

SPIS TREŚCI

Przedmowa	11
Wykaz ważniejszych oznaczeń	13
1. Wprowadzenie	23
Część I. Podstawy teoretyczne mechaniki płynów	31
2. Właściwości fizyczne płynów	32
2.1. Parametry intensywne płynu.....	32
2.2. Zależność między podstawowymi parametrami płynu.....	34
2.3. Właściwości dyssypatywne płynów - zależności konstytutywne.....	42
2.3.1. Lepkość płynów.....	42
2.3.2. Przewodnictwo cieplne.....	49
2.3.3. Dyfuzja.....	51
2.4. Napięcie powierzchniowe i włoskowatość.....	52
2.5. Prężność pary nasyconej.....	57
2.6. Ciepło właściwe płynów.....	58
3. Kinematyka płynów	61
3.1. Siły występujące w mechanice płynów.....	61
3.2. Pola fizyczne.....	61
3.3. Linie prądu.....	64
3.4. Ruch elementu płynu.....	67
3.5. Metody analizy ruchu płynów.....	71
4. Równania różniczkowe bilansu masy, pędu i energii	79
4.1. Wprowadzenie.....	79
4.2. Równanie różniczkowe bilansu masy.....	80
4.3. Równanie różniczkowe bilansu pędu dla płynu jednorodnego.....	82
4.4. Różniczkowe równanie bilansu energii.....	89
4.5. Różniczkowe równanie bilansu składnika płynu.....	91
5. Rozwiązania analityczne równań ruchu	97
5.1. Równanie Eulera.....	97
5.2. Równanie Bernoulliego.....	99
5.3. Przepływ laminarny.....	104
5.3.1. Przepływ laminarny między płaskimi płytami.....	104
5.3.2. Przepływ laminarny w przewodzie o przekroju kołowym.....	108
5.3.3. Laminarny spływ cieczy po ścianie pionowej.....	111

6. Rozwiązania równań ruchu dla płynów rzeczywistych.....	114
6.1. Przepływy laminarne.....	114
6.1.1. Istota przepływu laminarnego.....	114
6.2. Krytyczna liczba Reynoldsa.....	116
6.3. Przepływy turbulentne.....	118
6.3.1. Istota przepływu turbulentnego.....	118
6.3.2. Rozkład prędkości płynu w rurze.....	120
6.3.3. Naprężenia Reynoldsa.....	122
6.4. Warstwa przyścienna.....	127
6.4.1. Wprowadzenie.....	127
6.4.2. Laminarna i turbulentna warstwa przyścienna.....	129
6.4.3. Oderwanie warstwy przyściennej.....	133
6.5. Zasady modelowania przepływów płynów rzeczywistych.....	137
6.6. Podobieństwo zjawisk przepływowych.....	138
 Część II. Techniczne zastosowania mechaniki płynów.....	147
7. Zakres technicznych zastosowań mechaniki płynów.....	148
8. statyka płynów.....	150
8.1. Równanie równowagi płynu.....	150
8.2. Równowaga bezwzględna płynu.....	152
8.2.1. Równowaga w potencjalnym polu sił masowych.....	152
8.2.2. Równowaga podczas braku sił masowych.....	153
8.2.3. Równowaga w polu sił ciężkości.....	154
8.2.4. Naczynia połączone.....	156
8.2.5. Zasada ciągu kominowego.....	160
8.2.6. Równowaga atmosfery ziemskiej.....	164
8.3. Napór cieczy na powierzchnie ścian.....	167
8.3.1. Powierzchnie płaskie.....	167
8.3.2. Powierzchnie zakrzywione.....	174
8.4. Napór cieczy na ciała zanurzone.....	178
8.4.1. Wypór hydrostatyczny.....	178
8.4.2. Pływanie ciał.....	180
8.5. Równowaga względna cieczy.....	184
8.5.1. Ruch postępowy naczynia.....	184
8.5.2. Ruch obrotowy naczynia.....	187
8.5.3. Kształt swobodnej powierzchni cieczy.....	190
 9. Równania bilansów masy, pędu i energii dla skończonych objętości płynu.....	191
9.1. Strumień objętości płynu i prędkość średnia.....	191
9.2. Całkowa forma równania bilansu masy.....	193
9.2.1. Zależność podstawowa.....	193
9.2.2. Równanie ciągłości przepływu.....	194
9.3. Całkowa forma równania bilansu pędu.....	195
9.3.1. Zależności podstawowe.....	195
9.3.2. Równanie bilansu pędu dla przepływu jednowymiarowego.....	197
9.3.3. Reakcja płynu w przepływie zewnętrznym.....	199

9.3.4.	Reakcja płynu wypływającego ze zbiornika.....	204
9.4.	Równanie zachowania krętu.....	206
9.4.1.	Podstawowe równanie maszyn przepływowych.....	206
9.4.2.	Równanie wiru swobodnego.....	208
9.5.	Całkowa postać równania bilansu energii.....	211
9.5.1.	Zależność podstawowa.....	211
9.5.2.	Równanie bilansu energii dla przepływu jednowymiarowego.....	214
10.	Przepływy w przewodach zamkniętych.....	215
10.1.	Wprowadzenie.....	215
10.2.	Równanie bilansu energii mechanicznej dla rzeczywistej strugi.....	217
10.3.	Linijowe straty ciśnienia.....	219
10.4.	Straty ciśnienia wskutek oporów miejscowych.....	226
10.4.1.	Przepływ przez przewody o nagłej zmianie przekroju.....	231
10.4.2.	Zwężki pomiarowe.....	236
10.4.3.	Przewody zbieżne i rozbieżne.....	239
10.5.	Straty ciśnienia w przewodach.....	242
10.5.1.	Przewód pojedynczy.....	242
10.5.2.	Przewody połączone szeregowo.....	248
10.5.3.	Przewody równoległe.....	250
10.5.4.	Sieci przewodów.....	251
10.5.5.	Dobór średnicy przewodu.....	254
10.6.	Wpływ cieczy ze zbiorników.....	255
10.6.1.	Ustalony wpływ cieczy ze zbiornika.....	255
10.6.2.	Nieustalony wpływ cieczy ze zbiornika.....	259
10.6.3.	Przystawki.....	263
10.7.	Problemy przepływowe w wentylacji.....	265
10.7.1.	Wprowadzenie.....	265
10.7.2.	Przewody rozdzielcze.....	266
10.7.3.	Nawiew i wywiew powietrza.....	268
11.	Współdziałanie przewodu i maszyn przepływowych.....	273
11.1.	Pompy.....	274
11.1.1.	Krótką charakterystyka pomp.....	274
11.1.2.	Klasyfikacja pomp wporowych.....	275
11.1.3.	Klasyfikacja pomp wirowych.....	280
Ramka 11.1.	Historia urządzeń pompowych.....	286
11.1.4.	Parametry układu pompowego.....	291
11.1.5.	Bilans energetyczny układu pompowego.....	301
11.1.6.	Charakterystyki pomp.....	302
11.1.7.	Klasyfikacja układów pompowych.....	305
11.1.8.	Kawitacja.....	307
11.2.	Wentylatory.....	313
11.2.1.	Parametry charakteryzujące pracę wentylatorów.....	314
11.2.2.	Zredukowane parametry pracy wentylatora.....	316
11.2.3.	Charakterystyka wentylatora.....	317
11.2.4.	Charakterystyka sieci.....	318
11.2.5.	Współpraca wentylatora z siecią.....	319

11.2.6.	Szeregowa współpraca wentylatorów.....	321
11.2.7.	Równoległa współpraca wentylatorów.....	323
11.3.	Sprężarki.....	325
11.3.1.	Sprężanie czynników gazowych.....	325
11.3.2.	Cechy charakterystyczne sprężarek różnego typu.....	329
11.4.	Strumienice.....	332
12.	Przepływy w kanałach.....	334
12.1.	Informacje ogólne.....	334
12.2.	Ruch jednostajny.....	338
12.3.	Optymalny przekrój kanału.....	343
12.4.	Ruch spokojny i rwący.....	346
12.5.	Przelewy.....	352
13.	Przepływ przez warstwy sypkie i porowate.....	365
13.1.	Wprowadzenie.....	365
13.2.	Prawo Darcy'ego.....	368
13.3.	Rozwiązania równań filtracji.....	373
13.3.1.	Przepływ równomierny.....	373
13.3.2.	Dopływ wody gruntowej do rowu i drenu.....	375
13.3.3.	Studnie.....	378
13.3.3.	Współdziałanie zespołu studzien.....	382
13.4.	Procesy membranowe.....	386
14.	Opływ ciał.....	388
14.1.	Siły działające na opływane ciało.....	388
14.2.	Opór tarcia i opór ciśnienia.....	395
14.3.	Opływ budynków.....	401
15.	Przepływy płynów ściśliwych.....	405
15.1.	Wprowadzenie.....	405
15.2.	Prędkość dźwięku.....	406
15.3.	Parametry całkowite.....	408
15.4.	Wypływ gazu ściśliwego ze zbiornika.....	410
15.5.	Dysza de Laval.....	417
15.6.	Przepływy gazu ściśliwego w rurociągach.....	421
15.7.	Przepływ cieczy ściśliwej.....	423
15.7.1.	Prędkość fali ciśnieniowej.....	424
15.7.2.	Proste i nieproste uderzenie hydrauliczne.....	430
15.7.3.	Sposoby osłabienia uderzenia hydraulicznego.....	431
16.	Rozprzestrzenianie się w środowisku zanieczyszczeń pasywnych.....	435
16.1.	Wprowadzenie.....	435
16.2.	Rozprzestrzenianie się na drodze dyfuzji ustalonej i nieustalonej.....	436
16.3.	Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń podczas przepływu płynu.....	439
16.3.1.	Podstawy rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w rzekach i kanałach.....	443
16.3.2.	Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w powietrzu.....	445
16.4.	Czynniki wpływające na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń.....	448
16.4.1.	Wprowadzenie.....	448

16.4.2. Czynniki meteorologiczne.....	449
16.4.3. Czynniki topograficzne.....	459
16.4.4. Czynniki technologiczne.....	460
16.5. Punktowe źródła emisji zanieczyszczeń.....	463
17. Czas przebywania płynu w zbiorniku.....	469
17.1. Wprowadzenie.....	469
17.2. Funkcje rozkładu czasu przebywania płynu w zbiorniku.....	470
17.3. Modele przepływu idealnego.....	475
17.4. Modele przepływów w zbiornikach rzeczywistych.....	481
17.5. Segregacja płynu.....	490
18. Pomiary parametrów przepływu płynów jednofazowych.....	492
18.1. Pomiary ciśnień.....	492
18.2. Pomiary prędkości przepływu.....	498
18.2.1. Sondy ciśnieniowe.....	499
18.2.2. Anemometry.....	505
18.2.3. Termoanemometry.....	506
18.2.4. Anemometry laserowe.....	507
18.2.5. Urządzenia wizualizacyjne.....	509
18.3. Pomiary strumienia objętości lub strumienia masy płynu.....	510
18.3.1. Przepływomierze zwężkowe.....	511
18.3.2. Przepływomierze pływakowe.....	513
18.3.3. Przepływomierze różne.....	515
18.3.4. Pomiary przepływu cieczy w kanałach otwartych.....	516
Literatura.....	518
Wykaz przykładów rachunkowych.....	520
Skorowidz nazwisk uczonych przedstawionych w notkach biograficznych.....	522
Skorowidz rzeczowy.....	524
Słownik polsko-angielski wybranych terminów z zakresu mechaniki płynów.....	532