

SPIS RZECZY

PRZEDMOWA	9
ZESTAWIENIE WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	10
CZĘŚĆ PIERWSZA. PODSTAWY MECHANIKI PŁYNÓW	13
1. PODSTAWOWE POJĘCIA I ZAŁOŻENIA. PŁYNY I NIEKTÓRE ICH WŁAŚCIWOŚCI	13
1.1. Określenie i podział mechaniki płynów	13
1.1.1. Przedmiot mechaniki płynów	13
1.1.2. Określenie płynu	13
1.1.3. Płyny jako ośrodek ciągły	14
1.2. Właściwości płynów	14
1.2.1. Gęstość, ciężar właściwy, objętość właściwa	14
1.2.2. Ścisłość	16
1.2.3. Rozszerzalność cieplna	18
1.2.4. Lepkość	18
1.2.5. Rozpuszczalność gazów w cieczach oraz parowanie cieczy	21
1.3. Siły działające w płynach	22
1.3.1. Siły masowe	23
1.3.2. Siły powierzchniowe	24
1.3.3. Stan naprężeń w punkcie	25
1.3.4. Ciśnienie jako wielkość skalarowa	27
1.3.5. Rodzaje i jednostki ciśnienia	29
1.4. Koncepcje podstawowe	30
1.4.1. Pola fizyczne i ich klasyfikacja	30
1.4.2. Opis przepływu i jego klasyfikacja	31
1.4.3. Rodzaje przepływów	32
1.4.4. Podział mechaniki płynów	35
2. PODSTAWOWE POJĘCIA I TWIERDZENIA KINEMATYKI PŁYNÓW	36
2.1. Metody badań ruchu płynu	36

2.1.1. Metoda Lagrange'a	36
2.1.2. Metoda Eulera	38
2.2. Tor elementu płynu i linia prądu	40
2.3. Strumień objętości i strumień masy	42
2.4. Cyrkulacja wektora prędkości. Twierdzenie Stokesa	43
2.5. Ruch lokalny płynu. Pierwsze twierdzenie Helmholtza	45
2.5.1. Ruch elementu płynu	45
2.5.2. Prędkość kątowna i prędkość deformacji elementu płynu	48
2.6. Przepływ potencjalny (bezwirowy) płynu	53
2.6.1. Przestrzenny przepływ potencjalny	53
2.6.2. Przykłady przestrzennych pól potencjalnych	55
2.6.3. Płaski ruch potencjalny	58
2.6.4. Przykłady płaskich pól potencjalnych	60
2.7. Ruch wirowy płynu. Drugie twierdzenie Helmholtza	63
3. PODSTAWOWE RÓWNANIA MECHANIKI PŁYNÓW	67
3.1. Zasada zachowania masy	67
3.1.1. Ogólna postać równania ciągłości	67
3.1.2. Równanie ciągłości ruchu jednowymiarowego	69
3.1.3. Strumień przepływu i prędkość średnia	71
3.2. Zasada zachowania pędu	72
3.2.1. Ogólna postać zasady zachowania pędu	72
3.2.2. Równanie zachowania pędu płynu nielepkiego i nieściśliwego (cieczy doskonałej)	73
3.3. Zasada zachowania momentu pędu	74
3.4. Zasada zachowania energii	76
3.4.1. Ogólna postać zasady zachowania energii całkowitej	76
3.4.2. Równanie zachowania energii płynu nielepkiego i nieprzewodzącego ciepła	77
4. STATYKA PŁYNÓW	80
4.1. Równowaga płynu	80
4.1.1. Warunki równowagi płynów. Prawo Pascala	80
4.1.2. Równowaga w potencjalnym polu sił masowych	82
4.1.3. Równowaga cieczy w ziemskim polu grawitacyjnym	82
4.1.4. Równowaga cieczy w naczyniach połączonych	85
4.1.5. Zasada pomiaru ciśnień statycznych. Manometry cieczowe	86
4.1.6. Równowaga atmosfery ziemskiej	89
4.1.7. Równowaga względna cieczy podczas postępowego i obrotowego ruchu naczynia	93
4.2. Napór płynów na ściany naczyń	98
4.2.1. Napór hydrostatyczny na ściany płaskie	98

4.2.2. Wyznaczanie naporu metodą wykreślną	101
4.2.3. Napór hydrostatyczny na ściany zakrzywione	102
4.2.4. Napór gazu	104
4.3. Napór płynów na ciała w nich zanurzone.....	104
4.3.1. Wypór hydrostatyczny. Prawo Archimedesesa	104
4.3.2. Równowaga ciał zanurzonych.....	106
4.3.3. Stateczność równowagi ciał pływających	107
5. DYNAMIKA PŁYNU NIELEPKIEGO I NIEPRZEWODZĄCEGO CIEPŁA ...	111
5.1. Podstawowe równanie ruchu płynu doskonałego.....	111
5.1.1. Równanie Eulera w postaci ogólnej	112
5.1.2. Równanie Eulera w formie Lamba i Gromeki	112
5.2. Całkowanie równań Eulera.....	113
5.2.1. Całka Cauchy'ego–Lagrange'a	114
5.2.2. Całka Bernoulliego.....	116
5.3. Niektóre zastosowania równania Bernoulliego	118
5.3.1. Graficzna interpretacja równania Bernoulliego.....	118
5.3.2. Zastosowanie równania Bernoulliego w zagadnieniach pomiaru prędkości i strumienia objętości.....	120
5.3.3. Zastosowanie równania Bernoulliego w zagadnieniach wypływu przez otwory i przystawki.....	129
5.3.4. Zjawiska towarzyszące przepływowi przez przewężenia	140
5.3.5. Optyw walca o przekroju kołowym. Siła nośna.....	145
5.4. Zastosowanie zasady zachowania pędu i momentu pędu.....	152
5.4.1. Reakcja hydrodynamiczna w przewodach	153
5.4.2. Reakcja płynu wypływającego	155
5.4.3. Reakcja strugi swobodnej na przegrodę nieruchomą	155
5.4.4. Reakcja strugi swobodnej na przegrodę ruchomą.....	159
5.4.5. Zmiana momentu pędu strugi.....	160
CZĘŚĆ DRUGA. PRZEPŁYWY PŁYNÓW LEPKICH	163
6. DYNAMIKA PŁYNÓW LEPKICH	163
6.1. Związek między odkształceniami elementu płynu i naprężeniami	163
6.1.1. Związki między odkształceniami a naprężeniami stycznymi.....	163
6.1.2. Związki między odkształceniami a naprężeniami normalnymi	165
6.2. Równanie Naviera–Stokesa.....	166
6.3. Podobieństwo i modelowanie przepływów	168
6.3.1. Podstawowe pojęcia analizy wymiarowej.....	168
6.3.2. Przestrzeń liniowa, przestrzeń wymiarowa i przestrzeń wymiarów.....	170
6.3.3. Funkcje wymiarowe	179
6.3.4. Postać funkcji wymiarowej	180

6.3.5. Podobieństwo modelowe.....	189
6.4. Przepływ laminarny.....	196
6.4.1. Istota przepływu laminarnego	196
6.4.2. Dokładne rozwiązania równania Naviera–Stokesa	200
6.5. Podstawy teorii warstwy przyściennej	207
6.5.1. Pojęcie warstwy przyściennej	207
6.5.2. Równania przepływu w laminarnej warstwie przyściennej	209
6.5.3. Zmiana pędu w warstwie przyściennej	213
6.6. Przejście przepływu laminarnego w turbulentny. Doświadczenie Reynoldsa ...	214
6.7. Elementy teorii przepływu turbulentnego	217
6.7.1. Istota przepływu turbulentnego i definicje parametrów uśrednionych	217
6.7.2. Równania ruchu w przepływie turbulentnym.....	220
6.7.3. Naprężenia turbulentne	224
6.8. Półempiryczne metody obliczania przepływów turbulentnych	227
6.8.1. Turbulentna warstwa przyścienna	227
6.8.2. Przepływy swobodne.....	230
6.8.3. Przepływy przyścienne.....	237
6.9. Oderwanie warstwy przyściennej	243
6.10. Opływ ciała stałego płynem. Czynniki wpływające na opór ciała	245
7. PRZEPŁYW PŁYNÓW W PRZEWODACH POD CIŚNIENIEM.....	251
7.1. Przepływ w przewodzie zamkniętym o przekroju kołowym.....	251
7.1.1. Przepływ turbulentny w przewodzie zamkniętym – profil prędkości ..	251
7.1.2. Równanie ustalonego ruchu płynu nieściśliwego.....	255
7.2. Straty hydrauliczne wywołane tarciami.....	258
7.2.1. Opory liniowe podczas przepływu płynów	258
7.2.2. Straty energii w przepływie nieizotermicznym	264
7.2.3. Zmniejszanie liniowych strat hydraulicznych w przepływie turbulentnym	264
7.3. Straty hydrauliczne wywołane oporami miejscowymi	266
7.3.1. Przepływ przez przewód prosty rozszerzający się	267
7.3.2. Przepływ przez przewód prosty zwężający się	271
7.3.3. Przepływ ze zmianą kierunku.....	273
7.3.4. Przepływ przez urządzenia dławiące.....	276
7.3.5. Łączenie i dzielenie się strug.....	278
7.3.6. Przepływ przez przewody spawane.....	279
7.3.7. Zależność współczynnika oporu miejscowego od liczby Reynoldsa... ..	280
7.3.8. Wzajemne oddziaływanie oporów miejscowych	282
7.4. Ustalony przepływ płynów w systemach hydraulicznych.....	283
7.4.1. Przepływ płynu nieściśliwego w systemie szeregowym	283
7.4.2. Charakterystyka przepływu przewodu (szeregowego systemu hydraulicznego).....	287

7.4.3. Wykres Ancony	290
7.4.4. Przepływ płynu nieściśliwego w systemach z węzłami	292
7.5. Nieustalony przepływ płynów w przewodach	301
7.5.1. Nieustalony przepływ lepkiej cieczy nieściśliwej	302
7.5.2. Uderzenie hydrauliczne	306
8. PRZEPŁYW CIECZY W PRZEWODACH OTWARTYCH	317
8.1. Podstawowe pojęcia	317
8.2. Klasyfikacja ruchu cieczy w kanałach otwartych	318
8.2.1. Ruchy równomierne i nierównomierne	318
8.2.2. Przepływy spokojne i rwące	318
8.3. Ruch równomierny w przewodach otwartych	318
8.3.1. Równanie Bernoulliego	318
8.3.2. Równanie hydrodynamiczne ruchu równomiernego	320
8.3.3. Formuły określające prędkość i współczynnik oporu	321
8.3.4. Rozkład prędkości w przekrojach: poziomym i pionowym	321
8.3.5. Najkorzystniejszy przekrój poprzeczny kanału	323
8.3.6. Przepływ w rurach niecałkowicie wypełnionych cieczą	324
8.4. Ruch nierównomierny w przewodach otwartych	325
8.4.1. Równanie nierównomiernego ruchu ustalonego	325
8.4.2. Energia rozporządzalna w przekroju przepływowym kanału	327
8.4.3. Przepływ spokojny i rwący	329
8.4.4. Próg wodny	330
9. RUCH PŁYNÓW W OŚRODKACH POROWATYCH	334
9.1. Opis przepływu w ośrodku porowatym	334
9.1.1. Podstawowe pojęcia	334
9.1.2. Filtracja wód gruntowych	335
9.1.3. Podstawowe zagadnienie filtracji. Doświadczenie Darcy'ego	336
9.2. Równania ruchu wód gruntowych	339
9.2.1. Równanie zachowania pędu w ruchu filtracyjnym	339
9.2.2. Równanie ciągłości przepływu w ośrodku porowatym	341
9.3. Niektóre rozwiązania równań filtracji wód gruntowych	343
9.3.1. Warunki brzegowe w zagadnieniach filtracji wód gruntowych	343
9.3.2. Równomierna filtracja wód gruntowych	344
9.3.3. Dopływ wody gruntowej do rowu	345
9.3.4. Dopływ wody gruntowej do studni	347
9.3.5. Współdziałanie zespołu studni	352
9.3.6. Współczynnik filtracji	354
10. WAŻNIEJSZE TABELI I WYKRESY DO OBLICZEŃ Z MECHANIKI PŁYNÓW	356

10.1. Dane pomocnicze	356
10.2. Właściwości fizyczne cieczy	357
10.3. Właściwości fizyczne gazów	363
10.4. Tabele współczynników przepływu i liczb ekspansji.....	366
10.5. Wpływ przez otwory i przystawki.....	369
10.6. Straty liniowe i miejscowe	371
LITERATURA	385