

# 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/м<sup>3</sup>.

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.

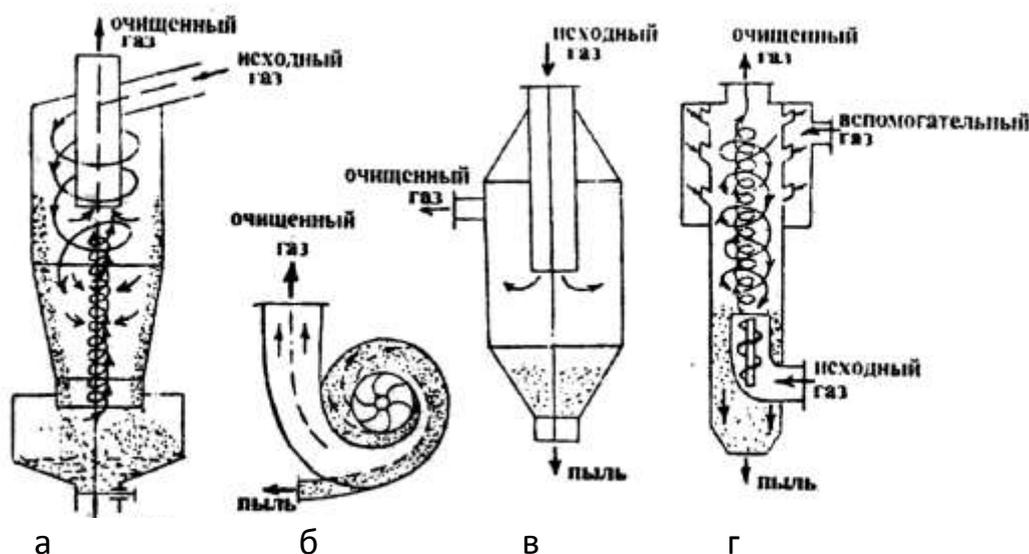


Рисунок 1 – Схемы пылеуловителей

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 патрубок.

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

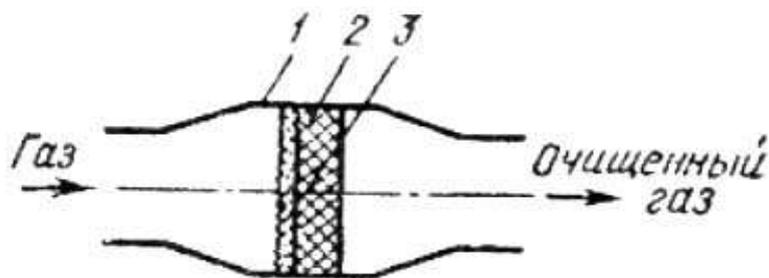
В фильтре применяются перегородки:

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 продуваются и встряхиваются 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 задерживаются 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.

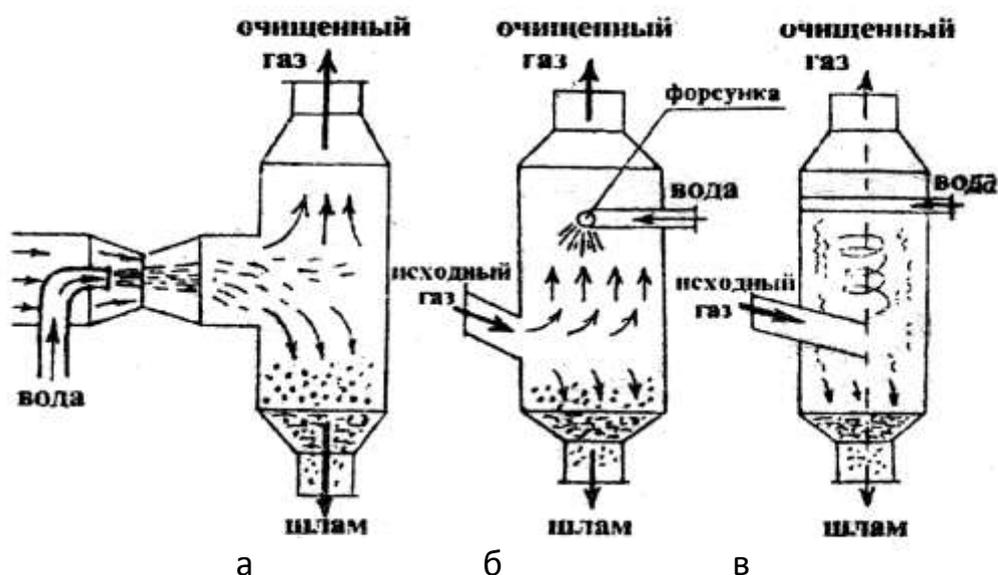


Рисунок 3 – Схемы скрубберов

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.

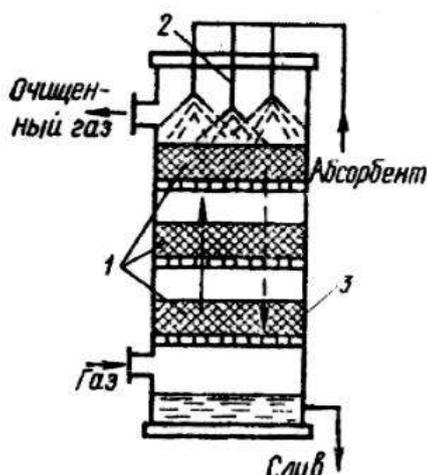


Рисунок 4– Орошаемый скруббер-абсорбер с насадкой

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 м<sup>2</sup> (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.