

Spis treści

Przedmowa	9
Spis ważniejszych oznaczeń	10
1. WSTĘP	13
1.1. Przedmiot mechaniki płynów	13
1.2. Struktura płynów	13
1.3. Własności fizyczne płynów	15
1.3.1. Gęstość płynu	15
1.3.2. Zjawiska przenoszenia w płynach	17
1.3.3. Napięcie powierzchniowe i włoskowatość	21
1.3.4. Ciśnienie wrzenia	24
1.4. Płyny rzeczywiste i doskonałe	25
2. PODSTAWOWE POJĘCIA I RÓWNANIA	27
2.1. Analityczne metody opisu ruchu płynu	27
2.2. Podstawowe pojęcia z teorii przepływów	29
2.3. Ruch elementu płynu	31
2.4. Siły działające w płynach	35
2.5. Podstawowe równania mechaniki płynów	36
2.5.1. Zasada zachowania masy	36
2.5.2. Zasada zachowania pędu	38
2.5.3. Zasada zachowania momentu pędu	40
2.5.4. Zasada zachowania energii	41
2.6. Równanie Naviera-Stokesa	42
3. ZASADY PODOBIEŃSTWA FIZYCZNEGO	50
3.1. Podobieństwo i analogia zjawisk fizycznych	50
3.2. Podobieństwo zjawisk fizycznych	51
3.3. Analiza podobieństwa ruchu cieczy	53
3.4. Sens fizyczny liczb podobieństwa dynamicznego	55
3.5. Możliwość jednoczesnego modelowania różnych sił	56
3.6. Analiza wymiarowa	57
4. STATYKA PŁYNÓW	61
4.1. Płyn w stanie spoczynku	61
4.2. Podstawowe równanie równowagi płynu	62
4.3. Zastosowanie równania równowagi płynu	64
4.4. Prawo Pascala	67
4.5. Przyrządy cieczowe do pomiaru ciśnienia	67
4.6. Parcie cieczy na ściany płaskie	72
4.7. Parcie cieczy na powierzchnie krzywe	75

4.8.	Wykresy parcia	78
4.9.	Wypór i równowaga ciał zanurzonych w cieczy	81
4.10.	Równowaga statyczna w atmosferze	86
5.	KINEMATYKA PŁYNÓW	90
5.1.	Geometryczne właściwości ruchu	90
5.2.	Ruch potencjalny	90
5.3.	Ruch potencjalny płaski	91
5.4.	Zastosowanie funkcji analitycznych do badania płaskiego ruchu potencjalnego	94
5.5.	Ruch wirowy	101
6.	DYNAMIKA PŁYNÓW NIELEPKICH	107
6.1.	Równania ruchu	107
6.2.	Całki równania ruchu – równanie Bernoulliego	108
7.	PRZEPŁYW CIECZY RZECZYWISTEJ	114
7.1.	Przepływ płynu lepkiego	114
7.2.	Równanie Hagen-Poiseuille’a	114
7.3.	Doświadczenie Reynoldsa	116
7.4.	Ruch laminarny	118
7.5.	Ruch turbulentny	119
7.5.1.	Równania Reynoldsa	121
7.5.2.	Teoria Prandtla	123
7.5.3.	Hipoteza Kołmogorowa	128
7.5.4.	Analiza statystyczna przepływu turbulentnego	129
7.5.5.	Zasady budowania modeli turbulencji	131
7.6.	Elementy teorii warstwy przyściennej	136
7.6.1.	Uwagi wstępne	136
7.6.2.	Laminarna i turbulentna warstwa przyścienna	137
7.6.3.	Oderwanie warstwy przyściennej	140
7.6.4.	Wiry Benarda-Kármána	141
7.7.	Strumień swobodny	141
8.	PRZEPŁYW CIECZY W PRZEWODACH POD CIŚNIENIEM	145
8.1.	Przepływy jednowymiarowe	145
8.2.	Równanie Bernoulliego dla cieczy rzeczywistej	148
8.3.	Straty liniowe	149
8.3.1.	Współczynnik oporów liniowych	151
8.4.	Straty miejscowe	154
8.5.	Obliczanie pojedynczych przewodów krótkich	160
8.6.	Lewar	169
8.7.	Obliczanie przewodów długich	171
8.8.	Układy przewodów	174
8.9.	Trzy zbiorniki	177
8.10.	Obliczanie sieci przewodów	179
8.10.1.	Sieć rozgałęziona	179
8.10.2.	Sieć pierścieniowa	180
8.10.3.	Metoda Crossa	181
8.11.	Pompa w układzie przewodów	188
8.12.	Zjawisko Venturiego	196
8.13.	Przepływ nieustalony w przewodach pod ciśnieniem	199
8.13.1.	Wahania w układzie dwóch zbiorników	199
8.13.2.	Zjawisko uderzenia hydraulicznego	204

8.13.3.	Uderzenie hydrauliczne w cieczy lepkiej	210
8.13.4.	Oddziaływanie fazy gazowej i sprężystości ścian na prędkość fali ciśnienia	214
8.14.	Kawitacja w przewodach	217
8.14.1.	Kawitacja w przewodach w warunkach ruchu ustalonego	219
8.14.2.	Kawitacja w ruchu nieustalonym	221
9.	RUCH CIECZY W PRZEWODACH BEZCIŚNIENIOWYCH	223
9.1.	Charakterystyka ruchu cieczy o swobodnym zwierciadle	223
9.2.	Równanie Saint-Venanta	224
9.3.	Ruch jednostajny w korytach otwartych	227
9.3.1.	Hydraulicznie najkorzystniejszy przekrój koryta	237
9.3.2.	Przewody kanalizacyjne	240
9.3.3.	Ruch krytyczny w korytach otwartych	244
9.3.4.	Prędkości graniczne w korytach otwartych	250
9.4.	Ustalony ruch wolnozmienny w korytach otwartych	251
9.5.	Ustalony ruch szybkozmienny w korytach otwartych	263
9.5.1.	Odskok hydrauliczny	264
9.5.2.	Przepływ przez próg	270
9.5.3.	Przepływ między filarami mostu	271
10.	PRZEPŁYW CIECZY PRZEZ OTWORY, PRZELEWY I PRZEPUSTY	276
10.1.	Klasyfikacja otworów	276
10.2.	Ustalony wypływ cieczy	277
10.3.	Wypływ nieustalony z otworów	285
10.4.	Przystawki	290
10.5.	Przelewy	292
10.5.1.	Przelewy o ostrej krawędzi	294
10.5.2.	Przelewy o kształtach praktycznych	297
10.5.3.	Przelewy o szerokiej koronie	298
10.5.4.	Przelewy boczne	299
10.5.5.	Przelewy proporcjonalne	302
10.6.	Wypływ spod zasuwy	305
10.7.	Przepusty	309
11.	DYNAMICZNE DZIAŁANIE STRUMIENIA	312
11.1.	Parcie i reakcja dynamiczna	312
11.2.	Parcie dynamiczne strumieni swobodnych	313
11.3.	Parcie strumienia w przewodzie	317
11.4.	Podstawowe równanie maszyn przepływowych	321
11.5.	Parcie na ciała opływane	323
11.6.	Swobodne opadanie cząstek	325
11.7.	Sedymentacja	327
12.	WYBRANE PROBLEMY DYNAMIKI GAZÓW	330
12.1.	Równania bilansu energii	330
12.2.	Własności termodynamiczne gazów	333
12.3.	Przepływ adiabatyczny gazu	337
12.3.1.	Wypływ adiabatyczny gazu przez otwory	337
12.3.2.	Wypływ gazu przez dyszę	342
12.3.3.	Prostopadła fala uderzeniowa	347
12.3.4.	Przepływ adiabatyczny gazu	348
12.3.5.	Wypływ gazu ze zbiornika przez przewód	352

12.4. Przepływ izotermiczny gazu	354
12.4.1. Obliczanie gazociągów złożonych	358
12.5. Nieizotermiczny przepływ gazu	360
12.6. Gazociągi niskiego ciśnienia	362
12.6.1. Pion gazowy	363
12.7. Przepływ nieustalony gazu	365
12.7.1. Rozprzestrzenianie się drobnych zaburzeń	365
12.7.2. Przepływ nieustalony o skończonej amplitudzie	368
13. PRZEPŁYWY W OŚRODKACH POROWATYCH	372
13.1. Podstawowe cechy ośrodka porowatego	372
13.2. Filtracja osadów	374
13.2.1. Filtracja osadu ze stałą stratą ciśnienia	377
13.2.2. Filtracja osadu ze stałą prędkością	377
13.3. Równania ruchu wód gruntowych	380
13.4. Współczynnik filtracji	385
13.5. Dopływ wody do rowów i drenów	388
13.6. Studnie	392
13.6.1. Studnia zwykła	392
13.6.2. Studnia pochłaniająca (absorbująca)	393
13.6.3. Studnia artezyjska	394
13.6.4. Studnie promieniste	395
13.7. Współdziałanie zespołu studzien	399
13.8. Przepływ przez zaporę ziemną	401
14. PRZEPŁYW PŁYNU Z WYMIANĄ CIEPŁA	407
14.1. Ruch ciepła w płynie	407
14.2. Równanie przenoszenia ciepła w strumieniu wody	408
14.3. Podobieństwo zjawisk wymiany ciepła	410
14.4. Rozkład prędkości w poprzecznym przekroju przewodu	412
14.5. Opory liniowe w instalacjach ogrzewczych	414
14.6. Współczynniki oporów miejscowych	415
14.7. Ciśnienie czynne w instalacjach ogrzewczych	417
15. PRZEPŁYWY W PRZEWODACH WENTYLACYJNYCH	419
15.1. Obliczanie przewodów wentylacyjnych	419
15.2. Podstawy teorii odpylania powietrza w cyklonach	422
16. ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ PASYWNYCH	426
16.1. Dyfuzja molekularna	426
16.2. Równanie dyfuzji z adwekcją	427
16.3. Dyfuzja z adwekcją w ruchu turbulentnym	430
16.4. Jednowymiarowe równania adwekcji-dyfuzji w korytach otwartych	432
16.5. Równanie przenoszenia ciepła w korytach otwartych	441
16.6. Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń gazowych w atmosferze	444
17. POMIARY PRĘDKOŚCI I NATĘŻENIA PRZEPŁYWU	447
17.1. Pomiar prędkości strugi	447
17.2. Pomiar natężenia przepływu	452
17.2.1. Pomiar z wykorzystaniem rurki spiętrzającej	452
17.2.2. Pomiar natężenia przepływu w przewodzie pracującym pod ciśnieniem	453
17.2.3. Pomiar natężenia przepływu w kanałach otwartych	459
BIBLIOGRAFIA	465