

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	11
2. Atmosfera ziemska	15
3. Podstawowe pojęcia i definicje	25
4. Źródła zanieczyszczenia powietrza	33
4.1. Dytlenek siarki (SO_2)	34
4.2. Tlenki azotu (NO_x)	38
4.3. Pył	42
4.4. Lotne związki organiczne (LZO)	43
4.5. Trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO)	48
4.6. Metale ciężkie	51
4.7. Gazy cieplarniane	53
4.8. Amoniak (NH_3)	55
4.9. Podsumowanie	56
5. Skutki zanieczyszczenia powietrza	57
5.1. Smog	57
5.2. Kwaśne deszcze	61
5.3. „Dziura ozonowa”	63
5.4. Globalne ocieplenie	72
6. Regulacje prawne	87
6.1. Wprowadzenie	87
6.2. Standardy emisyjne	91
6.3. Standardy jakości powietrza	106
6.4. Wnioski o wydanie pozwolenia na wprowadzenie gazów i pyłów do powietrza, zgłoszenia emisji	109
6.5. Pomiary emisji	111

6.6.	Opłaty za korzystanie ze środowiska.....	113
6.7.	Odpowiedzialność karna.....	117
7.	Powstawanie zanieczyszczeń w procesie spalania.....	119
7.1.	Zmienność składu paliw.....	119
7.2.	Ciepło spalania a wartość opałowa.....	121
7.3.	Nadmiar powietrza.....	122
7.4.	Objętość spalin.....	124
7.5.	Autotermiczność procesu spalania.....	125
7.6.	Chemizm spalania.....	126
7.7.	Spalanie całkowite i niecałkowite.....	128
7.8.	Powstawanie ditlenku siarki (SO_2).....	130
7.9.	Powstawanie tlenków azotu (NO_x).....	133
7.10.	Emisja pyłów.....	137
7.11.	Emisja metali.....	138
7.12.	Emisja chlorowodoru, fluorowodoru i bromowodoru.....	140
7.13.	Produkty niepełnego spalania.....	142
7.14.	Powstawanie PCDD/Fs, PCBs, PCNs oraz PAHs.....	143
7.15.	Pierwotne metody ograniczania emisji.....	148
8.	Procesy ograniczania emisji pyłów.....	153
8.1.	Wstęp.....	153
8.2.	Rozkład granulometryczny cząstek.....	158
8.3.	Opadanie cząstek.....	163
8.4.	Metody mechaniczne suche.....	165
8.5.	Metody mechaniczne mokre.....	178
8.6.	Metody elektrostatyczne.....	182
8.7.	Metody filtracyjne.....	187
8.8.	Wybór odpylacza.....	190
9.	Absorpcja i absorbery.....	193
9.1.	Wprowadzenie.....	193
9.2.	Podstawowe typy absorberów.....	196
9.3.	Równowaga absorpcyjna.....	200
9.4.	Kinetyka procesu absorpcji fizycznej.....	202
9.5.	Bilansowanie absorberów.....	204
9.5.1.	Bilanse masy absorberów o działaniu przeciwpłdowym.....	204
9.5.2.	Bilanse masy absorberów współpłdowych.....	207
9.5.3.	Bilans masy dla różniczkowej objętości kolumny z przeciwpłdowym przepływem faz.....	209
9.6.	Kolumny półkowe - półka teoretyczna.....	211
9.7.	Bilanse masy w aparatach półprzepływowych.....	212
9.8.	Desorpcja (odpędzanie) gazów.....	214
9.9.	Absorpcja z reakcją chemiczną.....	216
9.9.1.	Uwagi ogólne.....	216

9.9.2.	Kinetyka absorpcji z reakcją chemiczną.....	217
9.9.3.	Bilanse masy dla różniczkowej objętości absorbera, w którym zachodzi reakcja chemiczna.....	222
9.9.4.	Absorpcja gazu z równoczesnym rozpuszczaniem się ciała stałego B	224
10.	Adsorpcja i adsorbenty.....	227
10.1.	Wprowadzenie.....	227
10.2.	Równowaga adsorpcyjna.....	230
10.3.	Kinetyka procesu adsorpcji.....	236
10.4.	Bilansowanie adsorberów.....	237
10.4.1.	Adsorber półprzepływowy (półokresowy).....	238
10.4.2.	Adsorber przepływowy z przeciwnieprądowym przepływem faz.....	243
10.5.	Procesy desorpcji.....	245
11.	Procesy membranowe.....	247
12.	Wykraplanie (wymrażanie) par.....	255
12.1.	Wprowadzenie.....	255
12.2.	Równowaga fazowa.....	256
12.3.	Wykraplanie par w procesach odwracalnych.....	257
12.4.	Proces chłodzenia nieodwracalnego.....	258
13.	Procesy z reakcją chemiczną.....	261
13.1.	Wprowadzenie.....	261
13.2.	Podstawy kinetyki reakcji homogenicznych.....	267
13.2.1.	Zapis bilansowy reakcji chemicznych.....	267
13.2.2.	Szybkość homogenicznej reakcji chemicznej.....	270
13.2.3.	Równania kinetyki reakcji homogenicznych.....	271
13.3.	Bilanse podstawowych typów reaktorów homogenicznych.....	278
13.4.	Podstawy kinetyki reakcji heterofazowych.....	281
13.4.1.	Wprowadzenie.....	281
13.4.2.	Reakcje niekatalityczne gaz-ciało stałe.....	282
13.4.3.	Kinetyka procesów kontaktowych.....	287
13.4.4.	Bilanse reaktorów kontaktowych o złożu stałym.....	294
14.	Technologie ograniczania emisji ditlenku siarki oraz innych gazów kwaśnych.....	297
14.1.	Wprowadzenie.....	297
14.2.	Metoda sucha.....	300
14.3.	Metoda półsucha.....	307
14.4.	Metoda mokra.....	308
14.5.	Inne metody.....	313
14.6.	Podsumowanie.....	317

15. Technologie ograniczania emisji tlenków azotu	321
15.1. Wprowadzenie	321
15.2. Metody pierwotne	322
15.3. Zastosowanie metod SNCR i SCR	324
15.4. Metody absorpcyjne	334
15.5. Podsumowanie	337
16. Technologie ograniczania emisji lotnych związków organicznych	339
16.1. Wprowadzenie	339
16.2. Metody regeneracyjne	340
16.3. Metody nieregeneracyjne	344
16.4. Metody kombinowane	351
16.5. Odory	354
16.6. Dobór technologii	357
17. Technologie ograniczania emisji trwałych zanieczyszczeń organicznych	359
17.1. Wprowadzenie	359
17.2. Metody pierwotne	360
17.3. Metody wtórne	362
18. Ograniczanie emisji rtęci	367
19. Wychwytywanie ditlenku węgla	375
20. Ogólne zasady wyboru technologii	387
21. Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w atmosferze	395
21.1. Czynniki meteorologiczne	397
21.1.1. Turbulencja atmosfery	397
21.1.2. Pionowy gradient temperatury	398
21.1.3. Działanie wiatru	410
21.1.4. Suche pochłanianie zanieczyszczeń przez podłoże	415
21.1.5. Wymywanie zanieczyszczeń przez opady atmosferyczne	417
21.1.6. Przemiany gazowe w powietrzu atmosferycznym	418
21.1.7. Skręt wiatru z wysokością	423
21.1.8. Krzywoliniowy ruch mas powietrza	424
21.1.9. Przenoszenia zanieczyszczeń przez chmury	424
21.2. Topografia terenu	425
21.3. Czynniki technologiczne	430
21.4. Modelowanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze	434
21.5. Równanie dyfuzji atmosferycznej	437
21.6. Współczynniki dyfuzji atmosferycznej	444
21.7. Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń ze źródeł liniowych i powierzchniowych	447
21.8. Rozprzestrzenianie się pyłu w atmosferze	448
22. Monitoring i zarządzanie jakością powietrza	451

Literatura	465
Załączniki	469
Załącznik 1. Wykaz dotychczas opracowanych dokumentów referencyjnych najlepszych dostępnych technik (BREF BAT) w języku polskim i angielskim oraz wykaz wydanych i obowiązujących konkluzji BAT.....	469
Załącznik 2. Rodzaje instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości (instalacje wymagające pozwolenia integrowanego).....	472
Załącznik 3. Rodzaje instalacji, z których wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza nie wymaga pozwolenia.....	476
Załącznik 4. Rodzaje instalacji, z których wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza wymaga zgłoszenia.....	478
Załącznik 5. Rodzaje instalacji, dla których pozwolenie na wprowadzanie gazów i/lub pyłów do powietrza wydaje Marszałek Województwa.....	479
Załącznik 6. Przydatne akty prawne (stan na lipiec 2017 roku).....	483
Skróty używane w tekście	485
Oznaczenia - symbole polskie i greckie, indeksy	487
Źródła rysunków i tabel	491
Skorowidz	493