

ZAGADNIENIA Z OCHRONY ŚRODOWISKA.

Wprowadzenie.

Zarys historyczny i definicja przedmiotu.

Aktualny stan zanieczyszczeń powietrza w kraju.

Powietrze.

Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w atmosferze.

Wybrane metody redukcji zanieczyszczenia powietrza i gazów odlotowych:

- odpylanie (usuwanie cząstek stałych)
- usuwanie: SO₂, H₂S, NO_x i węglowodorów

Podstawy prawne ochrony powietrza atmosferycznego.

Woda.

Stan środowiska wodnego i jego ochrona.

Wybrane metody uzdatniania wody i oczyszczania ścieków:

- biologiczne
- fizykochemiczne

Samooczyszczanie wód powierzchniowych.

Gleba.

Gleba i jej ochrona.

Źródła i rodzaje zanieczyszczeń.

Klasyfikacja i charakterystyka odpadów oraz ich źródła.

Wybrane metody utylizacji przemysłowej.

Wpływ chemizacji na jakość gleb.

Rekultywacja gleb.

Podstawy prawne ochrony gleb.

ZAGADNIENIA Z BEZPIECZEŃSTWA PRACY.

Prawo z zakresu przeciwdziałania zagrożeniom w przemyśle ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu chemicznego oraz obiektów związanych z ochroną środowiska takich jak:

- oczyszczalnie ścieków
- składowiska odpadów
- spalarnie

oraz omówienie zagrożeń zwyczajnych i nadzwyczajnych.

Warunki powstawania zagrożeń chemicznych (amoniak tworzy mieszaniny wybuchowe z powietrzem w przedziale zawartości 16-27% amoniaku w mieszaninie, metan tworzy mieszaniny wybuchowe z powietrzem w zakresie 5-14%).

Rodzaje, typy i identyfikacja zagrożeń chemicznych.

Obowiązki jednostek gospodarczych w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz nadzwyczajne zagrożenia środowiska.

Środki ochrony indywidualnej i zbiorowej.

Charakterystyka, analiza i ocena ryzyka w procesach przemysłowych ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu chemicznego.

Bezpieczeństwo o przemyśle chemicznym.

Paszporty bezpieczeństwa instalacji, niebezpieczne materiały przemysłu chemicznego:

- klasyfikacja i transport
- karty charakterystyki

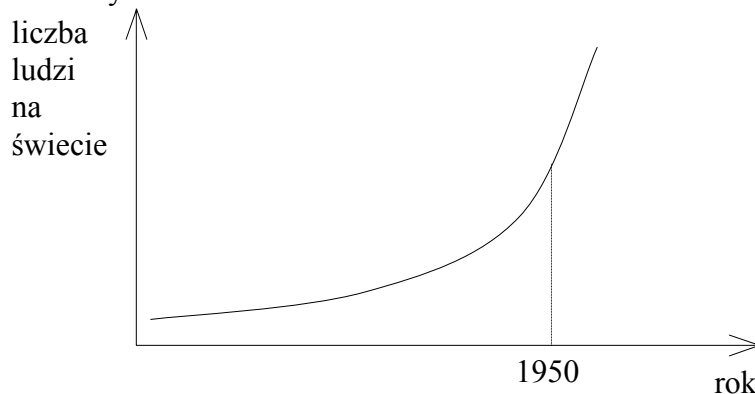
Elementy toksykologii przemysłowej.

Zapobieganie zatruciom i pierwsza pomoc.

Ocena zagrożenia i pożarowego materiałów niebezpiecznych.

WPROWADZENIE.

Do lat 50 uważano, że zanieczyszczenia wody i gleb mają wyłącznie charakter lokalny i tymczasowy.



Wraz ze gwałtownym wzrostem liczby ludzi na świecie rośnie liczba odpadów, nagromadzenie odpadów w środowisku naturalnym powoduje, że „stają się widoczne”. Emisja odpadów do środowiska powyżej pewnej ilości powoduje ich gromadzenie się w środowisku. Np. rzeka I klasy czystości po przepłynięciu przez miasto staje się rzeką niższej klasy czystości, jednak w dalszym jej biegu może następuje samo oczyszczenie w wyniku utleniania ścieków, rzeka znów staje się rzeką I klasy. W wyniku zbyt dużej ilości odprowadzanych ścieków procesy utleniania ustają (zużycie tlenu), następują procesy redukcji (gnicie, fermentacja), rzeka nie jest w stanie się oczyścić.

Pierwsza katastrofa ekologiczna ma miejsce w 1930 roku. Jednak opinia publiczna zaczyna interesować się tematem ochrony środowiska dopiero po dwóch wielkich katastrofach: smog londyński (4000 ofiar; smog ten to aerozol kwasu siarkowego w powietrzu i zawiesina pyłu węglowego, kwas siarkowy powstaje w powietrzu wyniku katalitycznego utleniania SO_2 do SO_3 , przy czym katalizatorem są cząstki pyłu zawieszony w powietrzu zawierające metale ciężkie), drugą katastrofą był wyciek ropy z tankowca Torrey Cañyoi, na kanale La Manche w 1967 roku.

- 1968 roku na forum ONZ poruszono po raz pierwszy problem ekologii.
- 26.V.1969 publikacja pierwszego raportu ONZ, autorem jest U.Thai: „Człowiek i jego środowisko”, po raz pierwszy postawiono sprawę ochrony środowiska na najwyższym szczeblu areny międzynarodowej
- 7.IV.19?? przełomowy akt prawny Ruchu Ochrony Przyrody (ustawa o ochronie przyrody)
- 1970 r. powstaje Polski Komitet Ochrony Środowiska Człowieka
- 1972 r. powstaje urząd Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska
- 1973 r. program ochrony środowiska do roku 1990
- 1974 r. prawo wodne
- 1975 r. zastąpienie poprzedniego urzędu, urzędem Ministra Ochrony Środowiska

Pojęcie **środowiska naturalnego człowieka** po raz pierwszy pojawiło się w polskich publikacjach naukowych w latach 60. Początkowo pojęcie to było niemal równoznaczne z pojęciem środowiska geograficznego.

Biosfera to strefa Ziemi Gdzie rozwija się życie: stosunkowo cienka warstwa powierzchni Ziemi, powietrza i wód, w której koncentruje się życie organizmów.

Goethel w 1965 roku wprowadza pojęcie **sozologii** (sozo = ochraniać), rozwija koncepcję odrębnej nauki.

Sozologia dzisiaj to nauka o ochronie przyrody i przyrodniczych zasadach kształtowania środowiska życia człowieka. We współczesnym pojęciu ochrony środowiska chodzi o badanie i eliminowanie zagrożeń naturalnego środowiska bytu człowieka.

Ochrona środowiska to działania mające na celu ochronę wszystkich elementów otoczenia przed niekorzystnym działaniem człowieka, oraz zachowanie naturalnego charakteru pewnych obiektów przyrody. Ponadto zadaniem tej działalności jest racjonalne, zgodne z prawami przyrody i rozwoju człowieka, kształtowanie środowiska życia człowieka współczesnego tak, aby elementy przyrody łączyły się harmonijnie z elementami techniki i cywilizacji, dając człowiekowi optymalne warunki rozwoju fizycznego i psychicznego.

ZANIECZYSZCZENIA.

Większość zanieczyszczeń środowiska to związki chemiczne (skatalogowano ponad 5mln związków chemicznych, każdego roku odkrywamy 70[tyś] nowych).

Człowiek wdycha ok. 9[kg] powietrza dziennie, dlatego nawet niewielkie zanieczyszczenia powietrza mogą wywoływać zatrucia. Cząsteczki pyłów osadzają się trwale na pęcherzykach płucnych i absorbują związki chemiczne np. rakotwórczy benzopiren (powstaje z niecałkowitego spalania paliw płynnych).

Pod wpływem emisji różnych substancji do atmosfery atmosfera zmienia swój skład. Może to następować w stopniu większym niż by się od razu wydawało, ze względu na możliwość chemicznego oddziaływania emitowanych substancji z atmosferą.

Mówiąc o zorganizowanym oczyszczaniu powietrza mamy na myśli zorganizowane odprowadzanie powietrza ze źródła zanieczyszczeń. Oczyszczanie powietrza jest w zasadzie oczyszczaniem gazów odlotowych, czyli ochroną atmosfery.

Emisja nie oczyszczonych gazów odlotowych to nie tylko zanieczyszczenia lecz również straty:

- materiałowe
- pośrednie
- bezpośrednie

Materiałowe - emitowane: pary, gazy, pyły to straty w produktach. Posiadają wartość użytkową, są to pośrednie surowce (trzeba je poddać utylizacji), do ponownego wykorzystania lub użycia w innych procesach produkcyjnych. Np. straty z wielkich pieców hutniczych to straty 140mln[PLN/rok].

Pośrednie - rozpraszanie i absorpcja światła słonecznego, zwiększenie częstotliwości występowania mgieł, pochłanianie i rozpraszanie UV (1% promieniowania słonecznego), zmiany wód i gleb mają znaczenie biologiczne. Częstotliwość występowania mgieł w ośrodkach przemysłowych jest 3 razy większa niż na terenach niezanieczyszczonych.

Bezpośrednie - szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczeń na organizmy żywe: ludzie, zwierzęta, rośliny. Choroby: krzywica, bronchity, choroby oczu i płuc, astmy uczuleniowe. Niszczenie maszyn.

Usuwanie zanieczyszczeń.

Głównymi źródłami zanieczyszczeń są przemysł i energetyka (bazuje na spalaniu paliw stałych; węgiel brunatny)

W ciągu technologicznym najpierw stosujemy aparaty, które mogą pochłonąć bardzo duże ilości zanieczyszczeń ale z małą wydajnością (tylko największe cząstki). Po wstępnym odpyleniu stosujemy aparaty o większej skuteczności, które jednak mogą pochłonąć małe ilości zanieczyszczeń.

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego.

Jest to obecność w dolnej warstwie atmosfery stałych ciekłych i gazowych w ilościach i rodzaju przekraczających dopuszczalne stężenia, w ilościach nie tylko uciążliwych dla człowieka lub wywierających wpływ na jego zdrowie, ale też szkodliwych dla zwierząt, roślin, nie korzystnych dla gleby i wody.

Zanieczyszczenie (w inżynierii ochrony środowiska) to składniki obce, obecne w jakiejś części ekosystemu, które do niego nie należą i zniekształcają jego cechy i właściwości.

Źródła zanieczyszczeń.

Ustalenie klasyfikacji i definicji podziałów zanieczyszczeń jest kwestią umów.

Podział zanieczyszczeń według elementów, którym zagrażają:

- atmosfera
- woda
- powietrze
- ziemia

Podział zanieczyszczeń według ich źródeł i pochodzenia:

- naturalne
- sztuczne

Zanieczyszczenia naturalne wynikają z procesów zachodzących w przyrodzie (człowiek nie ma na nie wpływu: pożary lasów i stepów (ogromne ilości dymów i popiołów), (Polska, 1992, spłonęło ponad 9tyś hektarów lasów), czynne wulkany (popioły, dymy, toksyczne gazy (SO₂, Cl₂, F₂, H₂, N₂, H₂O, pary siarki), wyładowania atmosferyczne (O₃, NO_x), huragany, powodzie, burze piaskowe i pyłowe, cyklony, procesy erozji gleb. Zanieczyszczenia te mają na ogół charakter sporadyczny i nie stwarzają większych zagrożeń życia na ziemi.

Zanieczyszczenia sztuczne są powodowane przez człowieka, są od niego zależne. Należą do nich zanieczyszczenia emitowane przez przemysł i energetykę, transport (komunikację), zanieczyszczenia komunalne i rolnicze (powstające w wyniku intensywnej uprawy roli i hodowli zwierząt). Z tych czterech dziedzin gospodarki pochodzi większość zanieczyszczeń emitowanych do środowiska.

Podział zanieczyszczeń według stref zasięgu:

- lokalne
- regionalne
- globalne

Podstawowe źródła zanieczyszczeń mają charakter ściśle lokalny. Koncentrują się w miastach i ośrodkach przemysłowych.

Do najważniejszych zanieczyszczeń należą:

- w krajach o wysokim stopniu rozwoju motoryzacji: pojazdy mechaniczno-spalinowe (60% wszystkich zanieczyszczeń), następnie: przemysł, elektrownie ciepłownicze, lokalne narzędzia grzewcze (np. domki jednorodzinne)
- w krajach o niskim stopniu rozwoju motoryzacji: przemysł, energetyka, elektrownie ciepłownicze (60% wszystkich zanieczyszczeń), potem urządzenia grzewcze i pojazdy mechaniczno-spalinowe.

Główne obszary zanieczyszczeń poszczególnych krajów pokrywają się z istniejącymi okręgami przemysłowymi, wielkimi okręgami miejskimi oraz ich najbliższym otoczeniem. Na świecie jest około 100 miast z ludnością liczącą ponad milion każde, oraz 100 silnie skoncentrowanych

okręgów przemysłowych (wysoko rozwiniętych), np.: Zagłębie Donieckie i Kuźnieckie, Środkowo Uralskie w Rosji, Zagłębie Ruhry, Dolina Mosy (1930r. pierwsza katastrofa ekologiczna) i Sambry, Okręg Ostrawsko-Czerwiński w Czechach (niekorzystna róża wiatrów powoduje, że dużo zanieczyszczeń z tego okręgu przenosi się do Polski), Górnośląski Okręg Przemysłowy, północno-wschodnie wybrzeże Japonii, Stany Zjednoczone ($\frac{1}{3}, \frac{1}{4}$ wszystkich zanieczyszczeń powietrza). Do szczególnie zanieczyszczonych miast należą: Detroit, Chikago, Nowy Orlean, San Francisco, N.Y.C.. Miasta te są jak pasmo sztucznych wulkanów wyrzucających każdego dnia 70milionów ton pyłów i gazów. Każdego roku do atmosfery emitowane jest ponad 24miliardy ton pyłów i gazów z czego około 25[%] pochodzi z USA.

SPOSOBY REDUKCJI ZANIECZYSZCZEŃ GAZÓW ODLOTOWYCH.

Stosuje się następujące procesy oczyszczania:

- odpylanie
- absorpcja i adsorpcja
- katalityczne utlenianie i redukcja

Konieczność stosowania urządzeń do oczyszczania gazów odlotowych wynika z:

- z potrzeby ochrony atmosfery przed zanieczyszczeniami
- chęci odzyskania substancji

Obecny stopień zanieczyszczenia środowiska skłania do zmian w procesach technologicznych i tworzenia technologii bezodpadowych (nic nie jest emitowane do atmosfery) oraz technologii półodpadowych (emisja zanieczyszczeń nie przekraczająca norm). Hermetyzacja, automatyzacja i robotyzacja zapobiega bezpośredniemu kontaktowi człowieka z zanieczyszczeniami.

Podstawowe wielkości charakteryzujące urządzenia oczyszczające:

Skuteczność oczyszczania

$$\eta = \frac{m_0}{m_z}$$

m_0 - masa zanieczyszczeń wprowadzanych w gazie do urządzenia oczyszczającego

m_z - masa zanieczyszczeń zatrzymanych w urządzeniu oczyszczającym

Opory przepływu: całkowita strata ciśnienia przy przepływie oczyszczanego gazu przez urządzenie [Pa]

Wskaźniki eksploatacyjne:

- wskaźnik zapotrzebowania mocy [kW/(1000 norm.m³/h oczyszczanego gazu)]
- wskaźnik zapotrzebowania energii [kWh/1000 norm.m³ oczyszczanego gazu]
- wskaźnik zużycia środka oczyszczającego i czynników energetycznych (woda, sorbenty, para do absorpcji) [kg/1000 norm.m³ oczyszczanego gazu]
- koszty oczyszczania (inwestycyjne + eksploatacyjne), częste kryterium wyboru danej metody oczyszczania [PLN/1000 norm.m³ oczyszczanego gazu]

Urządzenia odpylające.

Podział urządzeń odpylających

- odpylacze suche
- odpylacze mokre

Podział urządzeń odpylających ze względu na zachodzące zjawiska:

- grawitacyjne
- bezwładnościowe
- odśrodkowe

- elektrostatyczne
- filtracyjne

Komory osadnicze.



Służą do wstępnego oczyszczania, są najprostszym rodzajem odpylaczy. Do oddzielania cząstek zanieczyszczeń wykorzystują grawitację. Warunkiem oddzielenia w komorze wszystkich ziaren o prędkości opadania μ w oczyszczanym gazie większej od prędkości μ_{gr} opadania ziaren o granicznych wymiarach, jest takie dobranie prędkości gazu v_g , długości komory l oraz wysokości, żeby był spełniony warunek:

$$\mu_{gr} \geq \frac{h \cdot v_g}{l}$$

Warunkiem dobrego odpylania jest laminarny przepływ gazu przez komorę, dlatego v_g musi być mniejsze niż 0,5[m/s], wyjątkowo maksymalnie 1-2[m/s]. Komory osadnicze działają tylko skutecznie wówczas gdy prędkość opadania ziaren jest większa niż 0,5[m/s] (powyżej 100[μm]). Urządzenia te służą do wstępnego oczyszczania gazu: z ziaren o prędkości opadania powyżej 0,5[m/s] (prędkość przepływu gazu poniżej 0,5[m/s]). Stosuje się je w wieloetapowych układach odpylania gazu, np.: w metalurgii żelaza, metali kolorowych, cementowniach, zakładach przeróbki surowców mineralnych. Ich zaletami są: niskie koszty wykonania, małe opory przepływu (20-50[Pa]), niewielkie zapotrzebowanie mocy (0,05-0,3[kW/(norm.m³·s)]), możliwość odpylania gazów gorących bez ich ochładzania. Do ich wad należą: niski stopień skuteczności odpylania, brak w kraju stałego producenta.

Cyklony.



Urządzenia te są najbardziej rozpowszechnionym rodzajem odpylaczy. Wykorzystują działanie siły odśrodkowej. Cząstki są oddzielane od gazu w wyniku jego wirowania. Podczas ruchu wirowego siła odśrodkowa powodując przemieszczanie cząstki ku ściankom. Po zetknięciu ze ściankami cząstki opadają na dół do zbiornika. Wielkość ziaren oddzielanych zależy od parametrów konstrukcyjnych cyklonu i własności odpylanego gazu.

$$d_{\min} = 3 \cdot \sqrt{\frac{L \cdot \mu}{n^2 \cdot (r_1 + r_2)^2 \cdot \Pi^3 \cdot h_c \cdot \rho}}$$

d_{\min} - średnica zastępcza minimalnego ziarna
 L - natężenie przepływu gazu w cyklonie [m^3/s]
 n - częstotliwość obrotów gazu w cyklonie
 r_1 - promień rury wewnętrznej
 r_2 - promień części cylindrycznej cyklonu
 h_c - wysokość części cylindrycznej
 μ - lepkość dynamiczna gazu [kg/s]
 ρ - gęstość pyłu

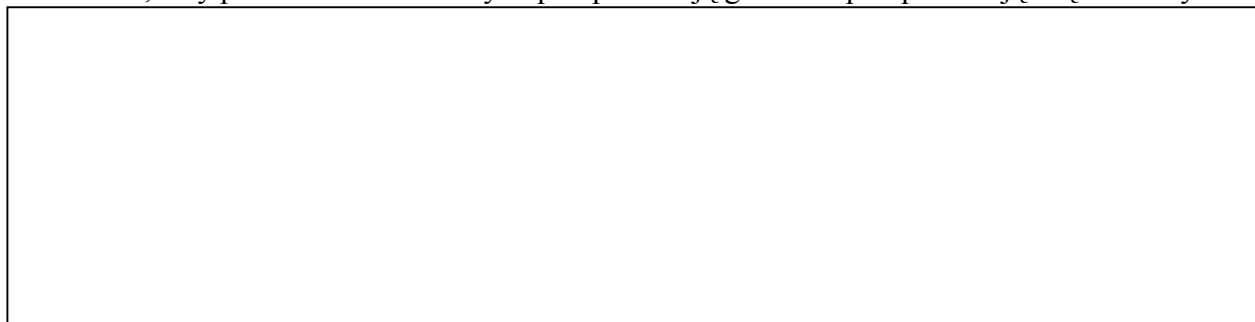
Ziarno graniczne to ziarno, które jest odpylane w 50%. Ze wzoru wynika, że do odpylania małych ziaren potrzeba małych cyklonów. Stosowane prędkości wlotowe są w granicach 14-20[m/s]. Cyklony mogą działać pojedynczo lub mogą być łączone w baterie. Baterie cyklonów i multicyklony stosuje się w celu podniesienia skuteczności odpylania (zwłaszcza w zakresie ziaren małych i średnich), przy jednoczesnym oczyszczaniu znacznych ilości gazu. Baterie cyklonów pracują w układzie równoległym przy natężeniach przepływu 50-100tyś[m^3/h] i średnicach od 250[mm] do 3000[mm]. Baterie cyklonów złożone są z: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16 cyklonów. Są stosowane dla wydajności od 4000[m^3/h] dla 2 cyklonów do 165000[m^3/h] dla 16 cyklonów. Ich opory przepływu zmieniają się w zakresie 300-1300[Pa]. Multicyklony to równoległe połączenie kilkudziesięciu cyklonów o małych średnicach, umieszczonych we wspólnej komorze. Ilość cyklonów w jednej komorze wynosi 16-240 sztuk. W multicyklonach wykorzystuje się zjawisko zwiększania skuteczności odpylania przy zmniejszaniu się średnicy aparatu. Cyklony stosowane są w układach jedno- lub wielostopniowego odpylania. Można w nich skutecznie oddzielać ziarna o wielkości powyżej 20[μm]. Skuteczność odpylania multicyklonów dochodzi do 99,5%.

Skuteczność odpylania cyklonów dla baterii 4 cyklonów o średnicy 4x920[mm]	
klasa ziarna [μm]	skuteczność [%]
0-10	22
10-20	50
20-30	92,5
30-40	98,5
40-60	99
60-100	99,5

Aktualnie dąży się do maksymalnego przeniesienia średnicy granicznej pyłów w kierunku frakcji najdrobniejszej. Współczesne sprawne cyklony mają d_{\min} rzędu kilku [μm]. Do zalet cyklonów należą: prosta budowa, niewielkie gabaryty, niskie koszty inwestycyjne, w Polsce budowane są pojedyncze cyklony oraz ich baterie. Do wad cyklonów należą: stosunkowo szybkie zużywanie się w wyniku korozji (bombardowanie ścianek przez cząstki), niska skuteczność poniżej 20-10[μm].

Odpylanie filtracyjne (tkaninowe).

Metoda ta jest stosowana od ponad 100 lat i należy do metod najbardziej skutecznych. Działanie filtrów polega na oddzielaniu pyłu przy przepływie gazu przez materiały porowate jak: kształtki ceramiczne, rury porolitowe. Materiały te przepuszczają gaz a nie przepuszczają cząstek stałych.



Oprócz kształtek ceramicznych stosuje się również tkaniny: filce, tkaniny (stylon, orlen, nylon), bibuły, tkaniny szklane. Filtry tkaninowe należą do najdroższych ponieważ wymagają dużych powierzchni (duże wymiary aparatów), małych prędkości przepływu (0,8-8)[cm/s]. Obciążenie tych aparatów wynosi 30-300[norm. m³ zapyłonego gazu/h·m² powierzchni tkaniny]. Filtry te posiadają bardzo dużą skuteczność odpylania, z tego względu są budowane na końcu ciągów technologicznych. Ich skuteczność wynosi 99,9[%] (dla cząstek 0,1[μm]). Opory przepływu tkani są duże 200-1500[Pa] (w zależności od gęstości upakowania tkaniny oraz jej rodzaju). W przemyśle chemicznym są stosowane do oczyszczania gazów pochodzących z wapienników. Zaletą filtrów tkaninowych jest ich duża skuteczność. Do ich wad należy duża powierzchnia a przez to rozmiar aparatów (duże koszty). Ich domowym odpowiednikiem są odkurzacze.

Odpylacze elektrostatyczne.

Należą do grupy odpylaczy suchych. Są one powszechnie stosowane do odpylania gazów z kotłów energetycznych. Odpylają ogromne ilości pyłów, od 500tyś do 3mln [norm.m³gazu/h]. Mają bardzo wysoką skuteczność.



Elektrody zbiorcze są wprawiane w drgania, co powoduje odpadanie od nich oddzielonego pyłu. Elektrofiltry wykorzystują oddziaływanie pola elektrostatycznego na cząstki ciał stałych (ziarna pyłu) i cieczy (krople mgły) zawieszona w gazie. Do elektrod jest przyłożone napięcie 30-100[kV]. Elektrody ujemne zwane są emitującymi. Elektrody dodatnie to elektrody zbiorcze. Elektrody podłączone są do zespołu zasilającego, który składa się z transformatora wysokiego napięcia oraz prostownika. Elektrody są rozmieszczone w ten sposób aby powstające pole elektryczne było możliwie niejednorodne. Elektrody ujemne (emisyjne = wlotowe) są w postaci cienkich prętów. Elektrody dodatnie (zbiorcze = osadcze) stanowią uziemione płyty. Najpowszechniej stosowanym układem jest szereg, jednakowo oddalonych od siebie, równoległych płyt między, którymi

umieszczone są rzędy cienkich prętów. Przyłożenie wysokiego napięcia do elektrod powoduje emisję elektronów, które poruszają się w kierunku elektrod zbiorczych. Ich ruch powoduje wybijanie elektronów z cząsteczek gazu (ujemna jonizacja gazu). Zachodzącym wyładowaniom koronowym towarzyszą efekty świetlne (jonizacja gazu ma miejsce właśnie poza sferą wyładowań komorowych). Zjonizowane cząsteczki gazu przekazują ładunek ziarnom pyłu, które w ten sposób są przyciągane do elektrod zbiorczych. Cząsteczki osadzają się na elektrodach i ulegają rozładowaniu. W wyniku wytrząsania elektrod zbiorczych pył gromadzi się na dnie zbiornika. Odpylony gaz odpływa przewodem w górnej części aparatu. Skuteczność działania filtrów zależy od: natężenia pola elektrostatycznego, napięcia międzyelektrodowego, napięcia między elektrodami, wymiarów elektrod, właściwości fizykochemicznych pyłu i transportującego go gazu (optymalna wartość oporności właściwej pyłu wynosi 10^{10} - 10^{11} [$\Omega \cdot \text{cm}$]), od wielkości ziaren, składu chemicznego ziaren, od temperatury i wilgotności gazu. Elektrofiltry charakteryzują się niewielkimi oporami przepływu 30-150[Pa] i stosunkowo niewielkim zużyciem energii elektrycznej 0,05-0,3[kWh/1000m³ gazu oczyszczanego], wysoką skutecznością odpylania 99[%] (cząstki 0,1[μm]), dużą wydajnością 500tyś-3mln[norm.m³gazu/h]. Filtry te wykorzystywane są głównie do odpylania spalin pochodzących z energetycznych kotłów pyłowych i fluidalnych w cementowniach, procesach metalurgii żelaza i metali kolorowych, w przemyśle chemicznym (produkcja H₂SO₄ metodą kontaktową). Zaletami elektrofiltrów są: wysoka skuteczność nawet dla pyłów o rozdrobnieniu koloidalnym, możliwość odpylania gazów gorących (do 450[°C]), niewielkie opory przepływu (do 200[Pa]), niskie zapotrzebowanie na energię elektryczną. Wadami elektrofiltrów są: wysokie koszty inwestycyjne ze względu na duże gabaryty, niebezpieczeństwo wybuchu pyłów palnych, wrażliwość na zmiany charakterystyki oczyszczanego gazu. Elektrofiltry buduje się pod charakterystyki konkretnych zakładów. Bierze się pod uwagę rodzaj paliwa (węgiel brunatny lub kamienny), wielkość bloków energetycznych (360[MW] lub 500[MW]), zawartość pyłów (popiołów) w gazie (25-50[g/lnorm. m³ gazu]. Ilości uzyskiwanego pyłu wynoszą od 40[ton/h] (360[MW], węgiel kamienny) do 140[ton/h] (500[MW], węgiel brunatny). Teoretyczna skuteczność elektrofiltrów wynosi 99[%], jednak w Polsce w praktyce spada ona nawet do 80[%]. Powoduje to trzykrotne przekroczenie emisji zanieczyszczeń. Dzieje się tak ponieważ elektrofiltry są budowane dla wartości opałowej węgla 22tyś[kJ/kg], zawartości pyłów w gazie 18[%], zawartości siarki w gazach 0,7-0,8[%], wilgotności całkowitej 13[%]. Ale elektrownie kupują węgiel tańszy (np. EC2 w Łodzi): wartość opałowa 16900-19800[kJ/kg], popioły 23-30[%]. Powoduje to spadek wydajności elektrofiltrów do 80[%].

Gęstość prądu, w odniesieniu do elektrod zbiorczych, musi wynosić od 0,1 do 0,35[mA/m^2]. Jednym z ważnych parametrów jest skład gazu kierowanego do oczyszczania (głównie zawartość SO₃). Aby odpylanie było skuteczne oporność pyłu i temperatura odpylania (130-180[°C]) muszą być odpowiednie. Działanie w celu uzyskania korzystnych warunków do procesu odpylania nazywamy uzdatnianiem zapyłanego gazu. Uzdatnianie (kondycjonowanie) gazu może być przeprowadzane różnymi sposobami, po przez: obniżenie temperatury gazu, podwyższenie wilgotności gazu, podwyższenie zawartości SO₃. SO₃ decyduje o sprawności odpylania, ponieważ w połączeniu z parą wodną daje H₂SO₄. Kwas pokrywa granulki pyłu monowarstwą i tym samym podwyższa przewodnictwo właściwe gazu (oporność właściwa maleje). Kondycjonowanie spalin polega więc na dodawaniu do nich SO₃. Po dodaniu do nich 30[p.p.m] SO₃ wzrost sprawności od 80[%] do 99[%].

Odpylanie mokre.

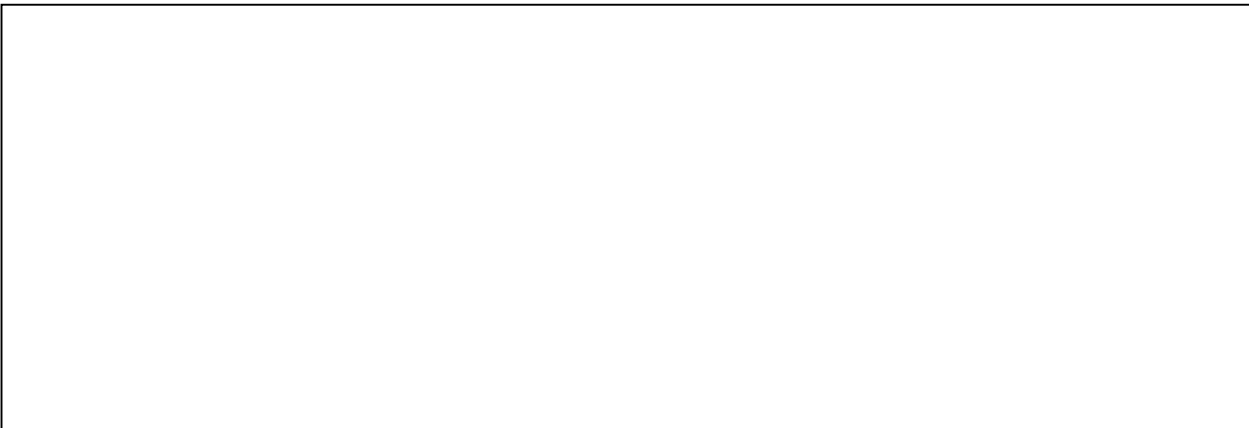
Zasada działania urządzeń do odpylania mokrego polega na tym, że ziarna pyłu są wychwytywane na kroplach cieczy opadającej w przeciwnym kierunku do przepływu zapyłonego gazu.



Wysokość płuczek waha się od 20 do 40[m]. Płuczki bez wypełnienia służą do odpylania wstępnego (30-60[%]) przy wydajności 5000-15000[norm.m³gazów/h]. Ich opory przepływu wynoszą 100-150[Pa], liniowe prędkości przepływu dochodzą do 3[m/s] wody na 1000[norm. m³gazu]. Do zalet płuczek bez wypełnienia należą: prosta budowa, niewielkie opory przepływu wody. Do wad płuczek bez wypełnienia należą: niska skuteczność odpylania (30-60[%]), przenoszenie zanieczyszczenia z gazu do wody. Płuczki z wypełnieniem mają podobne parametry do poprzednich, również są jednym ze stopni układu wstępnego odpylania. Ich skuteczność jest jednak większa i wynosi 80-95[%] (średnica cząstek powyżej 2[μ]. Wydajność odpylania płuczek z wypełnieniem wynosi 5tyś-20tyś[norm.m³/h]. Ich opory przepływu to 100-500[Pa], przepływ wody wynosi 1-4[m³wody/1000m³oczyszczanego gazu].

Płuczki pianowe.

Zachodzi w nich odpylanie barbotarżowe (przepływ gazu przez otwory poziomej półki, na której utrzymuje się stała warstwa cieczy). Gaz przechodząc przez ciecz powoduje intensywne mieszanie pyłu z cieczą.



Płuczki pianowe mają wysoką skuteczność odpylania, dla pyłów od 1 do kilku[μm] wynosi ona 95[%]. Płuczki te charakteryzują się jednak dużymi oporami przepływu nawet 2000[Pa] (gaz tłoczony pod ciśnieniem). Zużycie wody jest niewielkie i wynosi 0,1-1[m³/1000m³ odpylanego gazu].

Płuczki z przepływem gazu przez zamknięcie wodne.

Zapyłony gaz przepływa przez odpowiednio wyprofilowane, labiryntowe zamknięcie wody powodując mieszanie gazu z cieczą. Ziarna pyłu opadają na dno zbiornika w postaci szlamu i są

odprowadzane na zewnątrz. Wydajność płuczek z przepływem gazu przez zamknięcie wodne wynosi 5tyś-40tyś[m³/h]. Ich skuteczność odpylania wynosi 90[%] dla średnicy ziaren 1[μm]. Płuczki te mają duże opory przepływu o wartościach 1100-1900[Pa]. Przepływ wody wynosi 0,1-0,5[m³/1000norm.m³gazu].

Ogólna charakterystyka odpylaczy mokrych.

Zalety:

- możliwość odpylania gazów z ich jednoczesnym chłodzeniem
- absorpcja niektórych zanieczyszczeń gazowych
- oddzielanie pyłów nawet o rozdrobieniu koloidalnym oraz pyłów o właściwościach wybuchowych

Wady:

- trudności związane z gospodarką ściekową (zanieczyszczenia przechodzą z gazu do cieczy)
- duże koszty eksploatacyjne
- duże zużycie wody 0,1-4[m³/1000m³oczyszczanego gazu]

Opylacze wirnikowe (dezintegrator Theissena).



Skuteczność odpylaczy Theissena wynosi 99[%] (dla cząstek o średnicy 1[μm]). Mają bardzo duże zużycie energii elektrycznej dochodzące do 10[kWh/1000m³gazu].

Przykład kolejności odpylania gazu.

Gaz pochodzi z generatora Wienklera (produkcja gazu wodnego metodą fluidalną).

pył	300[g/1norm.m ³ gazu]
multicyklony	40-60[g/1norm.m ³ gazu]
wieża zraszana wodą	1-4[g/1norm.m ³ gazu]
płuczka Theissena	2-6[mg/1norm.m ³ gazu]

METODY USUWANIA SO₂.

Emisja SO₂ stanowi największy problemem w zanieczyszczeniu atmosfery. Łączna ilość emitowanego SO₂ przekracza zapotrzebowanie na SO₂. Gdyby udało się odzyskać choć 20% siarki można by zaprzestać wydobywania siarki rodzimej. Siarkę można wydobywać z gazu ziemnego (metoda Clausa). Głównym producentem i eksporterem siarki odzyskiwanej metodą Clausa jest Kanada.

Każdej doby do atmosfery emituje się 1 mln ton SO₂, głównie w wyniku spalania paliw stałych.

W Polsce zawartość siarki w węglu to 0,5-4[%], w Czechach czy Rosji dochodzi do 10%. W Polsce emituje się ok. 2mln [tonSO₂/rok]. Jednak sytuacja ulega poprawie. 43% SO₂ powstaje ze spalania paliw stałych, a 57% wytwarza się wewnątrz atmosfery w wyniku utleniania H₂S pochodzenia naturalnego.

Problemy związane z usuwaniem SO₂:

- wysoka temperatura gazów po procesie odpylenia
- duże rozcieńczenie SO₂ w gazach spalinowych (2 – 4 g/m³ spalin)
- ogromne ilości spalin ok. 2 mln m³/h

Przełomem w odsiarczaniu była instalacja skruberów w Londynie w fabryce Battersea (początki lat 30). Związki siarki absorbowano w naturalnych wodach zawierających składniki alkaliczne. Następnie zaabsorbowane składniki były utleniane i wprowadzane do rzeki. W Polsce taką instalację zbudowano w 1949r., jednak po 20 latach zlikwidowano ją. Na przełomie lat 50 i 60 zaczęto prowadzić intensywne badania nad nowymi metodami odsiarczania z użyciem wapna bądź kamienia wapiennego. W 1967r. opracowano metodę polegającą na dodawaniu CaCO₃ do mialu węglowego transportowanego na taśmociągu do paleniska. W wysokiej temperaturze mieszanina reagowała tworząc CaSO₄ i CaSO₃.

Działania mające na celu usuwanie siarki:

- odsiarczanie węgla: usuwanie pirytu
- odsiarczanie spalin

Metody odsiarczania:

- proste odpadowe: dodawanie CaCO₃ w wyniku czego w miale węglowym powstaje CaSO₃ i CaSO₄
- półodpadowe: w wyniku np. procesów absorpcji otrzymuje się produkt o właściwościach użytecznych
- bezodpadowe: prowadzą do otrzymywania czystego SO₂, S, lub kwasu siarkowego.

Sposoby odsiarczania:

- absorpcyjne: absorpcja w wodzie i roztworach Ca, Mg, w wodzie amoniakalnej
- adsorpcyjne: związki siarki (H₂S) przepuszcza się przez węgiel aktywny, w wyniku czego odzyskuje się siarkę, którą następnie rozpuszcza się w wielosiarczku amonu. Wielosiarczek po podgrzaniu rozkłada się na siarkę i siarczek amonu.
- wiązanie siarki: do spalin dodaje się amoniak, do węgla dodaje się CaCO₃. Powstały siarczan amonowy może być stosowany jako nawóz.

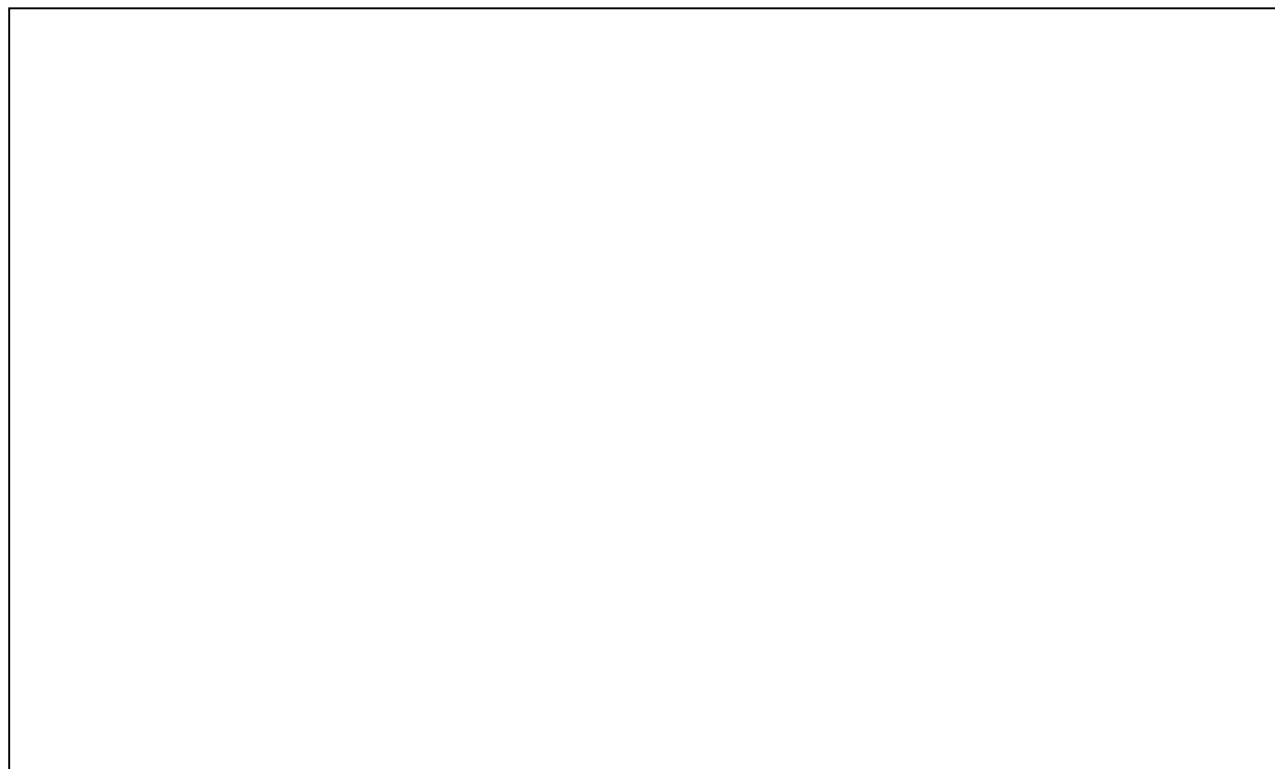
Metody utylizacji SO₂.

Często stosowanym procesem do oczyszczania gazów odlotowych jest absorpcja. Proces ten polega na przenoszeniu masy z fazy gazowej do ciekłej. W wyniku absorpcji substancja rozpuszczana w wodzie może:

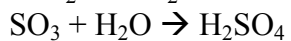
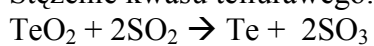
- ulegać rozpuszczeniu w sensie fizycznym
- wchodzić z cieczą w reakcję chemiczną

Podstawą procesu jest wymiana masy między dwoma kontaktującymi się fazami. Ilość gazu przenikająca do cieczy jest wprost proporcjonalna do:

- powierzchni kontaktu cieczy z mieszaniną gazową (rozwiła się powierzchnię kontaktu)
- różnicy stężeń składnika gazu w mieszaninie gazowej i absorbencie
- czasu kontaktu mieszaniny gazowej z cieczą



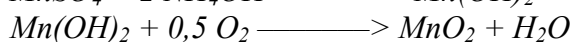
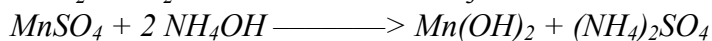
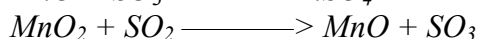
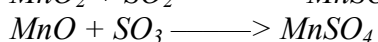
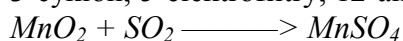
Stężenie kwasu tellurawego: 42-77 [kg/m³]



Do zalet tej metody należą: bardzo wysoki stopień oczyszczania gazu (praktycznie całkowity), wykorzystanie ciepła oczyszczonego gazu do zateżniania H₂SO₄, łatwość prowadzenia procesu. Wadą tej metody jest małe stężenie otrzymywanego H₂SO₄.

Utylizacja której produktem jest siarczan amonu.

3-cyklon; 5-elektrofiltry; 12-amoniak; 13,14-powietrze



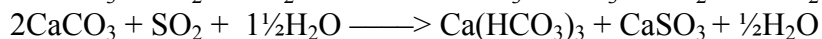
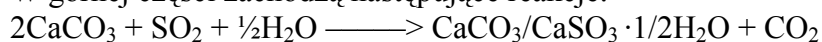
Sprawność tej metody wynosi 90[%].

Metoda Voest Alpine.

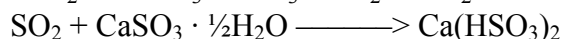
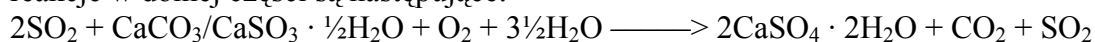
(Stosowana w Bełchatowie). Podstawowym surowcem tej metody jest kamień wapienny, którego głównym składnikiem jest $CaCO_3$ pod postacią zawiesiny. Granulki $CaCO_3$ powinny być jak najmniejsze, 63[μm]. W wieży absorpcyjnej zastosowano przeciwprąd. Spaliny zawierające SO_2 kierowane są od dołu. Zawiesina $CaCO_3$ dozowana jest z góry. W dolnej części absorbera wdmuchiwane jest także powietrze niezbędne dla utlenienia siarczynu (powstającego w górnej części) do siarczanu. Stosunek molowy $CaCO_3/SO_2$ jest równy 1.

Warunki w górnej części absorbera: pH = 6-7, temperatura 50-60 [$^{\circ}C$], stosunek molowy $CaCO_3/SO_2$ większy od 1. Warunki w dolnej części absorbera: pH = 4-5, temperatura 50-60 [$^{\circ}C$], stosunek molowy $CaCO_3/SO_2 <$ od 1. Stopień odsiarczania wynosi 99[%], czas reakcji ok. 30-40[min]. Produktem końcowym jest gips o właściwościach handlowych ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

W górnej części zachodzą następujące reakcje:



reakcje w dolnej części są następujące:



Instalacja w Bełchatowie ma moc 4320 [MW]. Daje 20% krajowej produkcji energii elektrycznej (28mln [kWh/rok]). Surowcem jest węgiel brunatny dający 6700-9200[kJ/kg], o zawartości siarki 0,6-0,7[%] (max. 1,2[%]). Kopalnia zużywa 34mln[ton/rok] węgla brunatnego. Jest to największa elektrownia w Europie wykorzystująca węgiel brunatny. Dawniej zajmowała czołowe miejsce w emisji SO_2 na świecie (do 900[ton/dobę]) co stanowiło 1990r. 17[%] całkowitej emisji SO_2 w Polsce. Obecnie emituje ona 450[ton/dobę] SO_2 . Sprawność elektrofiltrów wynosi 99,6[%], maksymalną dopuszczalną emisją SO_2 jest 660[mg/m³], choć Unia Europejska wymaga 400[mgSO₂/m³]. Emisja pyłów wynosi 50[mg/Nm³] (zgodnie z normą UE)

Metoda GEESI.

Surowcem wyjściowym w tej metodzie jest kamień wapienny o średnicy ok. 3[cm]. Młyny kulowe miały go do mniejszych wielkości. Ilość spalin 1,7-2mln[m³/h], temperatura spalin 135[°C], SO₂ 1,7-3,9[g/Nm³] gazu, sprawność ponad 90%. W wyniku tego procesu otrzymuje się gips o zawartości 92[%] (w produkcie suchym). Wysokość absorbera wynosi 45[m], a jego średnica 19[m].

Odsiarczanie gazów metodą węgla aktywnego.

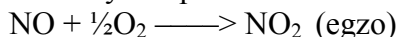
Mokra metoda wapienno-gipsowa.

Uzyskuje się z niej 140[ton/h] gipsu. Obecnie SO₂ odzyskuje się w postaci gipsu na połowie bloków energetycznych. Zawartość gipsu w produkcie suchym wynosi 92[%].

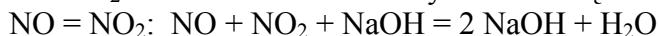
METODY USUWANIA NO_x.

Unieszkodliwianie i utylizacja tlenków azotu.

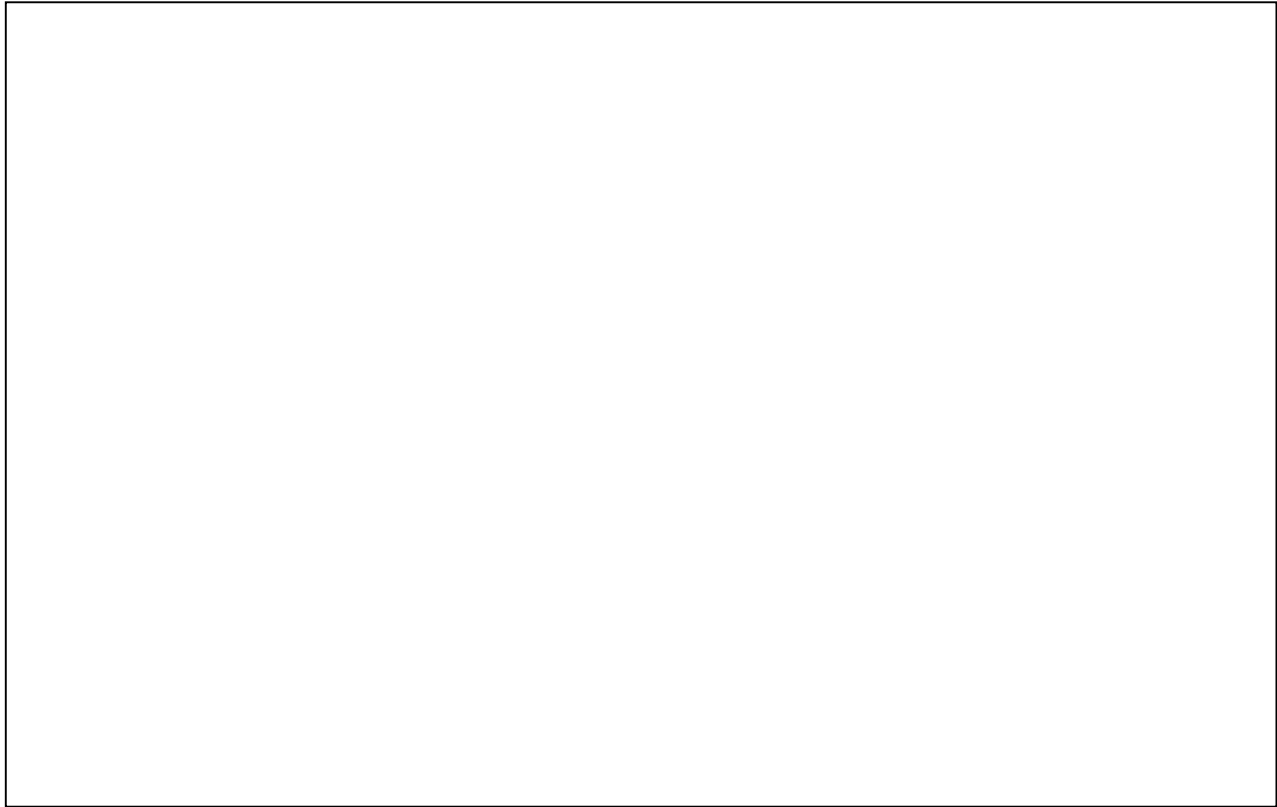
NO_x stanowią jedno z najbardziej szkodliwych zanieczyszczeń powietrza (kwaśne deszcze). Tlenki te emitowane są przez silniki samochodów, poważnym ich źródłem jest też energetyka, ponad to emitowane są przez zakłady azotowe produkujące nawozy sztuczne. Wysokie temperatury powodują łączenie się azotu z tlenem. Pierwszym ze sposobów unieszkodliwiania jest dotlenianie NO do NO₂ i utylizacja przez absorpcję w roztworach alkalicznych. Innym sposobem jest termiczna lub katalityczna redukcja NO_x do N₂. W gazach odlotowych więcej jest NO niż NO₂. Jest to niekorzystne ponieważ NO słabo się rozpuszcza i słabo reaguje z alkaliami. Reakcja:



zachodzi bardzo powoli, a ze wzrostem temp. jej szybkość maleje. W zależności od stosunku NO:NO₂ w roztworach alkalicznych zachodzą następujące reakcje:



Żeby zastosować metodę absorpcji musimy dotlenić NO do NO₂. Wtedy w wyniku absorpcji otrzymamy saletrę. Z punktu ekonomicznego jest to metoda lepsza niż metody redukcji. Gazy, które mają być poddane utlenieniu kieruje się do instalacji przez katalizator. Od góry dostarczamy wodne roztwory alkali, które znajdują się w obiegu zamkniętym. Cieczą absorbującą może być węglan amonu. Zaletą tej metody jest prostota.

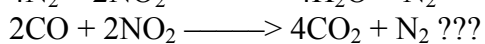
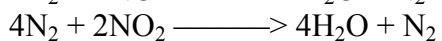
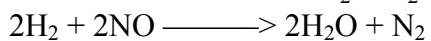
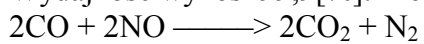


Wydajność wynosi 90[%]. Na katalizatorze utlenia się taką część NO aby spełnić warunek: $\text{NO}_2 > \text{NO}$

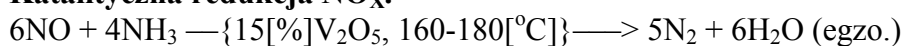
Termiczna redukcja NO_x .

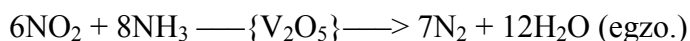


Wydajność wynosi 99,9[%]. Tlenki azotu ulegają reakcjom:

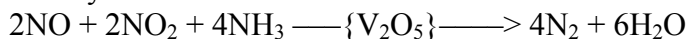


Katalityczna redukcja NO_x .

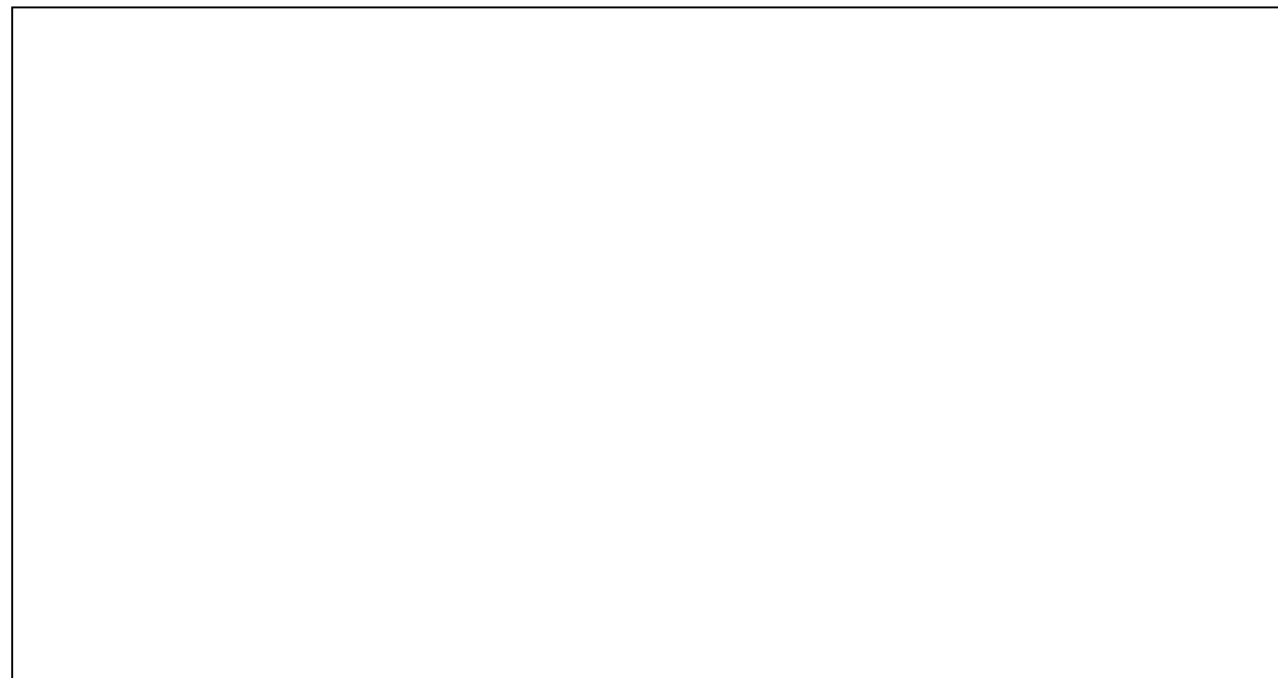




sumarycznie



Metoda ta jest stosowana w kombinacie w Puławach.

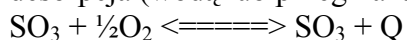


Pozostałe gazy podgrzewane są w wymienniku ciepła za pomocą przegrzanej pary wodnej do temperatury 190[°C]. Podgrzaniu są mieszane z amoniakiem w mieszalniku statycznym. Reaktor zawiera centralny kosz katalityczny. Gaz wpływa do reaktora ścianą boczną kosza przez warstwę katalizatora o grubości 300[mm]. Gazy wylotowe poddaje się analizie. Analizator wykorzystuje zjawisko chemiluminescencji. Przepływ gazów wylotowych wynosi 92000[m³/h], zawartość tlenków spada do 700-1700[p.p.m.], stopień utlenienia wynosi 0,35-0,4 a stopień redukcji 93-96[%].

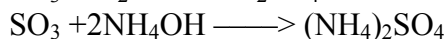
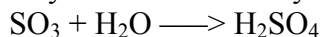
ADSORPCJA W OCZYSZCZANIU GAZÓW ODLOTOWYCH.

Usuwanie zanieczyszczeń tą metodą polega na gromadzeniu się ich na powierzchni ciała stałego. Adsorbent ma zazwyczaj kształt granulek o odpowiednio dużej powierzchni właściwej (Al₂O₃, silikażel, ziemia krzemkowa, koks, węgiel aktywny). Jest to proces odwracalny, ustala się równowaga dynamiczna. Gaz tym łatwiej ulega absorpcji im łatwiej udaje się skroplić (im większy jest jego ciężar cząsteczkowy). Ilość zaadsorbowanej substancji zależy bezpośrednio od wielkości czynnej powierzchni, dlatego aparaty muszą mieć jak największą jednostkę powierzchni przypadającą jak najmniejsza jednostka masy.

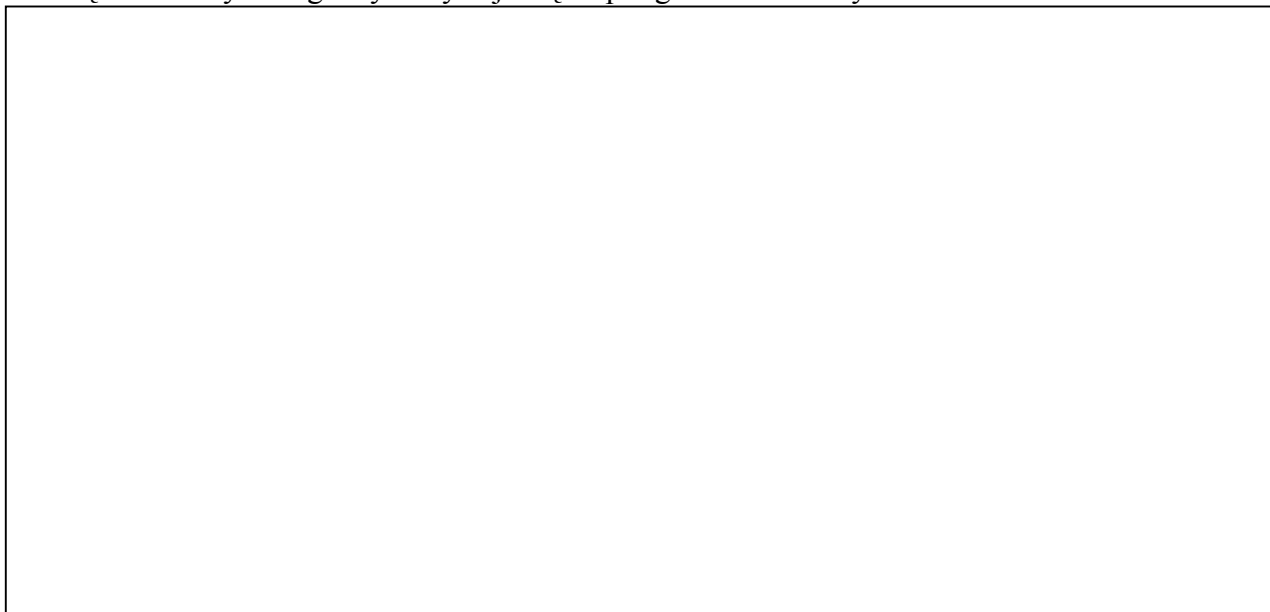
Substancją czynną jest węgiel aktywny. Zdolność adsorpcyjna zależy od chłonności czyli stosunku masy zanieczyszczeń zaadsorbowanych do chwili równowagi, do masy adsorbenta. Chłonność nie przekracza średnio 20-30[%]. Proces adsorpcji można podzielić na trzy etapy: pochłanianie, desorpcja (wodą lub przegrzaną parą wodną do temp. 200[°C]), suszenie i chłodzenie adsorbenta.



Gdy na zaadsorbowany SO₃ podziałamy wodą lub NH₄OH to:

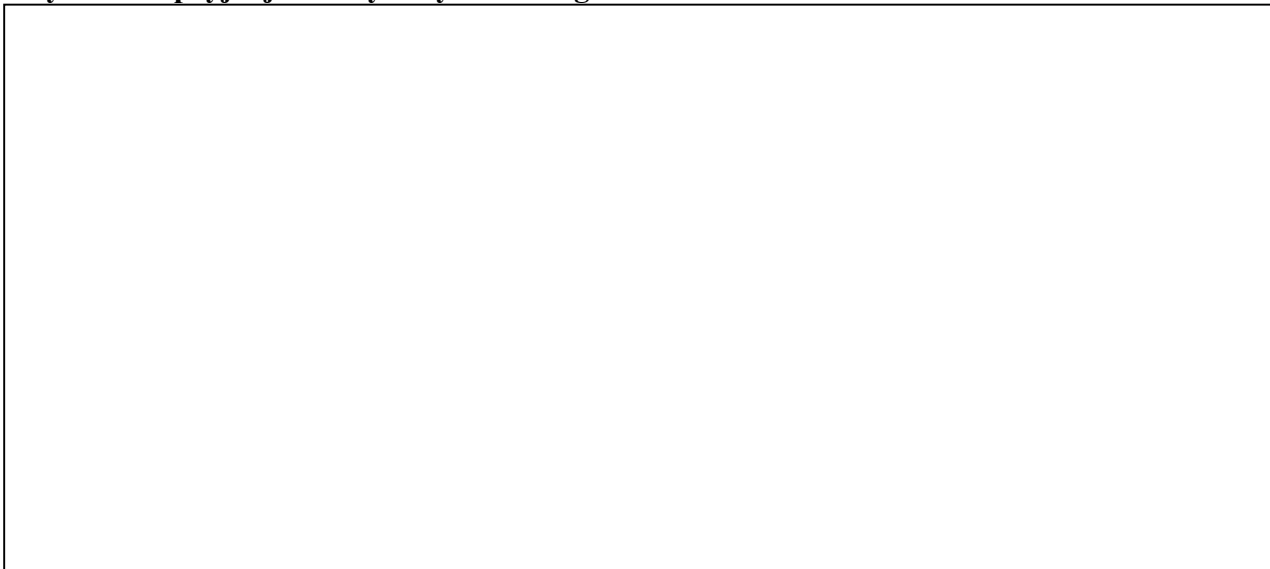


Do zateżenia otrzymanego wykorzystuje się ciepło gazów odlotowych.

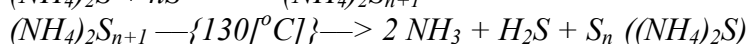
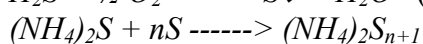
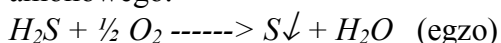


Postępowanie takie jest metodą utylizacji. Jej zaletami są: 99,8[%] stopień oczyszczenia, prostota urządzenia i łatwość obsługi, mały nakład energii, możliwość realizacji w temperaturze otoczenia, użyteczny produkt. Do wad metody należą: konieczność desorpcji, konieczność wymiany złoża po wysyceniu, duże powierzchnie adsorpcji (duża instalacja), gaz musi być odpylony (po elektrofiltrach), konieczność stosowania kilku (2 do 4) adsorberów by zapewnić ciągłość procesu.

Przykład sorpcyjnej metody oczyszczania gazów.



Gaz surowy przepuszcza się przez warstwę węgla. W wyniku tego powierzchnia węgla może zostać wypełniona siarką nawet w 80[%]. Oczyszczanie węgla przeprowadza się za pomocą dwusiarczku amonowego.



Ładunek węgla aktywnego wynosi ponad 7[ton], przy absorpcji osiągającej 80[%] ładunek siarki wynosi ok. 6[ton]. Proces składa się z następujących etapów:

- adsorpcja S na powierzchni węgla aktywnego

- przedmuch instalacji gazem obojętnym,
- płukanie adsorbentu wodą (70°C) by uzyskać węgiel amonowy
- chłodzenie wodą (20°C)
- ekstrakcja siarki za pomocą siarczanu amonowego

Po zakończeniu regeneracji instalacja jest przedmuchiwana przegrzaną parą wodną (130[°C]), potem następuje studzenie instalacji gazem obojętnym. W układzie odsiarczania pracują dwie bliźniacze jednostki.

PROBLEMATYKA OCZYSZCZANIA POWIETRZA Z TOKSYCZNYCH ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH

Do usuwania zanieczyszczeń z gazów odlotowych mogą być wykorzystywane procesy katalityczne. Stosuje się usuwanie metodami chemicznego utleniania czy redukcji. Z toksycznych zanieczyszczeń otrzymuje się CO₂ i parę wodną. Stosowanie katalizatorów umożliwia unieszkodliwianie zanieczyszczeń w znacznie niższych temperaturach. (W kraju stosuje się spalarnie wysokotemperaturowe). Odpady zawierające chlor należy spalać w bardzo wysokich temperaturach, powyżej 1200[°C], czasie kontaktu 2,5[s] i gwałtownym schładzaniu. Obecnie stosowane katalizatory pozwalają na obniżenie temperatury do ok. 350[°C] a jednocześnie są trwałe w długim okresie czasu (do 9[lat]). Możemy wyróżnić trzy grupy katalizatorów utleniających:

- metale grupy VIII podgrupy I: Pt, Pd, Cu, Ag
- tlenki metali: Cu, Co, Cr
- sole metali ciężkich: ZnCl₂

Na przebieg procesu katalitycznego utleniania mają wpływ:

- temperatura procesu
- obciążenie jednostkowe katalizatora
- konstrukcja reaktora

Skuteczność reakcji katalitycznych wynosi 95-99[%].



POWIETRZE.

Rozprzestrzenianie się gazów w atmosferze.

Proces ten następuje w wyniku dyfuzji oraz w wyniku turbulencji przepływających mas powietrza. Turbulencja to występowanie przypadkowych, nieuporządkowanych zmian prędkości cząstek gazu.

Turbulencja atmosfery jest powodowana przez porywistość wiatru czy wahania parametrów meteorologicznych (ciśnienie, temperatura). W wyniku rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń następuje spadek stężenia gazów w miarę oddalania się od źródła emisji. Strumień gazu wydobywający się z komina można opisać po przez podanie początkowych prędkości: wypływu gazu z komina W_g i prędkości wiatru W_p . W określonych warunkach meteorologicznych smuga może zaginać się pod działaniem wiatru, a następnie zależnie od prędkości wiatru łukiem opadać ku powierzchni ziemi. Po pewnym czasie oś strumienia jest prawie równoległa do powierzchni ziemi. Przy odpowiedniej wysokości źródła emisji (powyżej tzw. warstwy inwersyjnej) smuga nie spływa ku ziemi, lecz przez dłuższy czas rozprzestrzenia się równoległe do powierzchni ziemi. Początkowo po opuszczeniu komina strumień gazów jest stosunkowo jednolity i posiada przepływ kołowy. Dalej na skutek turbulencji atmosfery zaczyna przyjmować różne formy w zależności od warunków meteorologicznych. Ogólnie przybiera formę stożka z wierzchołkiem na koronie komina, zaś oś stożka jest równoległa do powierzchni ziemi. Z przekroju kołowego ostatecznie przekształca się w eliptyczny. Rozprzestrzeniający się w ten sposób strumień gazów w pewnej odległości od komina dotyka ziemi. Od tego miejsca występuje koncentracja gazów na powierzchni ziemi i miejsce to jest początkiem strefy zanieczyszczenia. Dalsze rozprzestrzenianie odbywa się zgodnie z ruchem mas powietrza a powierzchnia strefy zanieczyszczenia przyjmuje zazwyczaj kształt paraboli.

Rola wiatru w rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń.

Wiatr to poziomy ruch mas powietrza. Charakter ruchu określa prędkość oraz kierunek. Średnia prędkość wiatru wskazuje z jaką prędkością zanieczyszczenia rozprzestrzeniają się w atmosferze. Wzrost prędkości wiatru powoduje zmniejszenie wzniesienia smugi, a równocześnie przyspiesza rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń. W przybliżeniu można przyjąć, że wielkość stężenia zanieczyszczeń jest odwrotnie proporcjonalna do prędkości wiatru wiejącego w płaszczyźnie poziomej. W celu określenia stopnia zanieczyszczenia okolicy przez źródło emisji niezbędna jest znajomość średnich (z okresów wieloletnich) częstości występowania wiatrów oraz ich prędkości w poszczególnych kierunkach. Dane te przedstawia się za pomocą tabel lub wykresów, tzw. róży wiatrów. Tabele podają w procentach częstotliwość występowania wiatrów w 8 kierunkach z uwzględnieniem przedziałów prędkości: (0,20); (2-5); (5-7); (7-10); (10-15); 15 i więcej[m/s]. Obliczenie stężeń zanieczyszczeń gazowych w atmosferze może być dokonywane na podstawie metod statystycznych. Metody te są proste lecz nie uwzględniają w dostatecznym stopniu zmian meteorologicznej charakterystyki atmosfery. Do opisu turbulentnej dyfuzji zanieczyszczeń można również stosować równania różniczkowe. Opis ten jest bardziej skomplikowany, lecz daje pełniejszy obraz rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w zależności od warunków meteorologicznych. Tą ostatnią metodę wykorzystał Sutton do obliczenia zanieczyszczeń na powierzchni ziemi.

Stężenia maksymalne:

$$S_{\max} = \frac{k \cdot c_z \cdot \alpha \cdot E}{c_y \cdot W \cdot H^2}$$

k - stała wartość liczbowa (65,06)

c_z, c_y – współczynniki dyfuzji atmosferycznej, zależą od wartości wykładnika meteorologicznego n oraz od wysokości.

α - współczynnik czasowej korelacji wartości stężenia, pozwala przeliczać stężenia na 20-minutowe i średniodobowe.

$\alpha = 0,78$ dla średniego stężenia w okresie 20[min]

$\alpha = 0,36$ dla średniego stężenia w okresie 24[h]

E - emisja zanieczyszczeń w kg/h

W - prędkość wiatru na wysokości źródła emisji

H - efektywna wysokość, $H = h + \Delta h$

h - wysokość geometryczna

Δh - wyniesienie całkowite

Odległość występowania maksymalnych stężeń:

$$X_{\max} = \left(\frac{H}{c_z} \right)^{\frac{z}{z-n}}$$

N - wykładnik meteorologiczny (0,2 - 0,5), zależy od charakteru przepływu wiatru.

Zanieczyszczenia pyłowe.

Metody analizy rozprzestrzeniania się pyłów uzależnione są od prędkości opadania ziaren pyłu. Pył składający się z ziaren o średnicy poniżej 20[μm] rozprzestrzenia się w atmosferze podobnie jak zanieczyszczenia gazowe. Stopień zanieczyszczenia atmosfery pyłem o średnicy cząstek powyżej 20[μm] określa opad pyłu. Średnie stężenie zanieczyszczeń w postaci pyłu (C_p) w punkcie położonym na linii kierunku wiatru jest wprost proporcjonalne do wielkości emisji (E) i w przybliżeniu jest odwrotnie proporcjonalne do prędkości wiatru oraz kwadratu wysokości źródła emisji.

$$C_p = \frac{E}{W \cdot H^2 \cdot X^m}$$

m - zależy od parametrów stanu atmosfery

Należy określić minimalną wysokość źródła emisji. Stężenie zanieczyszczeń występujących na powierzchni ziemi można obliczyć w przybliżeniu z zależności:

$$S_c = \frac{1}{H^2}$$

Stosowanie wysokich źródeł emisji jest obok instalowania sprawnych urządzeń oczyszczających powietrze jednym z rodzajów zapobiegania nadmiernemu zanieczyszczeniu atmosfery. Koszt nakładów inwestycyjnych powoduje, że celowe jest ograniczenie wysokości kominów do wysokości minimalnej, która zapewnia na tyle skuteczne rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń, że nie będą one przekraczały stężeń dopuszczalnych.

	minimalne ziarno [μm]	opory [Pa]	skuteczność [%]	wydajność [m^3/h]
komory osadcze	100	20-50		
cyklony	10	300-1300	do 99,5	50tyś-100tyś
odpylacze filtracyjne	0,1	200-1500	99,9	30-300
elektrofiltry	0,1	30-150	99	0,5mln-3mln
mokre bez wypełnienia	2	100-150	30-60	5tyś-15tyś
mokre z wypełnieniem	2	100-500	80-95	5tyś-20tyś
pianowe	1	2000	95	
z przepływem przez zamknięcie wodne	1	1100-1900	90	5tyś-40tyś
wirnikowe	1		99	