

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке
Кафедра «ОНХЗ»

Реферат

по дисциплине «Основы нефтегазового дела»
на тему «Электрическая очистка газов»

Вариант 18

Выполнил: студент группы БМЗз-19-31

Казаков Д.Ю.

Проверил: К. Н. Доцент

Лапонов С. В.

Стерлитамак 2021

Электрическая очистка - один из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли и тумана. Этот процесс основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего разряда, передаче заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах.

Загрязненные газы, поступающие в электрофильтр, всегда оказываются частично ионизованными за счет различных внешних воздействий (рентгеновских лучей, радиоактивных излучений, космических лучей, нагрева газа и др.), поэтому они способны проводить ток, попадая в пространство между двумя электродами. Величина силы тока зависит от числа ионов и напряжения между электродами. При увеличении напряжения в движение между электродами вовлекается все большее число ионов и величина тока растет до тех пор, пока в движении не окажутся все ионы, имеющиеся в газе. При этом величина силы тока становится постоянной (ток насыщения), несмотря на дальнейший рост напряжения. При некотором достаточно большом напряжении движущиеся ионы и электроны настолько ускоряются, что, сталкиваясь с молекулами газа, ионизируют их, превращая нейтральные молекулы в положительные ионы и электроны. Образовавшиеся новые ионы и электроны ускоряются электрическим полем и в свою очередь ионизируют новые молекулы газа. Этот процесс называется ударной ионизацией газа.

Ударная ионизация газа протекает устойчиво лишь в неоднородном электрическом поле, характерном для цилиндрического конденсатора (рис. 1). В зазоре между коронирующим 1 и осадительным 2 электродами создается электрическое поле убывающей напряженности с силовыми линиями 3, направленными от осадительного к коронирующему электроду или наоборот. Напряжение к электродам подается от выпрямителя 4.

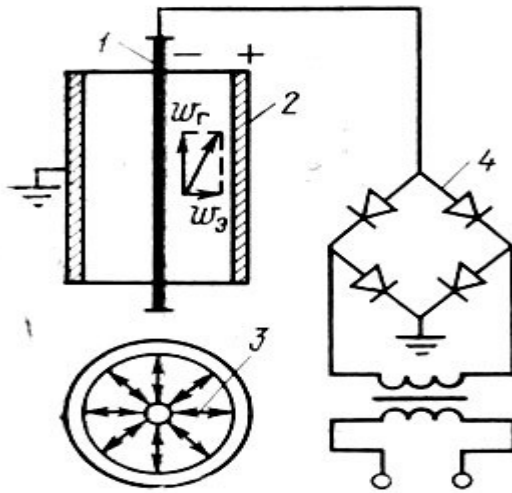


Рис. 1. Схема расположения электродов в электрофилт্রে

Изменение силы тока между электродами по мере роста напряжения показано на рис. 2. Критическое напряжение $U_{кр}$ на электродах, при котором возникает коронирующий разряд, определяется соотношением

$$U_{кр} = E_{кр} R_1 \ln R_2 / R_1,$$

где R_1 и R_2 - радиусы коронирующего и осадительного электродов соответственно, м; $E_{кр}$ - критическая напряженность электрического поля, при которой возникает корона, В/м.

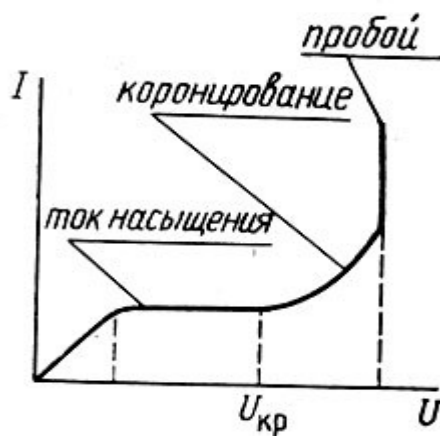


Рис. 2. Зависимость силы тока от напряжения между электродами

Величина $E_{кр}$ определяется по эмпирическим формулам Пика. Для коронирующего электрода положительной – полярности

$$E_{кр} = 3,37 (\beta + 0,0242 \sqrt{\beta/R_1}) 10^6; (7)$$

для коронирующего электрода отрицательной полярности

$$E_{кр} = 3,04 (\beta + 0,0311 \sqrt{\beta/R_1}) 10^6; (8)$$

В формулах (7) и (8) β - поправка на плоскость газов в рабочих условиях,

$$\beta = (p_{окр} \pm p_r) 293 / 1,013 \cdot 10^5 (273 + t),$$

где $p_{окр}$ - давление окружающей среды, Па; p_r - разрежение или избыточное давление в газоходе, Па; t - температура газов, °С. Формулы Пика получены для воздуха и электрода круглого сечения. Коронирующий разряд возникает обычно при высоких напряжениях, достигающих 50 кВ и более.

Аэрозольные частицы, поступающие в зону между коронирующим и осадительным электродами, адсорбируют на своей поверхности ионы, приобретая электрический заряд, и получают тем самым ускорение, направленное в сторону электрода с зарядом противоположного знака. Процесс зарядки частиц зависит от подвижности ионов, траектории движения и времени пребывания частиц в зоне коронирующего заряда. Учитывая, что в воздухе и дымовых газах подвижность отрицательных ионов выше, чем положительных, электрофилтры обычно делают с короной отрицательной полярности. Время зарядки аэрозольных частиц невелико и измеряется долями секунды. Необходимо отметить, что частицы,

поступающие в электрофильтр, обычно уже имеют небольшой заряд, полученный за счет трения о стенки трубопроводов и оборудования. Этот заряд (трибозаряд) не превышает 5% заряда, получаемого частицей при коронном разряде.

Движение заряженных частиц к осадительному электроду происходит под действием аэродинамических сил, силы взаимодействия электрического поля и заряда частицы, силы тяжести и силы давления электрического ветра.

Под действием аэродинамических сил частица движется по направлению основного потока газа со скоростью ω_r , близкой к скорости газа, которая составляет 0,5-2 м/с.

Основной силой, вызывающей движение частицы к осадительному электроду, является сила взаимодействия между электрическим полем и зарядом частицы. Расчеты скорости этого движения показывают, что ее значение зависит главным образом от размеров частиц и напряженности электрического поля E . Расчетные значения скорости приведены ниже:

Диаметр частиц, мкм	0,4	1,0	2,0	10,0	30,0
ω_s , м/с, при $E=15 \cdot 10^4$ В/м	0,012	0,013	0,015	0,075	0,15
ω_s , м/с, при $E=30 \cdot 10^4$ В/м	0,025	0,030	0,060	0,30	0,60

Силы тяжести не оказывают заметного влияния на траекторию движения частиц пыли. За время пребывания в электрофильтре (10-15 с) частицы размером 10 мкм падают всего на 3-5 см, поэтому в расчетах силы тяжести обычно не учитывают.

Электрический ветер обусловлен механическим воздействием движущихся ионов на молекулы газа и частицы пыли. Электрический ветер возникает в местах генерации ионов, т. е. у коронирующих электродов, и вызывает циркуляцию газа в межэлектродной промежутке со скоростью до 0,5-1,0 м/с. Электрический ветер оказывает влияние на движение частиц к осадительным электродам и на перемешивание ионов и взвешенных частиц в

межэлектродном пространстве. Однако из-за отсутствия методики расчета электрического ветра его влиянием на движение частиц пренебрегают.

Таким образом, отрицательно заряженные аэрозольные частицы движутся к осадительному электроду под действием аэродинамических сил и электрических сил, а положительно заряженные частицы оседают на отрицательном коронирующем электроде. Ввиду того что объем внешней зоны коронного разряда во много раз больше объема внутренней, большинство частиц пыли получает заряд отрицательного знака. Поэтому основная масса пыли осаждается на положительном осадительном электроде и лишь относительно небольшая на отрицательном коронирующем электроде. Важное значение на процесс осаждения пыли на электродах имеет электрическое сопротивление слоев пыли. По величине электрического сопротивления пыль делят на:

1) пыли с малым удельным электрическим сопротивлением ($<10^4$ Ом•см), которые при соприкосновении с электродом мгновенно теряют свой заряд и приобретают заряд, соответствующий знаку электрода, после чего между электродом и частицей возникает сила отталкивания, стремящаяся вернуть частицу в газовый поток. Противодействует этой силе только сила адгезии и, если она оказывается недостаточной, то резко снижается эффективность процесса очистки;

2) пыли с удельным электрическим сопротивлением от 10^4 до 10^{10} Ом•см хорошо осаждаются на электродах и легко удаляются с него при встряхивании;

3) пыли с удельным электрическим сопротивлением более 10^{10} Ом•см труднее всего улавливаются в электрофильтрах, так как на электродах частицы разряжаются медленно, что в значительной степени препятствует осаждению новых частиц.

В реальных условиях снижение удельного электрического сопротивления пыли можно осуществить увлажнением запыленного газа.

Теоретическое определение эффективности очистки запыленного газа в электрофильтрах обычно проводится по формуле Дейча:

$$\eta = 1 - e^{-\omega \varepsilon F_{уд}}; \quad (9)$$

где $F_{уд}$ - удельная поверхность осадительных электродов, равная отношению поверхности осадительных элементов к расходу очищаемых газов в $\text{м}^2 \cdot \text{с} / \text{м}^3$. Из формулы (9) следует, что эффективность очистки газа в электрофильтрах возрастает с ростом значения показателя степени $\omega \varepsilon F_{уд}$:

$\omega \varepsilon F_{уд}$	3,0	3,7	3,9	4,6
η	0,95	0,975	0,98	0,99

Конструкцию электрофильтров определяют условия работы: состав и свойства очищаемых газов, концентрация и свойства взвешенных частиц, параметры газового потока, требуемая эффективность очистки и т. д.

В промышленности используется несколько типовых конструкций сухих и мокрых электрофильтров [9], применяемых для очистки технологических выбросов. Сухие электрофильтры типа УГ (унифицированные горизонтальные) рекомендуется применять для тонкой очистки газов от пыли различных видов. В корпусе электрофильтра установлены три группы коронирующих и осадительных электродов. Равномерный подвод газа к электродам достигается установкой на входе в фильтр распределительной решетки. Периодическая очистка коронирующих и осадительных электродов производится встряхивающим механизмом.

Таблица 1.

Техническая характеристика	УГ	С
Допустимая входная концентрация пыли (УГ) или смолы (С) в газе, г/м ³	50	0,1
Эффективность очистки	До 0,999	До 0,99
Гидравлическое сопротивление, Па	150	200
Наибольшая температура газов, °С	250	50
Удельный расход электроэнергии на очистку 1000 м ³ /ч газа, кВт•ч	0,3	0,45
Производительность по газу, тыс. м ³ /ч	36-950	18-36

Электрофилтры используют и для тонкой очистки газа от масляных туманов, смолы и пыли в различных отраслях промышленности. На рис. 3 показана конструктивная схема мокрого электрофилтра типа С, применяемого для очистки генераторных и коксовых газов. В корпусе 3 установлены коронирующие и осадительные электроды 2, к которым подводится газ через распределительные решетки. В верхней части филтра установлены смолоулавливающие зонты 4. Уловленная на электродах смола стекает в бункер и через гидрозатвор выводится из аппарата. При загустении смолы аппарат разогревают паром. Технические характеристики электрофилтров типа С приведены в табл. 1.

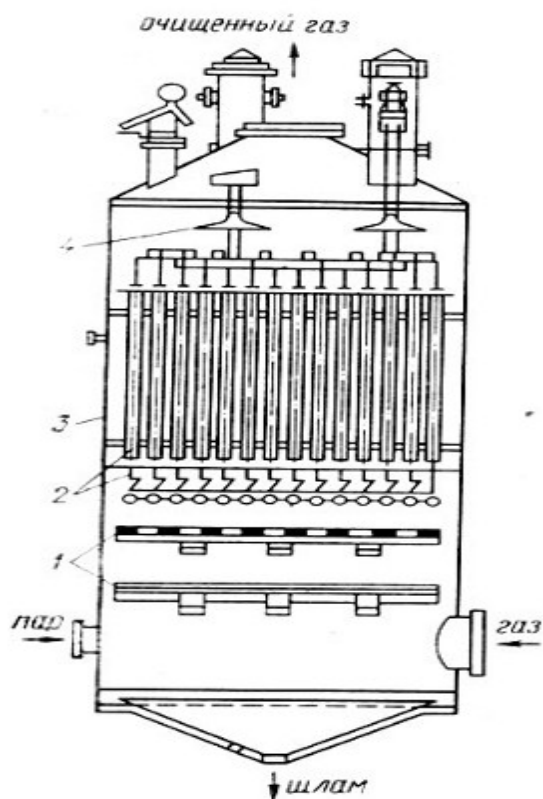


Рис. 3. Электрофилтр типа С

Для очистки вентиляционных выбросов и рециркуляционного воздуха от различных пылей, а также приточного атмосферного с малой концентрацией загрязнений применяются двухзонные электрофилтры типа

ФЭ, РИОН и др. Поток воздуха в таком фильтре проходит последовательно ионизационную зону, зону осаждения и противоуносный пористый фильтр. Накопленная пыль периодически смывается водой. Эффективность пылеулавливания до 0,95, гидравлическое сопротивление чистого фильтра 30-50 Па, производительность по воздуху 1000 м³/ч и более, входная концентрация загрязнений не более 10 мг/м³.

Принципиальная схема двухзонного электрофильтра показана на рис. 4. Загрязненный газ проходит ионизатор, в состав которого входят положительные и отрицательные 2 электрода. Ионизатор выполнен так, чтобы при скорости около 2 м/с частицы пыли успели зарядиться, но еще не осели на электроды. Зарядившиеся частицы пыли газовым потоком увлекаются в осадитель, представляющий собой систему пластин-электродов 3 и 4. Заряженные частицы оседают в поле осадителя на пластинах противоположной полярности. Выбором расстояния между пластинами (6-7) и напряжением между пластинами (7 кВ) получают напряженность 80-100 В/м, что достаточно для осаждения частиц субмикронных размеров.

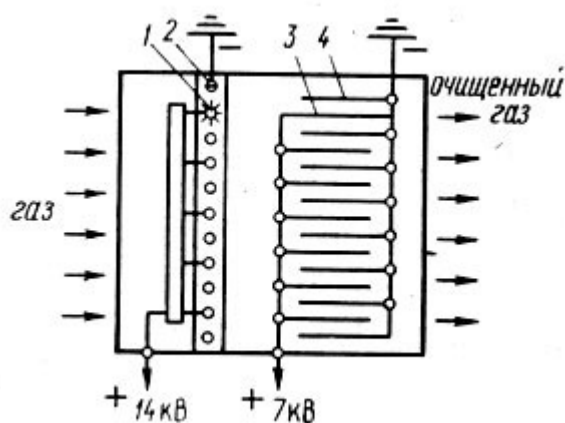


Рис. 4. Схема двухзонного электрофильтра

Для очистки вентиляционных выбросов от пыли, туманов минеральных масел, пластификаторов и т. п. в ЦНИИ промзданий разработаны электрические туманоуловители типа УПП (рис. 5). В корпусе 1 установлен

электрический туманоуловитель 2 типа ФЭ, который питается от источника 4 напряжением 13 кВ. Подвод питания к электродам производится через высоковольтные электроизоляторы с клеммами 3. Загрязненный воздух через входной патрубков, распределительную решетку 8 и сетку 7 поступает к туманоуловителю, очищается от примесей и, пройдя каплеуловитель 5, подается на выход из УПП. Жидкость, отделенная от воздуха, собирается в воронках 6, а затем сливается из УПП через гидрозатворы. Пропускная способность УПП по воздуху 5000-30000 м³/ч. УПП сочетают высокую эффективность улавливания примесей с низким гидравлическим сопротивлением и предназначены для использования в системах с температурой газов до 70-80° С.

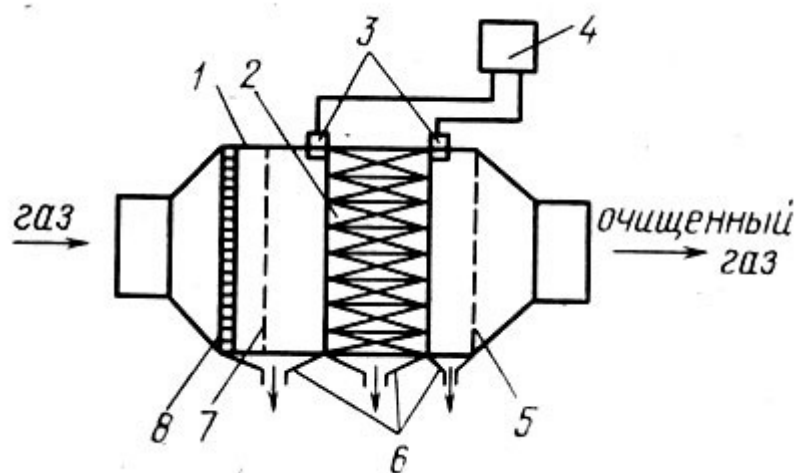


Рис. 5. Туманоуловитель УПП

Эксплуатационные характеристики электрофильтров весьма чувствительны к изменению равномерности поля скоростей на входе в фильтр. Для получения высокой эффективности очистки необходимо обеспечить равномерный подвод газа к электрофильтру как за счет правильной организации подводящего газового тракта, так и за счет применения распределительных решеток во входной части электрофильтра.

При использовании электрофильтров для очистки воздуха от аэрозолей горючих веществ необходимо, чтобы максимальная температура аэрозольной смеси была на 20-25° С ниже температуры вспышки улавливаемой жидкости, а возможная максимальная концентрация горючей жидкости в аэрозольной смеси - не менее чем на 1 порядок меньше нижнего концентрационного предела воспламенения данной смеси. Это позволяет устранять возможность воспламенения фильтрата в электроуловителе.