

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 przeciwpłowym	204
9.5.2.	Bilanse masy absorberów współpłowych	207
9.5.3.	Bilans masy dla różniczkowej objętości kolumny z przeciwpłowym przepływem faz	209
9.6.	Kolumny półkowe – półka teoretyczna	211
9.7.	Bilanse masy w aparatach półprzepłowych	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 adsorbery	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 przeciwpądowym 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 pozwoleń 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