

Лекция №6 Методы и средства защиты атмосферы.

План лекции

1. Классификация систем и методов очистки воздуха.
2. Виды пылеуловителей. Принцип действия систем пылеулавливания.
3. Методы очистки от газообразных примесей.

1. Классификация систем и методов очистки воздуха

По агрегатному состоянию загрязнители воздуха подразделяются на:

- пыли,
- туманы,
- газопарообразные примеси.

Промышленные выбросы, содержащие взвешенные твердые или жидкие частицы, представляют собой двухфазные системы. Сплошной фазой в системе являются газы, а дисперсной – твердые частицы или капельки жидкости.

Системы очистки воздуха от пыли делятся на четыре группы:

- 1) сухие пылеуловители,
- 2) мокрые пылеуловители,
- 3) электрофильтры,
- 4) фильтры.

При повышенном содержании пыли в воздухе используют пылеуловители и электрофильтры. Фильтры применяют для тонкой очистки воздуха с концентрацией примесей менее 100 мг/м³.

Для очистки воздуха от туманов (кислот, щелочей, масел и других жидкостей) используют системы фильтров, называемых туманоуловителями.

Выбор средств защиты воздуха от газопарообразных примесей зависит от применяемого метода очистки. По характеру протекания физико-химических процессов выделяют методы:

- 1) абсорбции – промывка выбросов растворителями примеси;
- 2) хемосорбции – промывка (орошение) выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (вступающих в химическую реакцию с вредными примесями);
- 3) адсорбции – поглощение (улавливание) газообразных примесей твердым пористым поглотителем – адсорбентом.
- 4) термической нейтрализации – высокотемпературное дожигание;
- 5) каталитической нейтрализации – очищаемый газ пропускается через слой катализатора – материала, который ускоряет протекание реакций.

Выбор того или иного пылеулавливающего устройства определяется дисперсным составом улавливаемой частицы промышленной пыли. Очистку в обеспыливающих устройствах можно условно разделить на грубую – от частиц размером более 10 мкм и тонкую – менее 10 мкм.

Для грубой – применяются гравитационные и сухие пылеуловители, некоторые фильтры контактного действия.

Тонкая очистка проводится в инерционных пылеуловителях с применением воды, скрубберах Вентури, абсорберах, контактных фильтрах, электрофильтрах и др. На практике нередко применяются комбинации из нескольких методов очистки. Выбор метода обусловлен степенью запыленности газа, дисперсностью частиц и требованиями к очистке.

1. Виды пылеуловителей. Принцип действия систем пылеулавливания

Наиболее отработаны в настоящее время очистители от пыли, золы и других твердых частиц. Причем, чем мельче частицы, тем труднее обеспечивается очистка. Для частиц диаметром более 50 мкм – класс пылеуловителей – 5-й, легко обеспечивающий почти полное пылеулавливание. Для мельчайших частиц с диаметром от 2 до 0,3 мкм – нужен очиститель 1-го класса.

Все пылеуловители подразделяются на сухие и мокрые.

К **сухим** относятся – циклоны (центробежные обеспыливающие системы), фильтры и электрофильтры, которые отличаются сравнительно простым устройством. Однако для удаления мелкодисперсных и газовых примесей их применение не всегда эффективно.

Сухие пылеуловители работают на принципе отделения тяжелых частиц от газов силами инерции (при раскрутке газов или их резком повороте).

Пылеулавливающие системы, в которых твердые частицы удаляются из закрученного газового потока под действием центробежных сил, называются **циклонами**.

В общем случае частицы пыли выделяются в циклоне под действием центробежной силы в процессе вращения газового потока в корпусе аппарата: газовый поток, попадая во внутренний корпус циклона через патрубок, совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса по направлению к бункеру; под действием сил инерции частицы пыли осаждаются на стенках корпуса, а затем попадают в бункер, из которого очищенный газовый поток выходит через выходной патрубок (рисунок 3а). Обязательна герметичность бункера, в противном случае из-за подсоса воздуха осаждаемые частицы пыли попадают в выходную трубу.

Скорость газового потока в циклонах от 5 до 20 м/с. Эффективность их зависит от концентрации пыли и размеров ее частиц и резко снижается при уменьшении этих показателей.

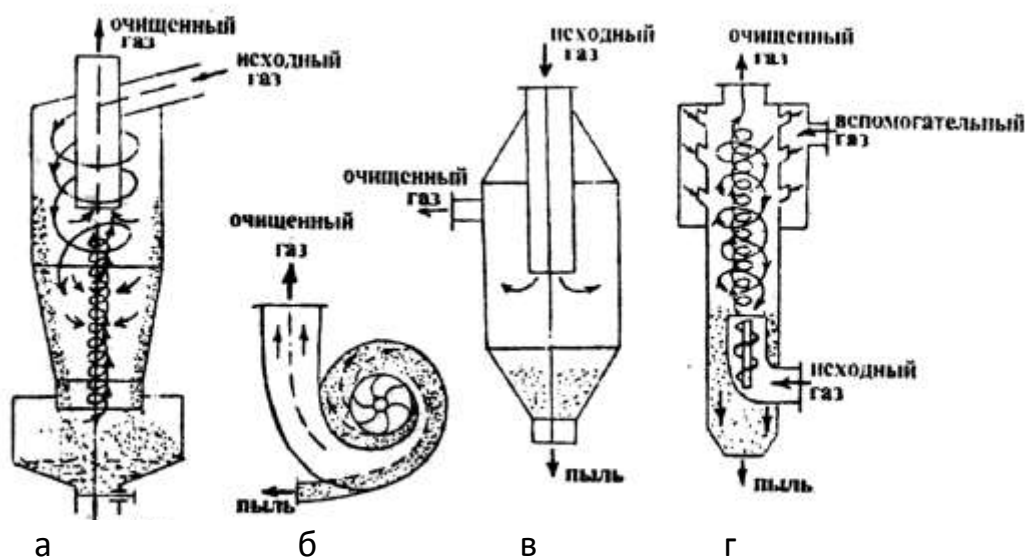


Рисунок 1 – Схемы пылеуловителей

На рисунке 1 показаны принципиальные схемы: циклон (а); ротационный пылеуловитель (б) – вход газа по оси вентилятора; радиальный (в) и вихревой (г) пылеуловитель.

Преимущество циклонов – простота конструкции, небольшие размеры, отсутствие движущихся частей. Недостатки – затраты энергии на вращение и большой абразивный износ частей аппарата пылью.

Ротационные, вихревые, радиальные пылеуловители различаются системами пылеулавливания и способами подачи воздуха, а принцип действия – тот же, что и у циклонов.

Наиболее эффективен ротационный пылеуловитель (рисунок 3б), основная часть которого – вентиляционное колесо: при работе колеса частицы пыли под действием центробежных сил отбрасываются к стенке кожуха и, оседая на стенках, попадают в пылеприемник, а чистый воздух выходит через патрубков.

Фильтры – широко используются для тонкой очистки промышленных выбросов. Работа их основана на фильтровании воздуха через пористую перегородку, на которой задерживаются частицы примесей (рисунок 4).

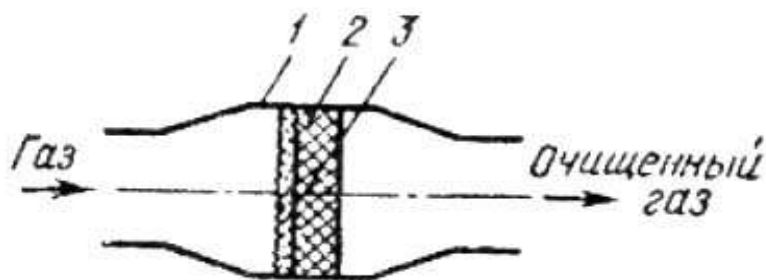
В фильтре применяются перегородки:

1) в виде зернистых слоев (гравий, песок, стекло и т.п.) – неподвижно свободно насыпанные материалы. Используются для очистки от пыли механического происхождения (дробилок, грохота, мельниц).

2) гибкие пористые (ткани, войлоки, резина, полиуретан и др.). Используются для очистки газов от примесей.

3) полужесткие пористые (вязаные сетки, стружка). Изготавливаются из сталей, меди, бронзы, никеля и других металлов, могут работать в агрессивных средах.

4) жесткие пористые (керамика, металлы). Обладают высокой прочностью, коррозионной стойкостью, жаростойкостью. Применяются для очистки горючих газов и жидкостей, выбросов дыма, туманов, кислот, масел.



1 – корпус фильтра; 2 – воздухопроницаемая перегородка;
3 – улавливаемые частицы

Рисунок 2 – Схема процесса фильтрации

В промышленности чаще всего применяются тканевые рукавные фильтры: в корпусе фильтра устанавливается необходимое число рукавов, на которые подается загрязненный воздух. Частицы загрязнений оседают на фильтре. Насыщенные загрязненными частицами рукава продувают и встряхивают для удаления осажденных частиц пыли.

Часто применяют несколько ступеней очистки пылегазовых выбросов и почти всегда одной из них является электрофильтр. **Электрофильтры** высокоэффективны для очистки от пыли и тумана. Принцип работы – осаждение ионизированных примесей на специальных электродах. Ударная ионизация газа происходит в неоднородном электрическом поле, которое создается в зазоре между коронирующим 1 и осадительным 2 электродами (рисунок 5).

Загрязненные газы, попав между электродами, способны проводить электрический ток вследствие имеющейся частичной ионизации. Все ионы оказываются вовлеченными в движение от одного электрода к другому. Аэрозольные частицы задерживают на своей поверхности заряженные ионы и осаждаются на электродах (отрицательно заряженные частицы движутся к осадительному электроду (+), а положительно заряженные оседают на коронирующем электроде).

Основная масса пыли осаждается на положительном осадительном электроде, с которого пыль легко удаляется.

Мокрые пылеуловители конструктивно подразделяются на:

- форсуночные скрубберы,
- скрубберы Вентури,
- центробежные скрубберы и др.

Скруббер – аппарат для промывки газов жидкостью в целях извлечения из газов отдельных компонентов.

Высокоэффективны для очистки от мелкодисперсной пыли (менее 1,0 мкм). Работают по принципу осаждения мельчайших частиц на поверх-

ность каплей (или пленки) жидкости под действием сил инерции и броуновского движения.

Мокрые пылеуловители применяют для тонкой очистки, что требует систем водоподготовки и шламоудаления. Кроме того, жидкость должна быть раздроблена на капли или пленки для увеличения адсорбирующей (задерживающей) поверхности. Конструктивно это достигается разными способами.

Например, на рисунке 3 показаны схемы скруббера Вентури – (а), где дробление жидкости происходит высокоскоростным потоком газа; форсуночного (б) и центробежного (в) скрубберов.

В форсуночном скруббере вода дробится центробежным или струйным распылителем (форсункой), а в центробежном – газ, как в циклоне, подается через тангенциальные (касательные к стенке) входные каналы, обеспечивающие закрутку и движение газа навстречу жидкости.

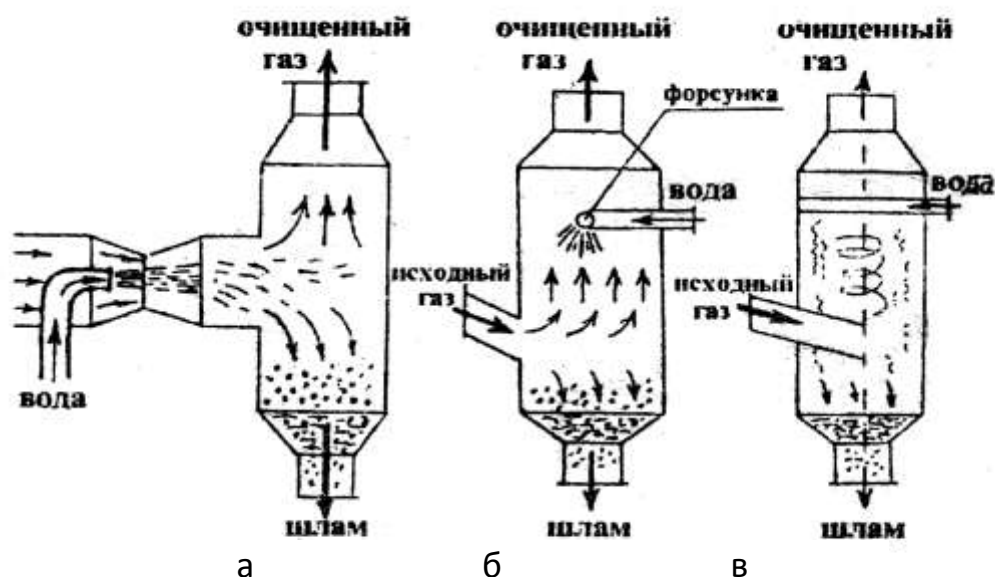


Рисунок 3 – Схемы скрубберов

Скруббер Вентури работает следующим образом.

Через патрубок газ подается в устройство, которое называется соплом Вентури. Сопло имеет конфузор (сужение), в который через форсунки подается вода на орошение. В этой части сопла скорость газа увеличивается, достигая максимума в самом узком сечении (с 10...20 до 100...150 м/с). Увеличение скорости способствует осаждению частиц пыли на каплях воды. В диффузорной части сопла Вентури скорость потока мокрых газов уменьшается до 10 ... 20 м/с. Этот поток подается в корпус, где под действием сил гравитации происходит осаждение загрязненных пылью капель. В верхнюю часть корпуса выходит очищенный газ, а в нижнюю попадает шлам.

2. Методы очистки от газообразных примесей. Газо- и пароочистители

Эти аппараты по принципу действия делятся на пять групп.

Наиболее распространены скрубберные газоочистители, которые практически не отличаются от скрубберных пылеуловителей (зачастую они выполняют двойную функцию – пыле- и газоулавливания). Работают на принципе абсорбции – поглощение веществ жидкостью.

Метод абсорбции – разделение газовой смеси на части путем поглощения газовых компонентов **жидким** поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. Методом абсорбции можно улавливать только хорошо растворимые газовые примеси и пары: абсорбент выбирают из условия растворения в нем поглощаемого газа. Например, в качестве абсорбентов применяют:

- воду – для поглощения аммиака, хлористого водорода и др.;
- вязкие масла – для хлора, сернистого ангидрида и т.п.;
- растворы извести или едкого натра – для окислов азота, хлористого водорода и др.

Установки, реализующие метод абсорбции, называются абсорберами. В **абсорберах** жидкость дробится на мелкие капли для обеспечения более высокого контакта с газовой средой.

В орошаемом скруббер – абсорбере (рисунок 4) насадка 1 размещается в плоскости вертикальной колонны 3. В качестве насадки используют кольца с перфорированными стенками, изготавливаемыми из металла, керамики, пластмассы и других материалов с коррозионной устойчивостью. Орошение колонн абсорбентом осуществляется из разбрызгивателей 2. Загрязненный газ поступает снизу и направляется вверх, подвергаясь непрерывной очистке.

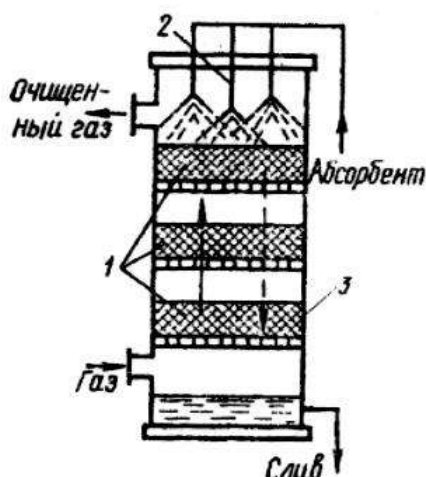


Рисунок 4– Орошаемый скруббер-абсорбер с насадкой

Скорость абсорбции зависит главным образом от температуры и давления: чем выше давление и ниже температура, тем выше скорость абсорбции.

Метод хемосорбции (основан на химической реакции) – поглощение газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием нетоксичных, малолетучих или нерастворимых химических соединений. Применяют для улавливания газовых примесей нерастворимых или плохо растворимых в воде. Например, для отделения сероводорода применяют щелочные растворы. Процесс идет в скрубберных аппаратах того же типа, что и для метода абсорбции. Очищаемый газ орошают растворами реагентов, вступающих в химическую реакцию с вредными примесями. Этот метод широко используется для улавливания диоксида серы.

Оба эти метода называют мокрыми, их эффективность зависит от очищаемого компонента и применяемого растворителя (или поглотителя). Недостаток мокрых методов – при их реализации понижается температура газов, что уменьшает эффективность методов.

Метод адсорбции – основан на способности некоторых **твердых** пористых материалов селективно (избирательно) извлекать из газовой смеси отдельные ее компоненты. В качестве адсорбентов или поглотителей применяют вещества, имеющие большую площадь поверхности на единицу массы.

Пример адсорбента – активированный уголь, у которого в 1г содержится до 1600 м² (хорошо адсорбирует сернистые соединения и др.)

Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных или горизонтальных емкостей, заполненных адсорбентом, через который проходит поток очищаемых газов. Адсорберы применяют для очистки воздуха от паров растворителей, эфира, ацетона, различных углеводов и т. п.

Метод позволяет проводить очистку вредных выбросов при повышенных температурах. Примером конструкции адсорбера являются респиратор и противогаз.

Термический (дожигание) и **каталитический** (реакция на катализаторы) методы применяют реже и лишь для небольших выбросов.

При **каталитическом методе** токсичные компоненты газовой смеси, взаимодействуя со специальным веществом – катализатором, превращаются в безвредные вещества. В качестве катализаторов используются благородные металлы или их соединения: платина, оксиды меди и марганца и др. Катализатор, выполняемый в виде шаров, колец или спиральной проволоки, играет роль ускорителя химического процесса.

Широко применяются каталитические нейтрализаторы для отработанных газов автомобилей.

Термический метод или высокотемпературное дожигание (термическая нейтрализация) применяется для утилизации горючих отходов, с трудом поддающихся другой обработке (например, сжигаются такие газы, как углеводороды, оксид углерода, выбросы лакокрасочного производства). Этот метод требует поддержания высоких температур очищаемого газа и наличия достаточного количества кислорода.

Использование рассмотренных методов и систем очистки призвано обеспечить максимальное снижение выбросов вредных веществ и теплоты в

атмосферу, возврат их в исходный технологический процесс. Для современного производства, как правило, требуется многоступенчатая очистка, особенно, если виды примесей многообразны.

Контрольные вопросы

1. Основные системы очистки воздуха от пыли.
2. Средства защиты воздуха от газопарообразных примесей.
3. Устройство и принцип действия сухих пылеуловителей.
4. Устройство и принцип действия мокрых пылеуловителей.
5. Методы очистки воздуха от газообразных примесей.
6. Аппараты для очистки воздуха от газообразных примесей.