

**Голинько В.И.**, д-р техн. наук, профессор,  
**Пустовой Д.С.**, аспирант  
(Государственный ВУЗ “НГУ”)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАРЯДКИ АЭРОЗОЛЕЙ В ПОЛЕ КОРОННОГО  
РАЗРЯДА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ОТ  
ПЫЛИ АСПИРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ**

**Голінько В. І.**, д-р техн. наук, професор,  
**Пустовой Д.С.**, аспірант  
(Державний ВНЗ "НГУ")

**ВИКОРИСТАННЯ ЗАРЯДКИ АЕРОЗОЛІВ У ПОЛІ КОРОННОГО  
РОЗРЯДУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ  
ВІД ПИЛУ АСПІРАЦІЙНИХ ПОТОКІВ**

**Golinko V. I.**, D.Sc. (Tech), Professor,  
**Pustovoi D. S.**, Doctoral Student  
(State Institution of Higher Education “NMU”)

**USE OF AEROSOL CHARGE WITHIN CORONA FIELD EFFECT TO  
INTENSIFY DEDUSTING PROCESSES OF ASPIRATION FLOWS**

**Аннотация.** 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 сеткой в котором ударная зарядка крупных частиц пыли и их возможное осаждение в зарядной камере осуществляется только в разрядном промежутке во время действия импульсов напряжения.

Показано, что 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 значительно меньше чем в поле униполярного постоянного коронного разряда. Во время паузы между импульсами напряжения из-за отсутствия внешних электростатических сил направленное движение частиц пыли к заземленному электроду практически не происходит, а наблюдается интенсивный унос ионов с разрядного промежутка. При дальнейшем движении ионизированного пылегазового потока за пределами разрядного промежутка 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 трубопровода и их осаждение на них практически не происходит, что, в совокупности, на несколько порядков снижает интенсивность их осаждения и накопления.

**Ключевые слова:** пыль, аспирационные потоки, коронный разряд, импульсное напряжение, способы зарядки аэрозоля, зарядные камеры, коагуляция.

Повышенная опасность аэрозолей техногенного происхождения связана, прежде всего, с их мелкодисперсностью. Частицы аэрозолей размером менее 5 мкм способны проникать в лимфатические узлы, кровяную систему, задерживаться в легких, засорять слизистые оболочки, являясь причиной многих заболеваний и нанося тем самым, непоправимый ущерб здоровью человека. Поэтому, удаление мелких частиц из отходящих от промышленного оборудования газовых потоков, является одной из самых важных задач в области борьбы с загрязнением воздуха.

Решением проблемы удаления мелкодисперсной пыли (менее 5 мкм) из запыленного воздуха может быть электростатическое осаждение.

Фундаментальным отличием процесса электростатического осаждения от механических методов сепарации частиц является то, что в этом случае энергия, подводимая к обрабатываемым газопылевым потокам, 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 аэрозолей улавливаются эффективно, поскольку и на эти частицы действует достаточно большая электростатическая 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.

Электрофильтры относятся к наиболее эффективным пылеулавливающим аппаратам. Однако они 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 пробой, возникающие вследствие накопления пыли на осадительных электродах и относительно небольшого расстояния между коронирующим электродом и ближайшими к нему заземленными электродами ионизационной зоны.

Пробой 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. Пробои отражаются также на состоянии электродов [2].

В настоящее время, несмотря на рассмотренные достоинства электрофильтров применяемых на предприятиях, в частности обогатительных фабриках, предпочтение традиционно отдается инерционным средствам улавливания пыли. Наиболее распространенные из них циклоны, эффективность которых в области улавливания мелкодисперсной фракции низкая. Существующие системы пылеулавливания переделать весьма сложно. Необходимо искать решения, чтобы существующие системы без существенного изменения их топологии и конструкции стали более эффективными.

Для повышения эффективности улавливания высокодисперсной пыли в инерционных средствах очистки применяется вынужденная коагуляция пыли с целью ее укрупнения и ускорения оседания [1]. Одним из видов такой коагуляции, является коагуляция частиц под действием специально направленного поля. Таким действием обладает электрическое поле.

Известно устройство для очистки воздуха в котором для повышения эффективности улавливания мелкодисперсных аэрозолей осуществляется их предварительная коагуляция с использованием электрического и ударнотруйного взаимодействия, которое состоит из двух зарядных камер (положительного и отрицательного ионизаторов) с разделительными воздуховодами, и ударнотруйной 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 ударнотруйной 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 объясняется несущественной величиной сил Лоренца, действующих на заряженные частицы в магнитном поле при небольших скоростях потока, в сопоставлении с силами электростатического взаимодействия.

В связи с вышеуказанным целью работы является повышение эффективности коагуляции мелкодисперсных частиц пыли за счет предотвращения оса-

ждения пыли в зарядных камерах при одновременном снижении затрат на коагуляцию и очистку зарядных камер от пыли.

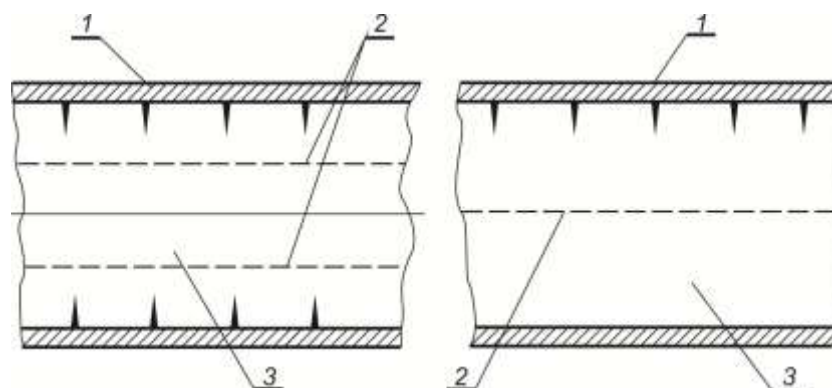
Процессы зарядки частиц пыли достаточно хорошо изложены в литературе для зарядных камер с протеканием коронного разряда в системе электродов типа «нить - цилиндр», для которых имеется более-менее строгое математическое описание напряженности поля между электродами и распределения ионов в междуэлектродном пространстве.

Зарядка частиц с  $\rho > 1$  мкм осуществляется в основном за счет направленного движения ионов к частице. Выведенное Потенье [5] уравнение зарядки хорошо согласуется с экспериментом и имеет для частиц сферической формы вид:

$$g = g_m \frac{\pi k e n_0 t}{4 \pi \epsilon_0 + \pi k e n_0 t} = 4 \pi \epsilon_0 \left( 1 + 2 \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 1} \right) E_0 \rho^2 \frac{\pi k e n_0 t}{4 \pi \epsilon_0 + \pi k e n_0 t} \quad (1)$$

где  $g_m$  – величина предельного заряда, Кл;  $E_0$  – напряженность внешнего электрического поля, В/м;  $k$  – подвижность ионов, м<sup>2</sup>/В·с;  $e$  – заряд иона, Кл;  $n_0$  – концентрация ионов в невозмущенной среде, м<sup>-3</sup>;  $\rho$  – эквивалентный радиус частицы, мкм;  $t$  – время зарядки, с;  $\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость частицы.

Для зарядных камер, в которых в качестве коронирующих электродов используется острое процесс зарядки математически достаточно строго описан для 3-х секционных и 2-х секционных [6] плоских зарядных устройствах (рис. 1), в которых заряд частиц слабо зависит от положения их траектории.



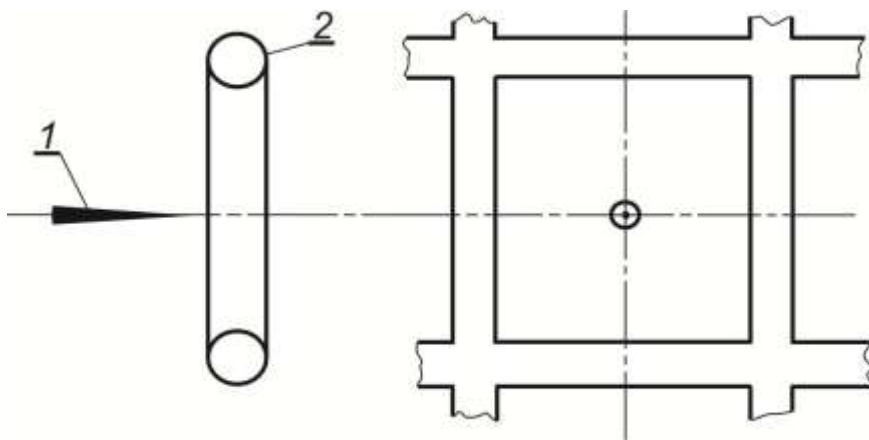
1 - коронирующие электроды, 2 – сетка, 3 – зона зарядки  
Рисунок 1 – Трехзонное и двухзонное зарядные устройства

Для уменьшения осаждения пыли на стенках камеры к сеткам зарядной секции прикладывается переменное напряжение с частотой  $f = 100 \dots 800$  Гц. Кроме того, запыленный воздух выпускается полоской по центру зарядной секции, а в остальную часть камеры поступает воздух, предварительно очищенный от пыли с помощью фильтров. Такая конструкция зарядных секций позволяет получить практически по всему объему секций равномерную концентрацию ионов и постоянную напряженность поля, что использовалось авторами [6] для определения концентрации монодисперсных аэрозолей. Ввиду значительной сложно-

сти этих камер, применение их целесообразно в устройствах для интенсификации улавливания пыли нецелесообразно.

В первое время в электрофильтрах широко использовали коронирующие электроды типа «нить» [2], однако в последующем при разработке как однозонных, так и двухзонных электрофильтров в качестве коронирующих электродов в основном стали использовать систему электродов типа «острие» («игла»), расположенную над поверхностью, служащей для осаждения пыли (И.А. Кизим, 1968). Такие электроды обеспечивают протекание значительного ионного тока при существенно меньшем напряжении, чем при применении коронирующих электродов типа «нить».

При конструировании электрофильтров главная задача состоит в обеспечении высокой степени очистки воздуха от пыли, что достигается зарядкой частиц при значительных ионных токах, увеличением длительности зарядки и воздействия на заряженный аэрозоль осаждающего электрического поля, использованием инерционных и др. сил для интенсификации процессов осаждения [1, 2]. Для случая, когда зарядка частиц пыли в поле коронного разряда используется для коагуляции мелкодисперсной фазы аэрозоля, нет необходимости в интенсификации процесса зарядки крупнодисперсной фазы аэрозоля и осаждения ее под воздействием электростатических сил. Наоборот, задача состоит в том, чтобы минимизировать процесс осаждения пыли в зарядных камерах, что исключает необходимость в их периодической очистке от накопленной пыли и возможность пробоя разрядного промежутка или появления обратной короны при накоплении пыли в зарядной камере. Поэтому, для снижения величины зарядов крупнодисперсных частиц аэрозоля следует свести к минимуму длительность процесса зарядки частиц непосредственно в поле коронного разряда под воздействием направленного движения ионов к частице пыли. Это можно обеспечить при применении зарядного устройства с системой коронирующих электродов типа «острие» и расположенной поперек потока запыленного воздуха крупноячеистой сеткой, одиночный элемент которого приведен на рис. 2.



1 - коронирующие электроды; 2 – сетка

Рисунок 2 – Зарядное устройство типа «острие-сетка»

Для такого зарядного устройства характерным является неравномерное распределение концентрации ионов и напряженности поля по сечению камеры, а, следовательно, заряд частиц может зависеть от положения их траектории относительно оси камеры.

Ввиду сложности распределения концентрации ионов и напряженности электрического поля в камере такой формы аналитическое описание процесса зарядки весьма затруднено. С целью получения математического описания рассмотрим процессы зарядки пыли в близкой по протекающим процессам камере типа "игла - цилиндр".

При этом введем следующее ограничение: процесс зарядки протекает при высоких скоростях просасывания аэрозоля и малых токах коронного разряда так, что для крупных частиц выполняется условие

$$g_i < 0,2 g_{i\max} \quad (2)$$

где  $g_i$  – заряд, который приобретает частица в зарядной камере, Кл;  $g_{i\max}$  – максимально-возможный заряд частицы при аналогичной напряженности поля, Кл.

Введение такого режима зарядки приводит к тому, что в течении времени прохождения частицей зарядной камеры процесс зарядки частицы линейно связан с концентрацией и подвижностью ионов в зарядной камере, то есть в уравнении (1) выполняется условие:

$$\pi k e n_0 t \ll 4 \pi \varepsilon_0 \quad (3)$$

При этом уравнение (1) с достаточной для практических целей точностью можно представить в виде:

$$g_i = \left( 1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1} \right) E_0 \rho_i^2 \cdot \pi k e n_0 t$$

Кроме того при выводе уравнения зарядки частиц введем следующие допущения:

1. Расстояние частицы от оси зарядной камеры остается постоянным в процессе зарядки.

2. Скорость воздуха в любой точке камеры постоянна и равна  $v_0$ .

Справедливость первого условия вытекает из того, что согласно расчету скорость дрейфа частиц с  $\rho = 10$  мкм в электрическом поле напряженностью  $2 \dots 3 \cdot 10^5$  в/м, при зарядах частиц, близких к предельным для этой напряженности, составляет 0,7-1 м/с [7]. В нашем случае при зарядах частиц, составляющих  $(0,1 \dots 0,2) g_{i\max}$ , с учетом неустановившегося режима движения частиц под воздействием электрического поля и зарядки частиц по мере движения ее в камере, следует ожидать на один - два порядка уменьшения средней скорости дрейфа частиц. Поэтому при высоких скоростях просасывания ( $v_0 \geq 2$  м/с) и малой

длине зарядной камеры, смещение частиц весьма незначительно. Второе условие справедливо при расположении зарядной камеры в зоне неустановившегося движения воздуха.

При симметричном расположении острия относительно стенок зарядной камеры величина тока коронного разряда через элементарную площадку  $2\pi r dl$  равна (рис. 3):

$$dI = 2\pi r k_r n_r E_r e \sin \varphi dl$$

где  $n_r$ ,  $k_r$  – концентрация и подвижность ионов на участке  $dl$ ;  $E_r$  – напряженность поля на участке;  $\varphi$  – угол между элементарной площадкой цилиндра и вектором тока или напряженности поля.

Практически для всего сечения зарядной камеры, при малых токах коронного разряда,  $\sin \varphi$  можно считать равным единице, так как наличие ионов при этом незначительно искажает электрическое поле камеры и движение ионов происходит по линиям с наибольшей напряженностью поля, угол наклона которых к поверхности цилиндра близок к  $90^\circ$ .

Уменьшение угла  $\varphi$  на периферии пучка ионов сопровождается одновременно снижением концентрации ионов в этой зоне, поэтому, для зоны камеры в которой происходит интенсивная зарядка частиц в уравнении (3) примем равным единице.

Исключение составляет зона вблизи острия, где угол  $\varphi$  изменяется практически от  $0$  до  $90^\circ$ . Однако эта зона занимает незначительную часть камеры и поэтому не вносит существенного вклада в величину суммарного заряда потока аэрозоля.

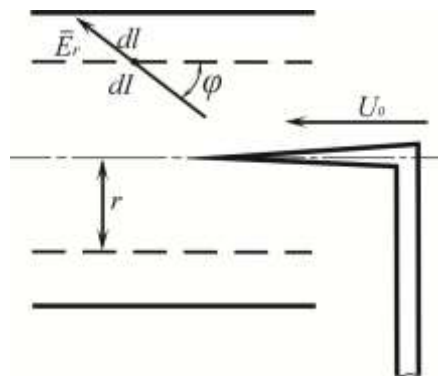


Рисунок 3 – К расчету процесса зарядки частиц в системе электродов "цилиндр - острие"

Заряд  $dg_r$ , который приобретает частица на участке  $dl$  соответственно равен

$$dg_r = \pi e \rho^2 \left( 1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right) E_r k_r n_r \frac{dl}{U_0}.$$

Выразив из уравнения (3) величину  $dI$  через  $dg_r$  с учетом  $\sin \varphi = 1$  получим

$$dg_r = \frac{dI}{2rU_0} \rho^2 \left( 1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right).$$

Полную величину заряда, которую приобретает частица в камере при прохождении через пучок ионов, определим путем интегрирования по всей длине участка зарядки

$$g_r = \int_0^l dg_r = \frac{\rho^2}{2rU_0} \left( 1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right) \int_0^l dI.$$

Ввиду того, что все ионы, образующиеся в зоне коронного разряда, осаждаются на поверхности цилиндрического электрода зарядной камеры и проходят через

цилиндр с радиусом  $r$ , интеграл  $\int_0^l dI$  равен полному току коронного разряда. Тогда

$$g = \rho^2 \left( 1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right) \frac{I}{2rU_0} \quad (4)$$

Как видно из полученного выражения заряд частиц пыли, при принятом режиме зарядки, линейно связан с величиной тока коронного разряда и обратно пропорционален скорости газа и радиусу удаления частицы от оси камеры. При постоянной величине тока коронного разряда величина заряда частиц пыли не зависит от изменений параметров окружающей среды.

Наличие в знаменателе выражения (4) величины  $r$  свидетельствует о том, что полученное выражение имеет ограниченную зону действия, а именно часть камеры, где соблюдается условие (2) и принятые ограничения. В центральной части камеры при  $r \rightarrow 0$  выполнение этих условий невозможно, ввиду высокой напряженности поля и концентрации ионов у острия коронирующего электрода. Кроме того, за счет действия электростатических сил и турбулентных пульсаций, происходят относительно большие (по сравнению с радиусом) смещения частиц. Эти факторы снижают величины зарядов частиц в центральной части камеры по сравнению с расчетными по формуле (4). С другой стороны изменение угла  $\varphi$  в этой части камеры от  $0$  до  $90^\circ$  значительно расширяет зону интенсивной зарядки частиц, компенсируя этим указанное ранее снижение величины зарядов. Дать точную количественную оценку степени влияния упомянутых факторов на величины зарядов частиц и какой из них имеет решающее значение невозможно. Поэтому в центральной зоне камеры заряды частиц однозначно не могут быть определены. Однако количество частиц в данной зоне и их влияние на суммарный заряд всего потока аэрозоля весьма незначительно. Так, например, если принятые условия выполняются в зоне от  $R/5$  до  $R$ , то для 96% частиц заряд можно рассчитать по выражению (4).

Численный анализ полученного выражения показывает, что в рассмотрен-



ном зарядном устройстве типа «острие-сетка» при принятом режиме зарядки величина зарядов частиц крупнодисперсной фазы аэрозолей достаточно значительная, что не исключает их возможного осаждения и накопления на заземленном электроде. Исключить такое осаждение возможно при использовании для зарядки аэрозолей импульсного высоковольтного напряжения с малой длительностью и большой скважностью импульсов [8]. В этом случае направленное движение частиц пыли к заземленному электроду будет наблюдаться только во время действия импульса ионизирующего напряжения. При отсутствии внешнего электрического поля направленное движение частиц пыли к заземленному электроду будет значительно меньше, чем в поле униполярного постоянного коронного разряда.

Заряд, который приобретают в таком зарядном устройстве мелкодисперсные частицы, недостаточный для эффективного протекания процессов их коагуляции в аспирационных потоках. Поэтому, учитывая то, что величина заряда мелкодисперсных частиц в значительной мере определяется диффузионным процессом зарядки, при конструировании зарядных устройств и выборе параметров зарядных устройств и ионизирующего напряжения, для увеличения величины их зарядов целесообразно обеспечить интенсивный вынос ионов за пределы разрядного промежутка. Это также обеспечивается при использовании для зарядки аэрозолей импульсного высоковольтного напряжения с малой длительностью и большой скважностью импульсов [8], поскольку 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 крупнодисперсной фазы аэрозоля к стенкам зарядной камеры и их осаждение на них практически не происходит.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Ветошкин, А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки / А.Г. Ветошкин. – Пенза.: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. – 210 с.
2. Санаев, Ю.И. Обеспыливание газов электрофильтрами / Ю.И. Санаев. – Семибратово: Кондор-Эко, 2009. – 163 с.
3. А.с. 227958, Е 21 F 5/20. Устройство для коагуляции аэрозолей / Бабенко С. А. Москвина Т. А. Гусев В. П. Витюгин В. М. – № 1100002; 21. 03. 83 (46) 30.06.84. Бюл. № 24 (72). – 2 с.
4. А.с. 787678, Е 21 F 5/20. Устройство для коагуляции пыли / Соколов В. А. Троянская Н. В., Олейник Е. И., Степовая Н. И.. – № 11787678; 23. 02. 79 (46) 15.12.80. Бюл. № 46. – 2 с.
5. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И.П. Верещагин, В.И. Левитов, Г.З. Мирзабежан, М.М. Пашин. – М.: Энергия, 1974. – 480 с.
6. Малыгин, Н.А., Экспериментальное исследование малогабаритных зарядных устройств / Н.А. Малыгин, Л.М. Логвинов // Труды. ЛИАП. – 1976. – Вып. 103. – С. 76–81.
7. Капцов, Н.А. Электрические явления в газах и вакууме / Н.А. Капцов. – М.; Л.: ОГИЗ, 1974. – 498 с.
8. Голинько, В.И. Обоснование параметров процесса зарядки пыли в поле импульсного униполярного коронного разряда / В.И. Голинько, Д.С. Пустовой // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2015. – № 1. – С. 151-156.

## REFERENCES

1. Vetoshkin, A.G.(2005), *Protsessy i apparaty pyleochistki* [Processes and devices of dust cleaning], State University Press, Penza, RU.
2. Sanayev, Yu.I.(2009), *Obespylivaniye gazov elektrofiltrami* [Dedusting emissions electric filters], Condor Eco, Semibratovo, RU.
3. Babenko, S.A., Moskvina, T.A., Gusev, V.P. and Vityugin, V.M. (1984), *Ustroystvo dlya koagulyacii aerorozoley* [Device for aerosol coagulation], Russia, Pat. 227958, E 21 F 5/20.
4. Sobolev, V.A., Troyan, N.V., Oleynik, E.I. and Stepanova, N.I. (1979), *Ustroystvo dlya koagulyacii pyli* [Device for aerosol coagulation], Russia, Pat. 787678, E 21 F 5/20
5. Vereshchagin, I.P., Levitov, A.I., Mirzabekyan, G.Z. and Pashin, M.M. (1974), *Osnovy elektrogazodinamiki dispersnykh sistem* [Bases of electro-gas dynamics the dispersible systems], Energy, Moscow, SU.
6. Malygin, A.T. and Logvinov, L.M. (1976), "Experimental study of small chargers", *Trudy LIAP*, vol. 103 - pp. 76-81.
7. Kaptsov, N.A. (1974), *Elektricheskiye yavleniya v gazakh i vakuume* [Electrical phenomena in gases and vacuum], OGIZ, Moscow, Russia.
8. Golinko, V.I. and Pustovoy, D.S. (2015), "Rationale the parameters of the charging process of dust in the field of pulsed unipolar corona discharge", *Metallurgical and mining industry*, vol 1, - pp. 151-156.

## Об авторах

**Голинько Василь Іванович**, доктор технічних наук, професор кафедри аерології та охорони праці, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, E-mail: [golinko@nmu.org.ua](mailto:golinko@nmu.org.ua)

**Пустовой Дмитрий Сергеевич**, аспірант кафедри аерології та охорони праці, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина

## About the authors

**Golinko Vasily Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor of the Aerology and labour protection department of the State Institution of Higher Education "National mining university", Dnepropetrovsk, Ukraine, E-mail: [golinko@nmu.org.ua](mailto:golinko@nmu.org.ua)

**Pustovoi Dmytry Sergeevich**, Master of Science, Doctoral Student in Department of Aerology and labour, State Institution of Higher Education «National Mining University», Dnepropetrovsk, Ukraine

**Анотація.** 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 коронуючих електродів типу «вістря» та розташованої поперек потоку запиленого повітря сіткою в якому ударна зарядка великих часток пилу і їх можливе осадження в зарядній камері здійснюється тільки в розрядному проміжку під час дії імпульсів напруги.

Показано, що при значній скважності імпульсного високовольтного напруги, величина заряду великих часток пилу і час дії зовнішнього електричного поля під впливом якого здійснюється спрямований рух частинок пилу до заземленого електроду і стінок зарядної камери значно менше ніж у полі уніполярного постійного коронного розряду. Під час паузи між імпульсами напруги через відсутність зовнішніх електростатичних сил спрямований рух частинок пилу до заземленого електроду практично не відбувається, а спостерігається інтенсивний винесення іонів з розрядного проміжку. При подальшому русі іонізованого пилогазового потоку за межами розрядного проміжку в зарядній камері відбувається в основному лише інтенсивна зарядка дрібнодисперсних часток пилу аерозолу за рахунок дифузії іонів до їх поверхні. При цьому, зважаючи на відсутність зовнішніх електростатичних сил, спрямований рух частинок пилу до стінок трубопроводу і їх осадження на них практично не відбувається, що, в сукупності, на кілька порядків знижує інтенсивність їх осадження та накопичення.

**Ключові слова:** пил, аспіраційні потоки, коронний розряд, імпульсна напруга, способи зарядки аерозолі, зарядні камери, коагуляція.

**Abstract.** Problems concerning intensification of fine dust elimination processes of aspiration flows have been considered in this paper.

It has been shown that improved efficiency of fine dust elimination processes may depend upon aerosol charge being performed with the help of a system of corona electrode of “point” type and net-located across dusted air flow where impact charge of coarse dust particles as well as their possible deposition within charge chamber can be available only within a discharge gap in the process of potential impulses effect.

It has been demonstrated that in terms of significant duty ratio of impulse high voltage, charge value of coarse dust particles as well as response time of external electric field effecting ordered dust particle motion to the earthed electrode and charging chamber walls is much less than within a field of unipolar constant corona discharge. Due to nonavailability of external electrostatic forces ordered motion of dust particles to the earthed electrode is neglectable during gap between voltage impulses. However, intensive loss of ions from discharge gap is observed. Further motion of ionized dust and gas flow beyond discharge gap within a charging chamber mostly results in intensive charge of fine particles of aerosol dust at the expense of diffusion of ions to their surface.

As external electrostatic forces are not available ordered motion of dust particles towards pipeline walls and their deposition are neglectable resulting in several-order decrease of the intensity of their deposition and accumulation.

**Keywords:** dust, aspiration flows, corona discharge, impulse voltage, techniques to charge aerosol, charging chambers, coagulation.

*Статья поступила в редакцию 10.05.2015*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Т.В. Бунько*

**Слащев А.И.**, аспирант  
(ИГТМ НАН Украины)

**РАЗРАБОТКА ФАЗЗИ-КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ  
МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ВЫРАБОТОК**

**Слащов А.І.**, аспірант  
(ІГТМ НАН України)

**РОЗРОБКА ФАЗЗИ-КОНТРОЛЕРА ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ  
МОНИТОРИНГУ СТАНУ ГІРСЬКИХ ПОРІД І ВИРОБОК**

**Slashchov A.I.**, Doctoral Student  
(IGTM NAS of Ukraine)

**DEVELOPMENT OF FUZZY-CONTROLLER FOR DATA ANALYSIS OF  
ROCKS AND MINE WORKINGS CONDITION MONITORING**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по разработке интеллектуальных алгоритмов на основе методов нечеткой логики для информационной системы обеспечения безопасности подземных горных работ с учетом комплексной оценки, оперативного прогнозирования и вероятных сценариев развития геомеханических процессов.

Для предупреждения аварийных ситуаций, вызванных потерей равновесия геотехнической системы в обстановке неопределенности поведения породного массива, разработан фаззи-контроллер, который формирует дополнительный управляющий сигнал. Для фаззи-контроллера обоснованы методы фаззификации, инференции и дефаззификации данных, разработаны лингвистические правила управления параметрами геотехнической системы. В Matlab разработана программная модель предложенной системы и выполнено моделирование ее работы с решением задачи Коши методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Моделирование показало работоспособность и статическую устойчивость разработанных алгоритмов. Выходной сигнал фаззи-контроллера может быть использован как информационный для оценки степени опасности геотехнической системы и предупреждения возможных аварийных ситуаций, что обеспечит повышение безопасности труда на горных предприятиях.

**Ключевые слова:** геотехническая система, геомеханические процессы, безопасность труда, информационные технологии, интеллектуальные алгоритмы, нечеткая логика.

Одним из способов предупреждения аварийных ситуаций в геотехнических системах является удержание их в равновесном состоянии. В установившихся и в квазиустановившихся режимах работы можно исключить опасные и вредные факторы либо уменьшить их воздействие на человека, так как такие режимы обуславливают покой системы либо ее движение по легко предсказуемой траектории. Вместе с тем, разработка закона управления и синтез управляющей системы классическими методами невозможны или затруднены в тех случаях, когда отсутствует точная математическая модель объекта управления. Поэтому в настоящее время, в связи с интенсивным развитием вычислительной техники и микропроцессорных средств, появилась возможность технической реализации систем управления, воплощающих методы и алгоритмы интеллектуальных систем.