

# Spis treści

---

---

Przedmowa	9
Spis ważniejszych oznaczeń	10
<b>1. WSTĘP</b>	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
<b>2. PODSTAWOWE POJĘCIA I RÓWNANIA</b>	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
<b>3. ZASADY PODOBIEŃSTWA FIZYCZNEGO</b>	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
<b>4. STATYKA PŁYNÓW</b>	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
<b>5.</b>	<b>KINEMATYKA PŁYNÓW</b>	<b>90</b>
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
<b>6.</b>	<b>DYNAMIKA PŁYNÓW NIELEPKICH</b>	<b>107</b>
6.1.	Równania ruchu	107
6.2.	Całki równania ruchu – równanie Bernoulliego	108
<b>7.</b>	<b>PRZEPIY W CIECZY RZECZYWISTEJ</b>	<b>114</b>
7.1.	Przepływ płynu lepkiego	114
7.2.	Równanie Hagena-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 Kolmogorowa	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 przyściana	137
7.6.3.	Oderwanie warstwy przyściennej	140
7.6.4.	Wiry Benarda-Kármána	141
7.7.	Strumień swobodny	141
<b>8.</b>	<b>PRZEPIY W CIECZY W PRZEWODACH POD CIŚNIENIEM</b>	<b>145</b>
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 niustalonym	221
<b>9. RUCH CIECZY W PRZEWODACH BEZCIŚNIENIOWYCH</b>	<b>223</b>
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
<b>10. PRZEPIY W CIECZY PRZEZ OTWORY, PRZELEWY I PRZEPUSTY</b>	<b>276</b>
10.1. Klasyfikacja otworów	276
10.2. Ustalony wypływ cieczy	277
10.3. Wypływ niustalony 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 zasowy	305
10.7. Przepusty	309
<b>11. DYNAMICZNE DZIAŁANIE STRUMIENIA</b>	<b>312</b>
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
<b>12. WYBRANE PROBLEMY DYNAMIKI GAZÓW</b>	<b>330</b>
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 niustalony gazu . . . . .	365
12.7.1. Rozprzestrzenianie się drobnych zaburzeń . . . . .	365
12.7.2. Przepływ niustalony o skończonej amplitudzie . . . . .	368
<b>13. PRZEPIĘTYWY W OŚRODKACH POROWATYCH . . . . .</b>	<b>372</b>
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
<b>14. PRZEPIĘTYW PŁYNU Z WYMIANĄ CIEPŁA . . . . .</b>	<b>407</b>
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
<b>15. PRZEPIĘTYWY W PRZEWODACH WENTYLACYJNYCH . . . . .</b>	<b>419</b>
15.1. Obliczanie przewodów wentylacyjnych . . . . .	419
15.2. Podstawy teorii odpylania powietrza w cyklonach . . . . .	422
<b>16. ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ PASYWNYCH . . . . .</b>	<b>426</b>
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
<b>17. POMIARY PRĘDKOŚCI I NATĘŻENIA PRZEPIĘTYWU . . . . .</b>	<b>447</b>
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
<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>465</b>