

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 Hagera-Poiseuille’a	114
7.3.	Doświadczenie Reynoldsa	117
7.4.	Ruch laminarny	119
7.5.	Ruch turbulentny	120
7.5.1.	Równania Reynoldsa	122
7.5.2.	Teoria Prandtla	124
7.5.3.	Hipoteza Kołmogorowa	129
7.5.4.	Analiza statystyczna przepływu turbulentnego	130
7.5.5.	Zasady budowania modeli turbulencji	132
7.6.	Elementy teorii warstwy przyściennej	137
7.6.1.	Uwagi wstępne	137
7.6.2.	Laminarna i turbulentna warstwa przyścienna	138
7.6.3.	Oderwanie warstwy przyściennej	141
7.6.4.	Wiry Benarda-Kármána	142
7.7.	Strumień swobodny	142
8.	PRZEPŁYW CIECZY W PRZEWODACH POD CIŚNIENIEM	146
8.1.	Przepływy jednowymiarowe	146
8.2.	Równanie Bernoulliego dla cieczy rzeczywistej	149
8.3.	Straty liniowe	152
8.3.1.	Współczynnik oporów liniowych	154
8.4.	Straty miejscowe	157
8.5.	Obliczanie pojedynczych przewodów krótkich	163
8.6.	Lewar	172
8.7.	Obliczanie przewodów długich	174
8.8.	Układy przewodów	177
8.9.	Trzy zbiorniki	180
8.10.	Obliczanie sieci przewodów	182
8.10.1.	Sieć rozgałęziona	182
8.10.2.	Sieć pierścieniowa	183
8.10.3.	Metoda Crossa	184
8.11.	Pompa w układzie przewodów	191
8.12.	Zjawisko Venturiego	199
8.13.	Przepływ nieustalony w przewodach pod ciśnieniem	202
8.13.1.	Wahania w układzie dwóch zbiorników	202
8.13.2.	Zjawisko uderzenia hydraulicznego	207

8.13.3. Uderzenie hydrauliczne w cieczy lepkiej	213
8.13.4. Oddziaływanie fazy gazowej i sprężystości ścian na prędkość fali ciśnienia	217
8.14. Kawitacja w przewodach	220
8.14.1. Kawitacja w przewodach w warunkach ruchu ustalonego	222
8.14.2. Kawitacja w ruchu nieustalonym	224
9. RUCH CIECZY W PRZEWODACH BEZCIŚNIENIOWYCH	226
9.1. Charakterystyka ruchu cieczy o swobodnym zwierciadle	226
9.2. Równanie Saint-Venanta	227
9.3. Ruch jednostajny w korytach otwartych	230
9.3.1. Hydraulicznie najkorzystniejszy przekrój koryta	240
9.3.2. Przewody kanalizacyjne	243
9.3.3. Ruch krytyczny w korytach otwartych	247
9.3.4. Prędkości graniczne w korytach otwartych	253
9.4. Ustalony ruch wolnozmienny w korytach otwartych	254
9.5. Ustalony ruch szybkozmienny w korytach otwartych	266
9.5.1. Odskok hydrauliczny	267
9.5.2. Przepływ przez próg	273
9.5.3. Przepływ między filarami mostu	274
10. PRZEPIY W CIECZY PRZEZ OTWORY, PRZELEWY I PRZEPUSTY	279
10.1. Klasyfikacja otworów	279
10.2. Ustalony wypływ cieczy	280
10.3. Wypływ nieustalony z otworów	288
10.4. Przystawki	293
10.5. Przelewy	295
10.5.1. Przelewy o ostrej krawędzi	297
10.5.2. Przelewy o kształtach praktycznych	300
10.5.3. Przelewy o szerokiej koronie	301
10.5.4. Przelewy boczne	302
10.5.5. Przelewy proporcjonalne	305
10.6. Wypływ spod zasuw	308
10.7. Przepusty	312
11. DYNAMICZNE DZIAŁANIE STRUMIENIA	315
11.1. Parcie i reakcja dynamiczna	315
11.2. Parcie dynamiczne strumieni swobodnych	316
11.3. Parcie strumienia w przewodzie	320
11.4. Podstawowe równanie maszyn przepływowych	324
11.5. Parcie na ciała opływane	326
11.6. Swobodne opadanie cząstek	328
11.7. Sedymentacja	330
12. WYBRANE PROBLEMY DYNAMIKI GAZÓW	333
12.1. Równania bilansu energii	333
12.2. Własności termodynamiczne gazów	336
12.3. Przepływ adiabatyczny gazu	340
12.3.1. Wypływ adiabatyczny gazu przez otwory	340
12.3.2. Wypływ gazu przez dyszę	345
12.3.3. Prostopadła fala uderzeniowa	350
12.3.4. Przepływ adiabatyczny gazu	351
12.3.5. Wypływ gazu ze zbiornika przez przewód	355

12.4.	Przepływ izotermiczny gazu	357
12.4.1.	Obliczanie gazociągów złożonych	361
12.5.	Nieizotermiczny przepływ gazu	363
12.6.	Gazociągi niskiego ciśnienia	365
12.6.1.	Pion gazowy	366
12.7.	Przepływ nieustalony gazu	368
12.7.1.	Rozprzestrzenianie się drobnych zaburzeń	368
12.7.2.	Przepływ nieustalony o skończonej amplitudzie	371
13.	PRZEPLYWY W OŚRODKACH POROWATYCH	375
13.1.	Podstawowe cechy ośrodka porowatego	375
13.2.	Filtracja osadów	377
13.2.1.	Filtracja osadu ze stałą stratą ciśnienia	380
13.2.2.	Filtracja osadu ze stałą prędkością	380
13.3.	Równania ruchu wód gruntowych	383
13.4.	Współczynnik filtracji	388
13.5.	Dopływ wody do rowów i drenów	391
13.6.	Studnie	395
13.6.1.	Studnia zwykła	395
13.6.2.	Studnia pochłaniająca (absorbująca)	396
13.6.3.	Studnia artezyjska	397
13.6.4.	Studnie promieniste	398
13.7.	Współdziałanie zespołu studzien	402
13.8.	Przepływ przez zaporę ziemną	404
14.	PRZEPLYW PŁYNU Z WYMIANĄ CIEPŁA	410
14.1.	Ruch ciepła w płynie	410
14.2.	Równanie przenoszenia ciepła w strumieniu wody	411
14.3.	Podobieństwo zjawisk wymiany ciepła	413
14.4.	Rozkład prędkości w poprzecznym przekroju przewodu	415
14.5.	Oporo liniowe w instalacjach ogrzewczych	417
14.6.	Współczynniki oporów miejscowych	418
14.7.	Ciśnienie czynne w instalacjach ogrzewczych	420
15.	PRZEPLYWY W PRZEWODACH WENTYLACYJNYCH	422
15.1.	Obliczanie przewodów wentylacyjnych	422
15.2.	Podstawy teorii odpylania powietrza w cyklonach	425
16.	ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ PASYWNYCH	429
16.1.	Dyfuzja molekularna	429
16.2.	Równanie dyfuzji z adwekcją	430
16.3.	Dyfuzja z adwekcją w ruchu turbulentnym	433
16.4.	Jednowymiarowe równania adwekcji-dyfuzji w korytach otwartych	435
16.5.	Równanie przenoszenia ciepła w korytach otwartych	444
16.6.	Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń gazowych w atmosferze	447
17.	POMIARY PRĘDKOŚCI I NATĘŻENIA PRZEPLYWU	450
17.1.	Pomiar prędkości strugi	450
17.2.	Pomiary natężenia przepływu	455
17.2.1.	Pomiary z wykorzystaniem rurki spiętrzającej	455
17.2.2.	Pomiary natężenia przepływu w przewodzie pracującym pod ciśnieniem	456
17.2.3.	Pomiary natężenia przepływu w kanałach otwartych	462
BIBLIOGRAFIA		468