда мелких частиц, их взаимодействие происходит уже в зарядных камерах за счет поляризационного взаимодействия, что в свою очередь дополнительно повышает эффективность пылеочистки.

Длительность импульсов и их скважность выбираются экспериментально исходя из обеспечения максимального уноса ионов из разрядного промежутка.

При необходимости укрупнения агрегатов процесс коагуляции можно многократно повторить путем установки дополнительных устройств для зарядки и коагуляции.

Выводы. Предложенное техническое решение позволяет при незначительных энергетических затратах обеспечить повышение эффективности улавливания высокодисперсной пыли в аппаратах для инерционной очистки пылевоздушных потоков за счет предварительной коагуляции мелкодисперсных частиц аэрозоля. Кроме того, использование для зарядки частиц аэрозоля униполярного импульсного коронного разряда с малой длительностью и большой скважностью ионизирующего напряжения позволяет минимизировать заряды крупных частиц пыли и предотвратить их накопление в зарядной камере.

Список литературы

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки / А.Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та. - 2005. – 210 с.
2. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха / А.И. Пирумов. – М.: Госстройиздат. - 1974. – 206 с.
3. Авторское свидетельство СССР М 227958, кл. Е 21 F 5/20, 1967.
4. Авторское свидетельство СССР 787678, кл. Е 21 F 5/00, 1980.
5. Пат. № 94121 Україна, МПК E21F 5/00. Пристрій для очищення повітря від пилу /В.І. Голінько, Я.Я. Лебедев, Ю.І. Чеберячко, Д.С. Пустовой,: заявник ДВНЗ «НГУ». – № u201405005; заяв. 12.05.2014; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 20.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Колесником В.Є.
Надійшла до редакції 11.12.2014*