

Spis treści

Przedmowa	7
1. Wstęp – obliczenia podstawowe	9
1.1. Jednostki ciśnienia	9
1.2. Nadciśnienie i podciśnienie	10
1.3. Gęstość płynów	10
1.4. Lepkość płynów	11
2. Przepływy płynów	15
2.1. Strumień objętości i strumień masy	16
2.2. Ciągłość strumienia	16
2.3. Równanie Bernoulliego	17
2.4. Wypływ cieczy ze zbiorników	17
2.5. Liczba Reynoldsa	19
2.6. Opory przepływu w przewodach	20
2.7. Opory lokalne	20
2.8. Opory przepływu płynu przez warstwę wypełnienia	22
2.9. Moc silnika pompy odśrodkowej	24
2.10. Pomiary przepływu płynów – metody i urządzenia	24
2.11. Pytania kontrolne i problemy	35
3. Mieszanie	38
3.1. Moc mieszania	39
3.2. Moc mieszania układu dwufazowego gaz–ciecz	41
3.3. Kryteria służące ocenie efektu procesu mieszania	42
3.4. Modelowanie mocy mieszania	44
3.5. Pomiar mocy mieszania	45
3.6. Pomiar czasu mieszania	46
3.7. Pytania kontrolne i problemy	47
4. Opadanie cząstek stałych w płynach	49
4.1. Podstawowe zależności teoretyczne	49
4.2. Klasyfikacja hydrauliczna	54
4.3. Odpylanie gazów	55
4.4. Pytania kontrolne i problemy	58

5. Fluidyzacja	59
5.1. Wprowadzenie	59
5.2. Rodzaje warstw fluidalnych	60
5.3. Przebieg procesu fluidyzacji	61
5.4. Prędkość początku fluidyzacji	62
5.5. Przykłady zastosowań złóż fluidalnych	64
5.6. Pytania kontrolne i problemy	65
6. Filtracja	66
6.1. Wprowadzenie	66
6.2. Filtracja pod stałym ciśnieniem	67
6.3. Filtracja przy stałym objętościowym natężeniu przepływu filtratu	70
6.4. Filtracja dwustopniowa	71
6.5. Wydajność cyklu filtracji	72
6.6. Pytania kontrolne i problemy	73
7. Wymiana ciepła	75
7.1. Wprowadzenie	76
7.2. Przewodzenie ciepła	77
7.3. Wnikanie ciepła	79
7.4. Przenikanie ciepła	84
7.5. Wymienniki ciepła	85
7.6. Promieniowanie	88
7.7. Pytania kontrolne i problemy	90
8. Destylacja i kondensacja	93
8.1. Równowaga ciecz–para w mieszaninach dwuskładnikowych	94
8.2. Destylacja różniczkowa (prosta, frakcyjna)	97
8.3. Destylacja równowagowa (rzutowa)	100
8.4. Kondensacja równowagowa (współprądowa)	101
8.5. Kondensacja różniczkowa (przeciwprądowa)	102
8.6. Pytania kontrolne i problemy	103
9. Rektyfikacja	106
9.1. Kolumna rektyfikacyjna	107
9.2. Bilans materiałowy kolumny o działaniu ciągłym	108
9.3. Bilans materiałowy półki zasilanej, stan cieplny surówki	109
9.4. Powrót	110
9.5. Skraplacz (deflegmator)	111
9.6. Bilans cieplny	112
9.7. Wyznaczanie liczby pólki teoretycznych metodą Mc Cabe’a–Thielego ...	112
9.8. Wykres entalpowy	114
9.9. Wyznaczanie liczby pólki teoretycznych metodą Savarita–Ponchona ...	115
9.10. Sprawność pólki rzeczywistych	123

9.11. Wysokość kolumn wypełnionych	125
9.12. Rektyfikacja okresowa	128
9.13. Pytania kontrolne i problemy	133
10. Absorpcja	135
10.1. Wprowadzenie	136
10.2. Podstawowe zależności teoretyczne	137
10.3. Modele wnikania masy, przenikanie masy	139
10.4. Przeliczanie stężeń w fazach gazowej i ciekłej na stężenia względne ...	143
10.5. Bilans materiałowy absorbera przeciwprądowego	143
10.6. Bilans materiałowy absorbera współprądowego	145
10.7. Absorpcja z recyrkulacją	146
10.8. Baterie absorpcyjne	148
10.9. Półka teoretyczna, wyznaczanie liczby półek teoretycznych	149
10.10. Wysokość warstwy wypełnienia	150
10.11. Pytania kontrolne i problemy	153
11. Ekstrakcja	155
11.1. Równowaga ekstrakcyjna	156
11.2. Ekstrakcja jednostopniowa	159
11.3. Ekstrakcja wielostopniowa współprądowa	163
11.4. Ekstrakcja przeciwprądowa	167
11.5. Stopień wyekstrahowania	171
11.6. Pytania kontrolne i problemy	172
12. Suszenie	175
12.1. Parametry materiału wilgotnego i powietrza wilgotnego	176
12.2. Równowagi suszarnicze	179
12.3. Bilans suszarki	181
12.4. Kinetyka suszenia, czas suszenia	183
12.5. Pytania kontrolne i problemy	186
13. Adsorpcja	188
13.1. Adsorbenty	189
13.2. Równowaga adsorpcyjna	191
13.3. Szybkość adsorpcji	196
13.4. Dynamika adsorpcji w adsorberze z nieruchomym złożem adsorbentu ..	197
13.5. Sposoby realizacji procesu adsorpcji	202
13.6. Pytania kontrolne i problemy	205
14. Procesy membranowe	207
14.1. Klasyfikacja procesów membranowych	208
14.2. Membrana, moduł membranowy, instalacja membranowa	211
14.3. Transport masy w membranach, opory transportu	216
14.4. Polaryzacja stężeniowa	218
14.5. Odwrócona osmoza (RO)	219

14.6. Mikrofiltracja (MF), ultrafiltracja (UF) oraz nanofiltracja (NF)	222
14.7. Permeacja gazów (GP)	224
14.8. Perwaporacja (PV)	226
14.9. Destylacja membranowa (MD)	228
14.10. Pytania kontrolne i problemy	232
10.2. Podstawowe zależności teoretyczne	137
10.3. Modele wykonania masy przenikającej	139
10.4. Przeliczenie stężeń w fazach gazowej i cieplnej na stężenia w fazie	143
10.5. Bilans materiałowy absorpcji przeciwprądowej	145
10.6. Bilans materiałowy absorpcji współprądowej	147
10.7. Absorpcja z recykulacją	149
10.8. Bilans absorpcyjny	151
10.9. Polka teoretyczna, wyznaczanie liczby pól teoretycznych	153
10.10. Wyższe wartości wydzielania	155
10.11. Pytania kontrolne i problemy	157
11. Ekstrakcja	159
11.1. Równowaga ekstrakcyjna	161
11.2. Ekstrakcja jednostopniowa	163
11.3. Ekstrakcja wielostopniowa współprądowa	165
11.4. Ekstrakcja przeciwprądowa	167
11.5. Stopień wyekstrahowania	169
11.6. Pytania kontrolne i problemy	171
12. Suszenie	173
12.1. Parametry materiału wilgotnego i powietrza wilgotnego	175
12.2. Równowaga susznicza	177
12.3. Bilans suszarki	179
12.4. Kinetyka suszenia, czas suszenia	181
12.5. Pytania kontrolne i problemy	183
13. Adsorpcja	185
13.1. Adsorbent	187
13.2. Równowaga adsorpcyjna	189
13.3. Szybkość adsorpcji	191
13.4. Dynamika adsorpcji w adsorbencie z niezerowym czasem adsorpcji	193
13.5. Sposoby realizacji procesu adsorpcji	195
13.6. Pytania kontrolne i problemy	197
14. Procesy membranowe	201
14.1. Klasyfikacja procesów membranowych	203
14.2. Membrany, model membrany, właściwości membrany	205
14.3. Transport masy w membranach, opory transportu w fazach	207
14.4. Bilans procesów	209
14.5. Odwrócona osmoza (RO)	211