

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ПЫЛИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИГРАДИЕНТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА

Кузнецов И.О., к.т.н., доцент

ЮФ НУБиП Украины «Кримский агротехнологический университет»

Гулевский В.Б., к.т.н., доцент

Таврический государственный агротехнологический университет

Работа посвящена вопросам очистки воздуха на предприятиях как сельскохозяйственного, так и промышленного профиля от высокодисперсных примесей промышленных газов и пыли с применением полиградиентного электрического фильтра.

Ключевые слова: электрофильтр, полиградиентные поля, поле коронного разряда.

Введение. В настоящее время, одним из важных вопросов в АПК и в промышленности является очистка отработанных воздушных масс от различных высокодисперсных примесей. В различных сферах производства существуют нормы на отработанные воздушные массы, при этом нормы четко регламентируют наличие составляющих отработанных газов, в том числе и высокодисперсных. В качестве примера, при переработке зерновых (сепарация, активное вентилирование, производство муки или комбикормов) выделяется большое количество мучнистой пыли, которая забивает трубопроводы пневмотранспортеров, сокращает срок службы шарикоподшипниковых механизмов рабочих машин и при высокой своей концентрации является электро и взрывоопасной. Эти и другие факторы приводят к повышенному вниманию с точки зрения техники безопасности со стороны обслуживающего персонала предприятий, по этому решение задач, связанных с очисткой отработанных газов и воздушных масс является актуальным.

Анализ последних исследований и публикаций. В сельскохозяйственном производстве, в отличии от промышленности, электротехнологические методы еще пока не нашли достаточно широкого применения, что связано со следующими причинами:

- специфичность технологических процессов в сельском хозяйстве, а именно то, что в большинстве своем эти процессы связаны с жизнедеятельностью животных и растений;

- необходимость высококвалифицированного персонала для обслуживания оборудования электротехнологии;

- низкий уровень культуры производства, малая заинтересованность производителей продукции в повышении производительности труда и качества продукции, экологической чистоте производства.

Отличительной положительной особенностью технологий, связанных с электрическими методами обработки, является:

- экологическая чистота;
- возможность автоматизации;
- невысокая энергоемкость;
- в некоторых случаях замена электротехнологических методов другими методами невозможна.

В настоящее время в различных отраслях промышленности электрофильтрами очищается более половины всех газов [1, 2]. Это объясняется высокой степенью очистки, возможности улавливать твердые и жидкие частицы в широком диапазоне дисперсностей (до 100 мкм), устройства имеют высокую производительности так как обладают малым гидравлическим сопротивлением (до 200 Па), обладают малыми энергозатратами (до 0,5 кВт·ч на 1000м³ газа). Немаловажным их достоинством является возможность использования в самых различных условиях, в том числе при высокой температуре и химически активных газах и т.д.

Цель исследования. Вместе с тем электрической пылеочистке присуща некоторая избирательность в отношении извлекаемых из газа частиц. При этом, учитывая главный недостаток электрофильтров, а именно наличие явления «обратной короны» (снижение эффективности очистки при уменьшение заряда частиц из-за осаждения ионов противоположного знака), нельзя не учитывать уменьшение напряженности поля у коронирующего электрода в следствии создания конструкций, использующих коаксиальные цилиндры, что в свою очередь еще и способствует повторному уносу уловленных частиц.

По этому, в общем ставится задача раскрыть возможность применения электрофильтров, для очистки газов от высокодисперсных частиц, а в частности - применение центров концентрации поля на коронирующем электроде.

Результаты исследования. Как известно, любая заряженная частица, находящаяся в электрическом поле испытывает на себе силу со стороны поля:

$$\vec{F} = \vec{E} \cdot q, \quad (1)$$

где E – напряженность электрического поля, В/м;
 q – заряд частицы, Кл.

Выражение (1) является основой использования электронно-ионных технологий при электрофильтрации.

Так же на частицу действуют:

- сила, обусловленная неравномерным распределением напряженности электрического поля:

$$F_n = 2\pi\epsilon_0 a \frac{\epsilon_1 + 1}{\epsilon_2 + 2} gradE^2, \quad (2)$$

где: ϵ_0 – электрическая постоянная, Ф/м, ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$);

ε_2 – относительная диэлектрическая проницаемость;

a – радиус частицы, м.

- сила, вызванная взаимодействием заряда частицы с электродами (сила зеркального отображения):

$$F_s = - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 (2h)^2}, \quad (3)$$

где: q – заряд частицы, Кл;

h – расстояние между частицей и плоскостью из проводящего материала, м.

Эта сила действует на частицу в отсутствии электрического поля. Она обусловлена тем, что заряженная частица индуцирует (наводит) на плоскости противоположный по знаку заряд, между которыми возникает сила притяжения.

Кроме электрических сил частица испытывает механические силы:

- сила тяжести:

$$F_g = mg, \quad (4)$$

где: m – масса частицы, кг;

g – ускорение свободного падения, м²/с.

- сила сопротивления среды движению частицы:

$$F_c = 6\pi\mu_a k_c (v - v_0), \quad (5)$$

где: μ – вязкость среды;

k_c, v_0 – параметры линейной аппроксимации в соответствии с диапазоном значения числа Рейнольдса (Re).

На частицу в поле действуют силы, стремящиеся развернуть ее большей осью вдоль поля (рис.1):

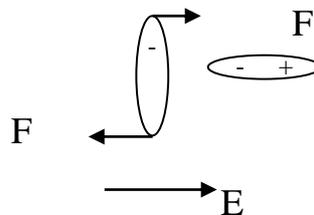


Рис. 1. Положение частицы под действием силовых линий электрического поля

Для осуществления процессов, связанных с движением частиц в электрическом поле, этим частицам (они могут быть жидкие или твердые) необходимо сообщить некоторый заряд, организующий их движение в определенном направлении. Поэтому в процессах электронно-ионной технологии играют три стадии: 1) зарядка частиц материала; 2) организация необходимой формы движение материалов в электрическом поле; 3) формирование готового продукта (в основном на электродах или приэлектродной области).

Особенностью данной технологии является: универсальность метода (частицы любых материалов как проводящих так и не проводящих, могут быть заряжены и подвергнуты действию электрического поля);

использование материалов в диспергированном (раздробленном) состоянии; разнообразие использования форм силового действия электрического поля на материалы.

Таким образом, электрогазоочистка – это зарядка частиц пыли в поле, (например в поле коронного разряда), а затем осаждение на электродах и таким образом удаление из газа.

Существуют различные методы зарядки частиц. Например: если к струе воды поднести заряженный предмет, то в каждой капле произойдет перераспределение заряда. При дроблении капли одна из капель окажется заряженной положительно, а другая – отрицательно.

Наиболее эффективный способ зарядки частиц является зарядка в поле коронного разряда. Этот способ играет особую роль в электронно-ионной технологии, т.к. он представляет собой мощный источник образования электрических зарядов.

Сущность коронного разряда заключается в следующем. В сильных электрических полях атомы и молекулы газа теряют электроны под воздействием поля. При этом молекулы газа ионизируются.

Обычно корона возникает вблизи электрода с малым радиусом кривизны, т.к. вблизи поверхности этого электрода поле максимально, а сила поверхности является источником эмиссии электронов с металла (в случае отрицательной короны). В связи с этим вблизи коронирующего электрода происходит интенсивная ионизация газа в следствии чего в темноте возможно наблюдать свечение ионизированного газа. Это явление можно увидеть на ЛЭП высокого напряжения.

В электронно-ионной технологии обычно используют коронный разряд при отрицательной полярности напряжения, поскольку в этом случае обеспечивается наибольшее значение пробивного напряжения.

На величину напряженности электрического поля, при которой начинается интенсивная ионизация газа (корона) влияют следующие условия: состав газа, относительная плотность газа (к плотности газа при н.у.), радиус коронирующего электрода, влажность газа.

В связи с тем, что в основном все технологические процессы в с.х. производстве происходит в воздушной среде в дальнейшем все рассматриваемые формулы относятся только к этому случаю.

Относительная плотность газа определяется следующим выражением:

$$\beta = \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{P_n \cdot T}{T_n \cdot \rho}, \left(\rho_n = \frac{P_n}{T_n}; \rho = \frac{P}{T} \right), \quad (6)$$

где: P_H – давление, Па;

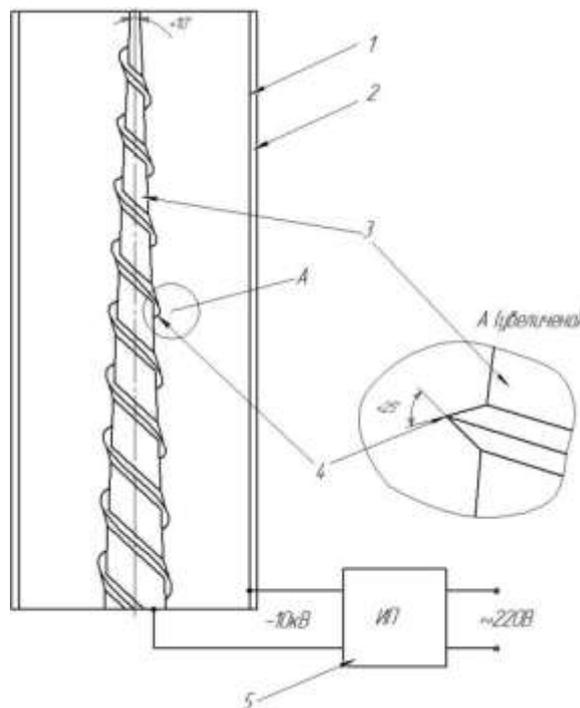
T – температура, $^{\circ}\text{C}$ (при н.у.).

Радиус коронирующего электрода определяет максимальную напряженность электрического поля. Напряженность электрического поля, при которой возникает коронный разряд, называют критической [1,2]. Её определяют по эмпирической формуле Пика:

$$E_0 = 30,3 \cdot \rho \cdot \left(1 + \frac{0,298}{\sqrt{\rho \cdot r_0}} \right) \cdot 10^5, \quad (7)$$

где: E_0 – критическая напряженность коронного разряда, В/м;
 ρ – относительная плотность газа, кг/м³ (по отношению к плотности воздуха при нормальных условиях $\rho_0 = 1,29$ кг/м³);
 r_0 – радиус коронирующего электрода, м.

Электрофильтрационная установка состоит (рис.2) из собственно



электрофильтра, агрегатов электропитания и системы очистки [3,4].

Рис. 2. Конструкция полиградиентного электрофильтра: 1 – осадительный электрод, 2 – корпус, 3 – коронирующий шнекообразный электрод, 4 - концентратор напряженности электрического поля в рабочей зоне, 5 – источник питания

Очищаемый газовый поток пропускают через электрическое поле, образованное между коронирующим электродом и осадительным. На коронирующий электрод подводят выпрямленный ток отрицательной полярности.

На степень очистки газа может также существенно влиять проскок частиц через неактивные зоны (зоны со слабым полем), а так же унос осажденной пыли с электродов.

Повторный унос частиц с электродов определяется следующими процессами: перезарядка и отталкивание частиц, выбивание частиц при осаждении новых, отрыв под действием потока воздуха. Для предотвращения этого и применяют специальные конструкции электродов.

В основе создания полиградиентного электрического фильтра, предлагается к рассмотрению устройство, включающее источник питания, коронирующий электрод и электрод, на который осуществляется осаждение,

выполненный в виде цилиндра. Особенностью конструкции является то, что электрод, на который осуществляется осаждение выполнен в виде шнека по форме конуса с углом при верхней вершине не менее 10° . При этом «перо» шнека имеет заостренную форму с углом не менее 25° с шагом между перьями в отношении 1:2. В совокупности, данная конструкция подобной формы позволяет более качественно извлекать частицы из потока очищаемого воздуха за счет неравномерности (полиградиентности) электрического поля во всем рабочем объеме фильтра.

Выводы. Таким образом, одним из наиболее эффективных путей решения задачи качественной очистки воздушных масс является применение систем электронно-ионных технологий, а именно применение электрофильтрации. На ряду со многими проблемами в этом вопросе, наиболее рациональным является применение электростатических «концентрированных» полей высокой напряженности, что дает возможность обеспечить очистку воздух в любых видах производств, будь то промышленность или сельское хозяйство с высокой степенью эффективности работы устройств.

Список использованных источников

1. Басов А.М. Электротехнология / Басов А.М., Биков В.Г., Лаптев В.А., Фанн Б.В.– М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
2. Живописцев Е.Н. Электротехнология и электрическое освещение / Живописцев Е.Н., Косицин О.А. - М.: Агропромиздат, 1990. – 303с.
3. Кузнецов И.О. Применение электротехнологических систем очистки отработанных газов / Кузнецов И.О., Гулевский В.Б. // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, Т.5. – с. 102 - 106.
4. Пат. 72096 Україна, МПК7 ВО3С1/02. Електрофільтр / Кузнецов И.О., Гулевський В.Б., Ларін С.С., Цигулярова В.В., Біловол А.С., Філіпішен М.В. (Україна). - №u201115692; Заявл.30.12.2011; опубл. 25.08. 2012, Бюл. № 16. - 5с.

Кузнецов І.О., Гулевський В.Б.
Удосконалення системи очищення газів від пилу за рахунок застосування поліградиентного електричного фільтру

Робота присвячена питанням очищення повітря на підприємствах як сільськогосподарського, так і промислового профілю від високодисперсних домішок промислових газів і пилу із застосуванням поліградиентного електричного фільтру: електрофільтр,

Kuznetsov I.O., Gulevskiy V.B.
Improvement of system of cleaning of gases from dust for account of application of electric filter

Work is sanctified to the questions of cleaning of air on enterprises from the admixtures of shale-gases and dust with the use of electric filter: electric filter, electric fields, field of corona digit

Keywords: electrostatic, poligradienye field, corona discharge field.

поліградієнтні поля, поле коронного розряду.

Ключові слова: електрофільтр, поліградієнтне поля, поле коронного розряду.