

# Защита атмосферы от промышленных загрязнений

Очистка отходящих газов

# Загрязнения могут поступать:

- 1. непрерывно
- 2. залпами
- 3. мгновенно

С отходящими газами в атмосферу поступают:

1. Твердые
2. Жидкие (паро и газообразные)
3. Смешанные
  - А) органические
  - Б) неорганические вещества

# Отходящие газы – двухфазные аэродисперсные системы - аэрозоли

- **Сплошная фаза – газы** (воздух)

**Дисперсная фаза –**  
твердые частицы  
или капельки  
жидкости:

Пыли – твердые  
частицы 5-50 мкм

Дымы – 0,1- 5 мкм

Туманы – капельки  
жидкости 0,3-5 мкм

# Аэрозоли делятся

## По организации контроля:

- Организованные (очищенные и неочищенные)
- Неорганизованные (неочищенные) из неплотностей, щелей

## По температуре:

- Нагретые (выше температуры окружающего воздуха)
- холодные

# Очистка -

- Отделение от газа или превращение в безвредное состояние загрязняющего вещества, поступающего от промышленного источника
- Выбор метода зависит от дисперсного состава и свойств дисперсной фазы

# Размер частиц (мкм)

- 40-1000 пылесосаодительные камеры
- 20-1000 циклоны диаметром 1-2 м
- 5-100 циклоны диаметром 1 м
- 20-100 скрубберы
- 0,9-100 тканевые фильтры
- 0,05-100 волокнистые фильтры
- 0,01- 10 электрофильтры



# 1 блок – очистка от пылей

***Выбор устройства зависит от таких свойств как:***

- Плотность частиц
- Дисперсность
- Адгезивные свойства (слипаемость)
- Абразивность
- Смачиваемость
- Электропроводность



# Для очистки используются

- Инерционные пылеуловители
- Жалюзные пылеуловители
- Циклоны (наиболее распространены)

# 1.1. Достоинства циклонов

1. Отсутствие движущихся частиц в аппарате
2. Надежность работы вплоть до 500 гр. С
3. Возможность улавливать абразивные частицы при условии внутреннего защитного покрытия циклона
4. Улавливание пыли в **сухом** виде
5. Успешная работа при высоком давлении газов
6. Простота изготовления

# недостатки

- Плохое улавливание частиц меньше 5 мкм
- Невозможность очистки от адгезивных частиц
- При увеличении потока нельзя увеличивать диаметр, надо создавать батарею циклонов

## 1.2. очистка газов на фильтрах

- Фильтрация через пористую перегородку, где пыль задерживается:
- Гибкие пористые перегородки
- Полужесткие (волокна, стружка, сетки)
- Жесткие (зернистые, пористая керамика)

# 1.3. очистка в электрофильтрах

В процессе ионизации молекул газов электрическим разрядом происходит заряд содержащихся в них частиц. Ионы абсорбируются на поверхности пылинок, а затем под действием электрического поля они перемещаются к осадительным электродам и осаждаются

# Улавливание туманов

- Туманы образуются вследствие термической конденсации паров или в результате химического взаимодействия веществ, находящихся в аэродинамической системе
- Т. образуются при производстве кислот, концентрировании кислот, солей, при испарении масел

# Улавливание туманов

- Применяют волокнистые и сетчатые фильтры
- Мокрые электрофильтры
- На поверхности волокна происходит коалесценция уловленных частиц и образование пленки жидкости, которая движется внутри слоя волокон и затем распадается на отдельные капли, которые удаляются из фильтра

# Улавливание туманов

- Высокая эффективность (в т.ч тонкодисперсные туманы)
- Надежность
- Простота монтажа и обслуживания
- Быстрое зарастание при высоких концентрациях кислот или при образовании нерастворимых солей (соли жесткости воды)
- + газы CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HF



# Любой из процессов может идти с рекуперацией

Рекуперация пылей и возможные пути  
использования

1. Использование в качестве целевых  
продуктов (пр-во сажи)
2. Возврат в производство
3. Переработка в другом производстве
4. Утилизация в строительных целях
5. Переработка с извлечением пенных  
компонентов
6. В с\х

## 2. Физико-химические

2.1. адсорбция – поглощение газа или жидкости поверхностным слоем твердого тела или жидкости

Могут использоваться для очистки газов с невысоким содержанием газообразных и парообразных примесей

Но позволяют проводить очистку при повышенных температурах

## 2.1. адсорбция

- Целевой компонент, находящийся в подвергаемой очистке газовой фазе называют **адсорбтивом**
- Его же в адсорбированном состоянии — **адсорбатом**
- Поглотитель - **сорбент**

# Сорбенты

- Пористые материалы, которые имеют большую поверхность удельную до нескольких сотен м куб./г
- Суммарный объем микропор в единице массы сорбента определяют скорость и интенсивность очистки –  
**АДСОРБЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ**
- Процесс идет с выделением тепла
- М.б. природными или синтетическими

# Поглотительная способность определяется

*Концентрацией адсорбата в  
массовой или объемной единице  
адсорбента*

ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ

- Природой поверхности
- Характером пористости
- Температурой процесса
- Свойствами адсорбтива, его концентрацией

# Сорбенты – 1. АКТИВНЫЕ УГЛИ

- ДОСТОИНСТВА
- Гидрофобность
- След. рекуперация легко
- Гранулы 1-6 мм
- Дешево
- Невысокая температура
- Стационарный слой
- Большой объем для свалки
- Пожароопасность (темп отходящих газов на газовых ТЭЦ 120-160 гр. С
- На мазутных – 200-250 гр.С

**Сорбенты – 2. силикагели**  
 **$SiO_2 \cdot nH_2O$  – гидратированные**  
**аморфные кремнеземы,**  
**превращения происходят по**  
**механизму поликонденсации**

- ДОСТОИНСТВА
- Образуют жесткий кремниево-кислородный каркас
- Мелкопрристые - для легкоконденсируемых паров и газов
- крупнопрристые - для паров органических соединений
- Дороже

# Сорбенты – 3. алюмогели $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ – получают прокаливанием $Al(OH)_3$

- ДОСТОИНСТВА
- Гранулы 3-7 мм
- для полярных органических соединений и осушки газов
- Дороже



# *4. цеолиты алюмосиликаты, содержащие оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов*

## ДОСТОИНСТВА

- Хар-ся регулярной структурой пор, размеры соизмеримы с молекулой – молекулярные сита
- Получают искусственно или добывают из природных месторождений
- для полярных органических соединений и осушки газов
- С максимальной эффективностью адсорбируют  $H_2S$ ,  $CS_2$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ , ацетиленовые у/в, этан, этилен, пропилен
- Сохраняют активность при высоких температурой
- Возможно эффективно при извлечении кислых компонентов ( $SO_2$ ,  $NO_2$ , галогенов)

# Десорбция

- необходимость периодической регенерации – цикличность процессов
- Ее возможность  
+ для метода

# 1. Термическая

А. потоком водяного пара

Б. горячего воздуха

В. инертного газа

Г. проводя нагрев через стенку

100-200 грС активных углей, силикагелей,  
алюмогелей

200-400 гр.С - цеолитов

## 2. Вытеснительная (холодная)

- Основана на различии сорбируемости вытесняемого вещества и вытесняющего (десорбента)
- Для десорбции органических веществ – CO<sub>2</sub>, аммиак, воду
- Особенно перспективно для цеолитов

### 3. Десорбция снижением давления

- Можно снизить давление
- Можно проводить адсорбцию при повышенном давлении, а потом довести до нормального
- РАЗРЕЖЕНИЕ

# 4. Вакуумная десорбция

- Высокие энергозатраты
- Необходимость обеспечения герметичности установок
- Принцип основан на разнице давления А и Д
- Основан на применении короткоциклового безнагревной Д для осушки воздуха и др. газов
- Является необходимой ступенью, предшествующей их очистке от вредных примесей

# Адсорбция NOx

- Он достаточно инертен, является несолеобразующим соединением
- Можно угли, но процесс идет с выделением тепла
- Хемосорбция исмп. разл. тверд. в-ва:
  - Улавливание смесью торфа и извести
  - Торф обработанный аммиаком, что способствует окислению нитритов до нитратов. В итоге готовое орг удобрение и Д. не нужна

# От NOx

1. Рециркуляция газов (в 2-3 раза можно сократить выброс) – газ подается в горелку в смеси со всем воздухом со скоростью равной скорости воздуха. Это хорошо при сжигании газа и мазута, для угля – меньше эффект. Используют на МоГЭС, но отключают, т.к. это снижает мощность
2. Снижение избытка воздуха во всех видах топлива. Предел применимости в появлении продуктов неполного сгорания CO+увеличение интенсивности шлакования поверхности нагрева+рост топочной коррозии



### 3. Двухступенчатое сжигание:

- Часть необходимого воздуха в топочные горелки
- Ост воздух подается через специальные сопла выше работающих горелок

При сжигании газа это снижает в 2 раза выброс, мазута – на 30-40%

В отечественной практике для мазута широко не используется

4. Рассредоточение зоны горения в объеме топки и повышение скорости охлаждения факела (больше число мелких горелок в несколько ярусов по высоте). При сжигании угля эффекта нет
5. Снижение подогрева воздуха для газа. Для мазута и угля плохо, т.к. они требуют больше тепла
6. Уменьшение нагрузки котлоагрегата – чрезвычайная мера в тяжелых метеоусловиях. При снижении нагрузки на 25% на газе выброс NOx снижается на 50%, на мазуте и угле на 20-30%

7. Рациональная организация факельного процесса горения для угля – эффект двухступенчатого горения в факеле, газы рециркуляции вводятся в рассечку между двумя потоками воздуха. Для мазута эффект в 2-3 раза, Для угля – 2 р.
8. Химические методы – присадки, которые приводят к разложению. Промышленные установки для очистки дымовых газов от NOx пока нигде в мире не применяются

# Адсорбция SO<sub>2</sub>

- Почти невозможна, поэтому твердые хемосорбенты вводятся в пылевидной форме в топку или газоходы ТЭЦ (известняк, доломит) **ПОЭТОМУ:**
- Проще всего их удалять на НПЗ и использовать малосернистые мазуты
- Газификация сернистого мазута – предотвращение загрязнения
- Мокрая очистка (известковое молоко)
- Сухой известковый способ – пропустить через Ca SO<sub>3</sub> (30% эффективность очистки)
- Можно доломит, сланцы (50-60% эффективность очистки)

# Адсорбция паров летучих растворителей

- Их рекуперация имеет как экол. Так и экономическое значение, т.к. потери с выбросами сост. 600-800 тыс. т /год
- Активные угли, т.к. гидрофобны
- Главное – непрерывность, поэтому мин. 2 рекуперационные колонны (обычно 3-6)
- В мировой практике 2 направления совершенствования:
  - - аппаратное оформление рекуперационных установок
  - - углеродные поглотители паров летучих растворителей

## 2.2. конденсация

- Хорошо подходит для летучих растворителей
- Смесь паров растворителей с воздухом предварительно охлаждают в теплообменнике, а затем конденсируют
- Простота аппаратного оформления
- Но – содержание паров растворителей в этих смесях превышает порог их взрываемости
- +высокие расходы холодильного агрегата и электроэнергии
- +низкий % конденсации паров (выход) растворителей (обычно 70-90%)
- Метод может быть рентабельным при концентрации растворителей более 100 г/куб. м

## 2.3. компримирование

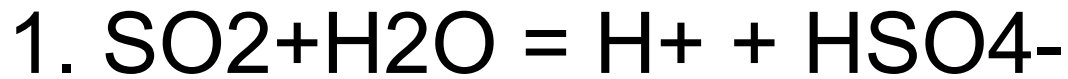
- Тоже, что конденсация, но применительно к парам растворителей, находящихся под повышенным давлением.
- Более сложен в аппаратном оформлении, т.к. необходим компримирующий агрегат
- + все те же недостатки, которые свойственны методу конденсации

# 3. Химические методы

- 3.1. АБСОРБЦИЯ – в широком смысле поглощение одного вещества всем объемом другого вещества.
- А – жидкостью газа называется экстракцией



# В качестве абсорбента м.б. вода



2. Абсорбция сероводорода фосфатным методом раствором 40-50% фосфата калия  $\text{K}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{KHS} + \text{K}_2\text{HPO}_4$

3. От  $\text{NO}_x$ :

- Водой
- Перекисью водорода
- Растворами щелочей и солей

# В качестве абсорбента м.б. вода

4. От фторсодержащих примесей водой  
 $\text{H}_2\text{O} + 2\text{F} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HF}_2^-$

5. От хлора растворами щелочей, в результате образуются соли.

# 3. Химические

3.2. каталитические методы основаны на химических превращениях токсичных компонентов в нетоксичные на поверхности катализаторов.

Очистке подвергаются газы, не содержащие пыли и каталитических ядов.

Чистят от  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , углерода, орг. примесей

## 4. Термические методы

- От легко окисляемых, токсичных и дурно пахнущих примесей
- Основан на сжиганием горючих примесей в топках печей или факельных горелках
- **Состав отходящих газов сложен и нужны многоступенчатые системы очистки**

### Преимущества

- простота аппаратного оформления
- универсальность использования

### Недостатки

- доп. расход топлива
- необх доп адсорбции