

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Борохов И. В.

Таврический государственный агротехнологический университет

Проведен анализ процесса осаждения в пластинчатом электрофильтре на примере макета однозонного электрофильтра и реальной промышленной конструкции двухзонного малогабаритного электрофильтра.

Постановка проблемы. Важной задачей вентиляционной техники является очистка воздуха, удаляемого из производственных помещений с помощью вытяжных (аспирационных) вентиляционных систем. Объем отдельных вентиляционных выбросов и содержание пыли в них, как правило, невелики. Выбросы обычно производятся в течение неполных суток с перерывами и переменной интенсивностью. На общее состояние воздушного бассейна вентиляционные выбросы оказывать значительного влияния не могут, но из-за небольшой высоты расположения над землей, рассредоточенности, большого суммарного объема и, как правило, плохой очистки они сильно загрязняют приземной слой атмосферы. Кроме того, они не обеспечивают качество воздушной среды по бактериальному составу и энергоемки [1, 4].

Потому проблема эффективной очистки воздуха является в настоящее время актуальной задачей, а обоснованное применение электрических фильтров – одно из перспективных путей ее решения.

Анализ последних исследований и публикаций. Существует целый ряд необходимой техники и способов очистки воздуха, т.е. система обеспыливания воздуха: химические способы обработки и системы вентиляции. В настоящее время для грубой и тонкой очистки воздуха помещений широко применяются фильтры рукавного, рулонного и кассетного типов. В качестве фильтрующего элемента используется ткань из натуральных и синтетических волокон. В электрофильтрах осаждение пыли происходит под действием кулоновских сил. Общим недостатком этих аппаратов является невысокая степень очистки от мелкодисперсного аэрозоля, их большие габариты, увеличивающие аэродинамическое сопротивление. Электроосаждение ионизацией нашло широкое применение в помещениях, как наиболее универсальные из всего спектра техники обеспыливания [1, 2, 4].

Цель статьи - обосновать возможные пути повышения эффективности электрических фильтров применяемых для очистки воздуха

Основные материалы исследования. В настоящее время для очистки воздуха широко используются трубчатые и пластинчатые электрофильтры.

Трубчатые электрофильтры представляют собой аппараты с вертикальным потоком газа. Подлежащие очистке газы проходят внутри трубчатых осадительных электродов, по оси которых располагаются коронирующие провода.

Пластинчатые электрофильтры - аппараты с осадительными электродами в виде пластин, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, с размещенными между пластинами коронирующими электродами. Поток очищаемого газа проходит между

пластинами. В одном корпусе электрофильтра может быть расположено несколько независимых последовательно расположенных систем электродов.

В пластинчатых электрофильтрах электрическое поле несколько слабее, чем в трубчатых, но пластинчатые электрофильтры проще изготавливать, и в них легче обеспечить встряхивание электродов.

По расположению электродов электрофильтры подразделяются на двухзонные (где зоны зарядки и осаждения частиц конструктивно выполнены в виде отдельных частей) и однозонные (где указанные зоны конструктивно совмещены) [2, 3].

Основной характеристикой электрофильтра является степень очистки газов или эффективность. Она определяется массой частиц в газе до поступления в электрофильтр и после выхода из него [3, 4]:

$$\eta = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_1 – удельное содержание частиц в газе, поступающем в электрофильтр, кг/м³;

m_2 – удельное содержание частиц в газе, выходящем из электрофильтра, кг/м³.

Рассмотрим процесс осаждения в пластинчатом электрофильтре на примере макета однозонного электрофильтра и реальной промышленной конструкции двухзонного малогабаритного электрофильтра.

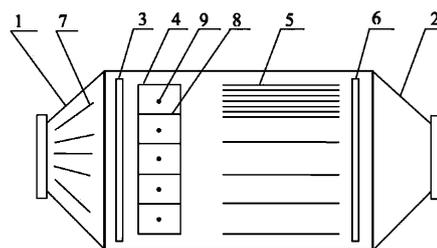


Рисунок 1 - Схема малогабаритного двухзонного электрофильтра [4]:

1 – диффузор; 2 – конфузор; 3 – предфильтр; 4 – зарядное коронирующее устройство; 5 – электростатическое осадительное устройство; 6 – механический фильтр; 7 – газораспределительное приспособление; 8 – заземленные пластины; 9 – провода.

В рассматриваемой конструкции электрофильтра характер распределения концентрации частиц для каждого поперечного сечения одинаков, что связано с определяющим влиянием турбулентного перемешивания, и не зависит от расстояния от входа в электрофильтр. По мере удаления от входа абсолютные зна-

чения концентрации частиц вдоль электрофильтра уменьшаются. Степень очистки газов определяется средним по сечению содержанием пыли m_{cp} . На расстоянии x от входа в электрофильтр удельное содержание частиц вблизи осадительного электрода m_{oc} связана со средним удельным содержанием m_{xcp} следующим образом [3, 4]:

$$m_{oc} = m_{xcp} \cdot X, \quad (2)$$

где X – коэффициент неоднородности, постоянная величина при неизменном характере распределения частиц для любого сечения.

Уменьшение массы пыли dm_x в сечении электрофильтра на расстоянии x от входа за счет осаждения на поверхность электродов $2b \cdot dx$ за время dt равно [4]:

$$dm_x = m_{xoc} \cdot 2b \cdot dx \cdot v_{oc} \cdot dt, \quad (3)$$

где v_{oc} – скорость дрейфа под действием поля у осадительного электрода;

b – ширина осадительного электрода.

За счет осаждения частиц происходит изменение среднего содержания частиц. Это изменение содержания связано с изменением массы, то есть [4]:

$$dm_x = m_{xcp} \cdot 2b \cdot h \cdot dx, \quad (4)$$

где h – расстояние между коронирующими и осадительными электродами.

Приравняв правые части (3) и (4) с учетом (2) $m_{xoc} = m_{xcp} \cdot X$ можно записать:

$$\frac{dm_{xcp}}{m_{xcp}} = - \frac{v_{oc} dt X}{h}. \quad (5)$$

И после интегрирования соотношение между средним содержанием пыли на выходе и входе электрофильтра имеет вид:

$$m_2 = m_1 e^{-\frac{v_{oc} X l}{h}}, \quad (6)$$

где t – время пребывания газа в электрофильтре, $t=l/w$ (l – длина электрофильтра, w – скорость газа).

Таким образом,

$$m_2 = m_1 e^{-\frac{v_{oc} X l}{hw}}, \quad (7)$$

или на основании определения степени очистки газа в электрофильтре:

$$\eta = 1 - e^{-\frac{v_{oc} X l}{hw}}. \quad (8)$$

Скорость дрейфа частиц v_{oc} в электрическом поле с напряженностью E_{oc} рассчитывается из баланса сил, а именно, равенства электрической силы $F_{эл} = q_{cp} E_{cp}$, действующей на частицу линейного размера a с зарядом $q_{cp} = 4\pi\epsilon_0 k_e E_{cp} a^2$ в направлении к электроду, и си-

лы $F_c = 6\pi\mu a v_{oc}$ сопротивления среды с коэффициентом динамической вязкости μ . Отсюда следует, что:

$$v_{oc} = 0,67 \frac{\epsilon_0 k_e E_{oc}^2 a}{\mu}. \quad (9)$$

Выводы. Из формулы (8) следует, что степень очистки газов растет с увеличением скорости осаждения частиц и длины электрофильтра, но уменьшается с ростом межэлектродного расстояния и скорости газа. Скорость движения частиц к осадительному электроду (9) пропорциональна размеру частиц и квадрату напряженности электрического поля. Следовательно, в первую очередь в электрофильтре осаждаются крупные частицы. Квадратичный характер зависимости скорости осаждения от напряженности свидетельствует о целесообразности работы при максимально возможном допустимым напряжении.

Исходя из этого варьируя конструктивными параметрами фильтров и скоростью потока воздуха можно добиться максимальной эффективности их работы для каждого конкретного случая.

Список использованных источников

1. Зиганшин М. Г. Проектирование аппаратов пылегазоочистки / М. Г. Зиганшин, А. А. Колесник, В. Н. Посохин. – М.: "Экопресс – 3М", 1998.
2. Осипенко В. В. Сухая очистка доменного газа – новый этап развития предприятия черной металлургии / Осипенко В. В., Осипенко В. Д., Губанов В. И. // Сталь. – 2010. - № 25. - С. 25-26.
3. Верещагин И. П. Электрофизические основы техники высоких напряжений / И. П. Верещагин, В. П. Ларионов. - М.: Энергоатомиздат, 1993.
4. Белогловский А. А. Высоковольтные электро-технологии / А. А. Белогловский, И. П. Верещагин. - М.: МЭИ, 2000.

Анотація

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ

Борохов І. В.

Проведено аналіз процесу осадження в пластинчастому електрофільтрі на прикладі макета однозонного електрофільтру і реальної промислової конструкції двухзонного малогабаритного електрофільтру.

Abstract

IMPROVE THE EFFICIENCY OF ELECTRIC FILTERS FOR AIR PURIFICATION

I. Borochov

The analysis of the deposition process in the plate on the electrostatic precipitator example layout one-zone and two-zone real industrial design compact electrostatic precipitator.