

## 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 1000м<sup>3</sup> 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:  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная, Ф/м, ( $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ );

$\varepsilon_2$  – 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, м<sup>2</sup>/с.

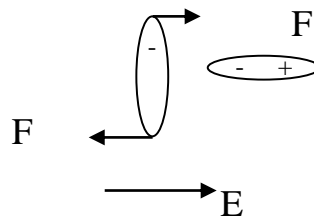
- сила сопротивления среды движению частицы:

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

где:  $\mu$  – 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;

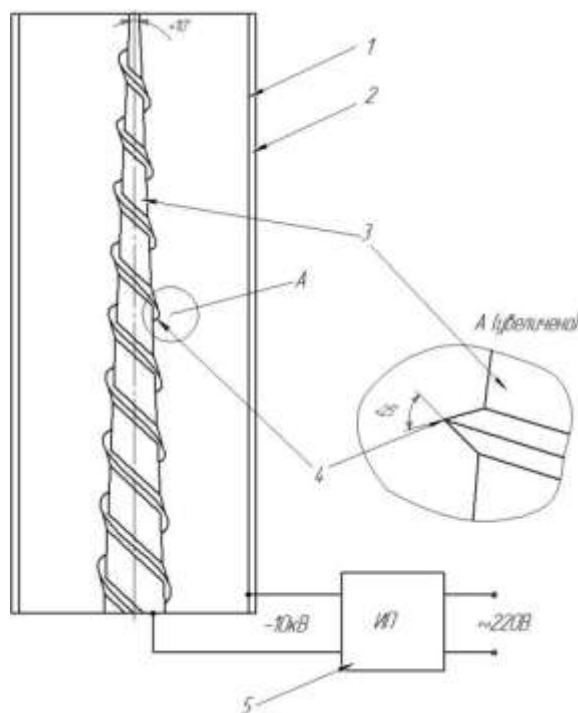
$T$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$  (при н.у.).

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;  
 $\rho$  – относительная плотность газа, кг/м<sup>3</sup> (по отношению к плотности воздуха при нормальных условиях  $\rho_0 = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>);  
 $r_0$  – 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  $10^{\circ}$ . При этом «перо» шнека имеет заостренную форму с углом не менее  $25^{\circ}$  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.