

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	11
1. WPROWADZENIE	15
2. PODSTAWOWE PRAWA I RÓWNANIA	17
2.1. Pojęcie ciągłości i płynności	17
2.2. Objętość płynna i objętość kontrolna	20
2.3. Równania zachowania	21
2.3.1. Uwagi ogólne	21
2.3.2. Równanie zachowania masy	22
2.3.3. Równanie zachowania pędu	23
2.3.4. Równanie zachowania momentu pędu	24
2.3.5. Równanie zachowania energii	24
2.3.6. Podstawowe równania mechaniki płynów	25
2.4. Turbulencja	27
2.4.1. Charakterystyka zjawiska	27
2.4.2. Równania Reynoldsa	29
2.4.3. Modele turbulencji	29
2.4.4. Współczynnik lepkości turbulentnej	31
2.4.4.1. Uwagi ogólne	31
2.4.4.2. Wzory algebraiczne	32
2.4.4.3. Model Prandtla	33
2.4.4.4. Model Kołmogorowa-Prandtla	33
2.4.4.5. Model $k-\epsilon$	34
2.5. Równanie Bernoulliego	34
2.5.1. Przypadek cieczy nielepkiej	34
2.5.2. Przypadek cieczy lepkiej	40
2.6. Kinematyczna klasyfikacja przepływów	43
2.7. Ruch falowy	46
3. WYZNACZANIE PROFILI PRĘDKOŚCI	52
3.1. Formułowanie zagadnienia	52
3.2. Wyznaczanie tachoid dla przepływów ustalonych, jednostajnych	56
3.2.1. Ruch jednokierunkowy, laminarny	56
3.2.2. Ruch jednokierunkowy, burzliwy	61
3.3. Wyznaczanie tachoid dla przepływów ustalonych, niejednostajnych	71
3.3.1. Ruch laminarny	72
3.3.2. Ruch burzliwy	78

3.4. Określanie grubości warstwy cieczy	79
3.5. Przypadek ogólny. Warunki kinematyczne	80
3.6. Stosowanie krzywoliniowych układów współrzędnych	83
3.6.1. Uwagi ogólne	83
3.6.2. Dobór układu współrzędnych	84
3.6.3. Reprezentacja równań zachowania	87
4. PRZEPŁYWY PODŁUŻNE	93
4.1. Wiadomości wstępne	93
4.1.1. Definicja przepływu podłużnego	93
4.1.2. Charakterystyka geometryczna	97
4.1.3. Schematyzacja koryt naturalnych	105
4.1.4. Charakterystyka hydrauliczna	112
4.2. Równania modelu podłużnego	119
4.2.1. Zależności podstawowe	119
4.2.1.1. Równanie zachowania masy	119
4.2.1.2. Równanie zachowania pędu	122
4.2.1.3. Bilans niewiadomych i równań	127
4.2.2. Dyskusja członów zależności podstawowych	127
4.2.2.1. Adwekcja	127
4.2.2.2. Dopływ boczny	128
4.2.2.3. Ciśnienie zewnętrzne	129
4.2.2.4. Naprężenie turbulentne	129
4.2.2.5. Naprężenie styczne na poboczniczy	130
4.2.2.6. Odchyłka prędkości podłużnej	133
4.2.3. Dyspersja pędu w przepływie podłużnym	133
4.2.3.1. Ogólna charakterystyka zjawiska	133
4.2.3.2. Współczynnik de Saint-Venanta	136
4.2.3.3. Współczynnik dyspersji pędu	136
4.2.4. Przepływ ustalony, jednostajny	138
4.2.4.1. Wzór Chézy	138
4.2.4.2. Krzywe prędkości i wydatku	144
4.2.4.3. Przekroje nieregularne	146
4.2.4.4. Przekrój najkorzystniejszy hydraulicznie	148
4.2.4.5. Ruch krytyczny	149
4.2.5. Przepływ ustalony, niejednostajny	150
4.2.5.1. Równanie linii zwierciadła cieczy	150
4.2.5.2. Warunek graniczny	152
4.2.5.3. Wyznaczanie linii zwierciadła cieczy	152
4.2.5.4. Zastosowanie równania Bernoulliego	153
4.2.5.5. Analiza układów zwierciadła wody	155
4.2.5.6. Zmiana charakteru przepływu	159
4.2.6. Przepływ nieustalony, niejednostajny	160
4.2.6.1. Równania de Saint-Venanta	160
4.2.6.2. Formułowanie zagadnienia	163
4.2.6.3. Przetawienie zmiennych niezależnych	171
4.2.6.4. Równania ruchu w postaci ogólnej	174
4.2.6.5. Bezwymiarowe postacie równań ruchu	176
4.2.6.6. Uprozczone postacie równań ruchu	179
4.2.7. Sieci kanałów otwartych	182
4.2.7.1. Ogólna charakterystyka sieci	182
4.2.7.2. Połączenia i punkty skrajne odcinków sieci	183

4.2.7.3. Przepływy ustalone w sieciach	187
4.2.7.4. Przepływy nieustalone w sieciach	191
4.2.7.5. Metoda uproszczona	192
5. PRZEPŁYWY PŁASKIE POZIOME	194
5.1. Pojęcia ogólne	194
5.1.1. Rzeczywisty ruch płaski poziomy	194
5.1.2. Definicja modelu płaskiego poziomego	197
5.1.3. Charakterystyka geometryczna	200
5.1.4. Charakterystyka hydrauliczna	202
5.2. Podstawowe równania modelu	203
5.2.1. Równanie zachowania masy	203
5.2.2. Równanie zachowania pędu	204
5.2.3. Bilans równań i niewiadomych	208
5.3. Dyskusja członów równań podstawowych	208
5.3.1. Adwekcja	208
5.3.2. Dopływ zewnętrzny	209
5.3.3. Przyspieszenie Coriolisa	209
5.3.4. Ciśnienie zewnętrzne	212
5.3.5. Napężenie powierzchniowe	213
5.3.6. Warstwa Ekmana	215
5.3.7. Napężenie denne	217
5.3.8. Tensor napężenia	218
5.3.9. Napężenia turbulentne	219
5.3.10. Dyspersja pędu w przepływie płaskim	221
5.4. Przepływ nieustalony, niejednostajny	223
5.4.1. Równania ruchu	223
5.4.2. Formułowanie zagadnienia	224
5.5. Przepływ ustalony, niejednostajny	227
5.5.1. Równania ruchu	227
5.5.2. Formułowanie zagadnienia	229
5.6. Przepływ jednokierunkowy, dwuwymiarowy	229
5.7. Model de Saint-Venanta dla ruchu płaskiego	230
5.8. Model Ekmana	234
6. PRZEPŁYWY PŁASKIE PIONOWE	236
6.1. Pojęcia ogólne	236
6.1.1. Rzeczywisty ruch płaski pionowy	236
6.1.2. Definicja modelu	237
6.1.3. Charakterystyka geometryczna	239
6.1.4. Charakterystyka hydrauliczna	240
6.2. Podstawowe równania modelu	241
6.2.1. Równanie zachowania masy	241
6.2.2. Równanie zachowania pędu	242
6.2.3. Warunek kinematyczny	247
6.2.4. Bilans równań i niewiadomych	248
6.3. Dyskusja członów podstawowych równań modelu	249
6.3.1. Napężenia boczne	249
6.3.2. Człon dyspersyjny	250
6.4. Przepływ nieustalony, niejednostajny	252
6.4.1. Równania ruchu	252
6.4.2. Formułowanie zagadnienia	254

6.5. Przepływ ustalony, niejednostajny	255
6.6. Ruch jednokierunkowy, dwuwymiarowy	256
7. ZJAWISKA LOKALNE	257
7.1. Uwagi ogólne	257
7.2. Przepływ cieczy przez przelew	257
7.2.1. Definicja pojęcia „przelew”	257
7.2.2. Obliczanie wydatku przelewu	259
7.2.3. Współczynnik wydatku	265
7.3. Wpływ cieczy przez otwór	267
7.3.1. Definicja pojęcia „otwór”	267
7.3.2. Obliczanie wydatku otworu	268
7.3.3. Współczynniki wydatku otworów	271
7.3.4. Wpływ przystawek	273
7.4. Odskok hydrauliczny	274
7.5. Zjawiska lokalne a obszary przepływowe	277
7.5.1. Przelewy i otwory	277
7.5.2. Odskok Bidone’a	280
8. MODELE KINEMATYCZNE	281
8.1. Definicja pojęcia „model kinematyczny”	281
8.2. Płaski ruch potencjalny	282
8.2.1. Podstawowe równania	282
8.2.2. Formułowanie zagadnienia	287
8.2.3. Uwagi o zastosowaniach	290
8.3. Przepływ płaski o stałej wirowości	293
8.3.1. Podstawowe równania	293
8.3.2. Formułowanie zagadnienia	294
8.3.3. Uwagi o zastosowaniach	294
8.4. Model biharmoniczny	295
8.4.1. Podstawowe równania	295
8.4.2. Formułowanie zagadnienia	296
8.4.3. Uwagi o zastosowaniach	298
8.5. Ruch śrubowy	301
8.5.1. Podstawowe równania	301
8.5.2. Formułowanie zagadnienia	303
8.5.3. Uwagi o zastosowaniach	304
8.6. Fale krótkie	305
9. FILTRACJA ZE SWOBODNĄ POWIERZCHNIĄ	310
9.1. Charakterystyka przepływu filtracyjnego	310
9.1.1. Omówienie zjawiska	310
9.1.2. Porowatość ośrodka	312
9.1.3. Prędkość filtracji	314
9.1.4. Równania zachowania	317
9.1.4.1. Równanie zachowania masy	318
9.1.4.2. Prawo Darcy	319
9.1.5. Współczynnik pojemności sprężystej	321
9.1.6. Przewodność hydrauliczna	324
9.2. Filtracja przestrzenna ze swobodną powierzchnią	327
9.2.1. Niewiadome i równania	327

9.2.2. Formułowanie zagadnienia	329
9.2.3. Rozwiązywanie zagadnienia	333
9.3. Filtracja płaska w poziomie	334
9.3.1. Rzeczywisty ruch płaski poziomy	334
9.3.2. Przepływ uśredniony, nieustalony	334
9.3.3. Podstawowe równania modelu	335
9.3.3.1. Równanie ciągłości	335
9.3.3.2. Uśrednianie prawa Darcy	336
9.3.3.3. Równanie Boussinesqa	337
9.3.4. Formułowanie zagadnienia	338
9.3.5. Przepływ uśredniony, ustalony	340
9.4. Filtracja płaska w pionie	341
9.4.1. Rzeczywisty ruch płaski pionowy	341
9.4.2. Przepływ uśredniony, nieustalony	344
9.4.3. Podstawowe równania modelu	344
9.4.3.1. Równanie ciągłości	344
9.4.3.2. Uśrednianie prawa Darcy	345
9.4.3.3. Warunek kinematyczny na swobodnej powierzchni	345
9.4.4. Formułowanie zagadnienia	346
9.4.5. Przepływ uśredniony, ustalony	347
9.5. Filtracja podłużna	347
9.5.1. Uwagi ogólne	347
9.5.2. Podstawowe równania modelu podłużnego	348
9.5.2.1. Charakterystyka modelu	348
9.5.2.2. Równanie ciągłości	348
9.5.2.3. Prawo Darcy	349
9.5.2.4. Równanie Boussinesqa dla modelu podłużnego	350
9.5.3. Formułowanie zagadnienia	350
9.5.4. Zagadnienie ustalone	351
10. PRZEPŁYW ZE SWOBODNĄ POWIERZCHNIĄ PŁYNÓW NIENEWTONOWSKICH	353
10.1. Wprowadzenie	353
10.2. Charakterystyka cieczy nienewtonowskich	354
10.2.1. Klasyfikacja	354
10.2.2. Płyny niezależne od czasu	354
10.2.3. Płyny zależne od czasu	356
10.2.4. Płyny lepkosprężyste	357
10.3. Równanie de Saint-Venanta dla cieczy nienewtonowskich	358
10.3.1. Uwagi ogólne	358
10.3.2. Przypadek cieczy Bingham	358
10.3.2.1. Ruch jednostajny, ustalony	358
10.3.2.2. Ruch niejednostajny, ustalony	360
10.3.2.3. Ruch niejednostajny, nieustalony	361
10.3.3. Przypadek cieczy Ostwalda	362
10.3.3.1. Ruch jednostajny, ustalony	362
10.3.3.2. Ruch niejednostajny, ustalony	363
10.3.3.3. Ruch niejednostajny, nieustalony	363
DODATEK A. IZOTROPIA	365
A1. Omówienie pojęcia	365
A2. Reprezentacje funkcji izotropowych	367

DODATEK B. POCHODNA SUBSTANCJALNA	370
DODATEK C. OPERATORY POLA WE WSPÓŁRZĘDNYCH WALCOWYCH I SFERYCZNYCH	374
DODATEK D. WŁASNOŚCI RÓWNAŃ HIPERBOLICZNYCH I ICH UKŁADÓW	376
D1. Klasyfikacja równań różniczkowych cząstkowych i ich układów	376
D2. Postać kanoniczna układu hiperbolicznego	379
D3. Formułowanie zagadnienia dla układów hiperbolicznych	381
LITERATURA	387
SKOROWIDZ NAZWISK	389
SKOROWIDZ RZECZOWY	391