

Spis treści

Przedmowa	7
Spis ważniejszych oznaczeń	8
1. WSTĘP	11
1.1. Przedmiot mechaniki płynów	11
1.2. Struktura płynów	11
1.3. Własności fizyczne płynów	13
1.3.1. Gęstość płynu	13
1.3.2. Zjawiska przenoszenia w płynach	15
1.3.3. Napięcie powierzchniowe i włoskowatość	19
1.3.4. Ciśnienie wrzenia	22
1.4. Płyny rzeczywiste i doskonałe	23
2. PODSTAWOWE POJĘCIA I RÓWNANIA	24
2.1. Analityczne metody opisu ruchu płynu	24
2.2. Podstawowe pojęcia z teorii przepływów	26
2.3. Ruch elementu płynu	28
2.4. Siły działające w płynach	32
2.5. Podstawowe równania mechaniki płynów	33
2.5.1. Zasada zachowania masy	33
2.5.2. Zasada zachowania pędu	35
2.5.3. Zasada zachowania momentu pędu	37
2.5.4. Zasada zachowania energii	38
2.6. Równanie Naviera-Stokesa	39
3. ZASADY PODOBIENSTWA FIZYCZNEGO	47
3.1. Podobieństwo i analogia zjawisk	47
3.2. Podobieństwo zjawisk fizycznych	48
3.3. Analiza podobieństwa ruchu cieczy	50
3.4. Sens fizyczny liczb podobieństwa dynamicznego	52
3.5. Możliwość jednoczesnego modelowania różnych sił	53
3.6. Analiza wymiarowa	54
4. STATYKA PŁYNÓW	58
4.1. Płyn w stanie spoczynku	58
4.2. Podstawowe równanie równowagi płynu	59
4.3. Zastosowanie równania równowagi płynu	61
4.4. Prawo Pascala	64
4.5. Przyrządy cieczowe do pomiaru ciśnienia	64

4.6.	Parcie cieczy na ściany płaskie	69
4.7.	Parcie cieczy na powierzchnie krzywe	72
4.8.	Wykresy parcia	75
4.9.	Wypór i równowaga ciał zanurzonych w cieczy	78
4.10.	Równowaga statyczna w atmosferze	83
5.	KINEMATYKA PŁYNÓW	87
5.1.	Geometryczne właściwości ruchu	87
5.2.	Ruch potencjalny	87
5.3.	Ruch potencjalny płaski	88
5.4.	Zastosowanie funkcji analitycznych do badania płaskiego ruchu potencjalnego ..	91
5.5.	Ruch wirowy	98
6.	DYNAMIKA PŁYNÓW NIELEPKICH	101
6.1.	Równania ruchu	101
6.2.	Całki równania ruchu – równanie Bernoulliego	102
7.	PRZEPŁYW CIECZY RZECZYWISTEJ	108
7.1.	Przepływ płynu lepkiego	108
7.2.	Równanie Hagena-Poiseuille’a	108
7.3.	Doświadczenie Reynoldsa	110
7.4.	Ruch laminarny	112
7.5.	Ruch turbulentny	113
7.5.1.	Równania Reynoldsa	115
7.5.2.	Teoria Prandtla	117
7.5.3.	Hipoteza Kołmogorowa	122
7.5.4.	Analiza statystyczna przepływu turbulentnego	123
7.5.5.	Zasady budowania modeli turbulencji	125
7.6.	Elementy teorii warstwy przyściennej	130
7.6.1.	Uwagi wstępne	130
7.6.2.	Laminarna i turbulentna warstwa przyścienna	131
7.6.3.	Oderwanie warstwy przyściennej	133
7.6.4.	Wiry Benarda-Kármána	134
7.7.	Zjawisko kawitacji	135
8.	PRZEPŁYW CIECZY W PRZEWODACH POD CIŚNIENIEM	138
8.1.	Przepływy jednowymiarowe	138
8.2.	Równanie Bernoulliego dla cieczy rzeczywistej	141
8.3.	Straty liniowe	142
8.3.1.	Współczynnik oporów liniowych	144
8.4.	Straty miejscowe	147
8.5.	Obliczanie pojedynczych przewodów krótkich	153
8.6.	Lewar	162
8.7.	Obliczanie przewodów długich	164
8.8.	Układy przewodów	167
8.9.	Trzy zbiorniki	170
8.10.	Obliczanie sieci przewodów	172
8.10.1.	Sieć rozgałęziona	172
8.10.2.	Sieć pierścieniowa	173
8.10.3.	Metoda Crossa	174
8.11.	Pompa w układzie przewodów	181
8.12.	Zjawisko Venturiego	189

8.13.	Przepływ nieustalony w przewodach pod ciśnieniem	192
8.13.1.	Wahania w układzie dwóch zbiorników	192
8.13.2.	Zjawisko uderzenia hydraulicznego	197
8.13.3.	Uderzenie hydrauliczne w cieczy lepkiej	203
8.13.4.	Oddziaływanie fazy gazowej i sprężystości ścian na prędkość fali ciśnienia	207
8.14.	Kawitacja w przewodach	210
8.14.1.	Kawitacja w ruchu ustalonym	210
8.14.2.	Kawitacja w ruchu nieustalonym	212
9.	RUCH CIECZY W PRZEWODACH BEZCIŚNIENIOWYCH	214
9.1.	Charakterystyka ruchu cieczy o swobodnym zwierciadle	214
9.2.	Równanie Saint-Venanta	215
9.3.	Ruch jednostajny w korytach otwartych	218
9.3.1.	Hydraulicznie najkorzystniejszy przekrój koryta	228
9.3.2.	Przewody kanalizacyjne	231
9.3.3.	Ruch krytyczny w korytach otwartych	235
9.3.4.	Prędkości graniczne w korytach otwartych	241
9.4.	Ustalony ruch wolnozmienny w korytach otwartych	242
9.5.	Ustalony ruch szybkozmienny w korytach otwartych	254
9.5.1.	Odskok hydrauliczny	255
9.5.2.	Przepływ przez próg	259
9.5.3.	Przepływ między filarami mostu	260
10.	PRZEPŁYW CIECZY PRZEZ OTWORY, PRZELEWY I PRZEPUSTY	264
10.1.	Klasyfikacja otworów	264
10.2.	Ustalony wypływ cieczy	265
10.3.	Wypływ nieustalony z otworów	271
10.4.	Przystawki	274
10.5.	Przelewy	276
10.5.1.	Przelewy o ostrej krawędzi	278
10.5.2.	Przelewy o kształtach praktycznych	281
10.5.3.	Przelewy o szerokiej koronie	282
10.5.4.	Przelewy boczne	283
10.5.5.	Przelewy proporcjonalne	286
10.6.	Przepusty	289
11.	DYNAMICZNE DZIAŁANIE STRUMIENIA	292
11.1.	Parcie i reakcja dynamiczna	292
11.2.	Parcie dynamiczne strumieni swobodnych	293
11.3.	Parcie strumienia w przewodzie	297
11.4.	Podstawowe równanie maszyn przepływowych	301
11.5.	Parcie na ciała opływane	303
11.6.	Swobodne opadanie cząstek	305
11.7.	Sedymentacja	307
12.	WYBRANE PROBLEMY DYNAMIKI GAZÓW	307
12.1.	Równania bilansu energii	307
12.2.	Własności termodynamiczne gazów	307
12.3.	Przepływ adiabatyczny gazu	307
12.3.1.	Wypływ adiabatyczny gazu przez otwory	307
12.3.2.	Wypływ gazu przez dyszę	307
12.3.3.	Prostopadła fala uderzeniowa	307

12.3.4.	Przepływ adiabatyczny gazu	.....
12.3.5.	Wypływ gazu ze zbiornika przez przewód	.....
12.4.	Przepływ izotermiczny gazu	.....
12.4.1.	Obliczanie gazociągów złożonych	.....
12.5.	Nieizotermiczny przepływ gazu	.....
12.6.	Gazociągi niskiego ciśnienia	.....
12.6.1.	Pion gazowy	.....
12.7.	Przepływ nieustalony gazu	.....
12.7.1.	Rozprzestrzenianie się drobnych zaburzeń	.....
12.7.2.	Przepływ nieustalony o skończonej amplitudzie	.....
13.	PRZEPŁYWY W OŚRODKACH POROWATYCH	.....
13.1.	Podstawowe cechy ośrodka porowatego	.....
13.2.	Filtracja osadów	.....
13.2.1.	Filtracja osadu ze stałą stratą ciśnienia	.....
13.2.2.	Filtracja osadu ze stałą prędkością	.....
13.3.	Równania ruchu wód gruntowych	.....
13.4.	Współczynnik filtracji	.....
13.5.	Dopływ wody do rowów i drenów	.....
13.6.	Studnie	.....
13.6.1.	Studnia zwykła	.....
13.6.2.	Studnia pochłaniająca (absorbująca)	.....
13.6.3.	Studnia artezyjska	.....
13.6.4.	Studnie promieniste	.....
13.7.	Współdziałanie zespołu studzien	.....
13.8.	Przepływ przez zaporę ziemną	.....
14.	PRZEPŁYW PŁYNU Z WYMIANĄ CIEPŁA	.....
14.1.	Ruch ciepła w płynie	.....
14.2.	Równanie przenoszenia energii cieplnej w strumieniu wody	.....
14.3.	Podobieństwo zjawisk wymiany ciepła	.....
14.4.	Rozkład prędkości w poprzecznym przekroju przewodu	.....
14.5.	Opory liniowe w instalacjach ogrzewczych	.....
14.6.	Współczynniki oporów miejscowych	.....
14.7.	Ciśnienie czynne w instalacjach ogrzewczych	.....
15.	PRZEPŁYWY W PRZEWODACH WENTYLACYJNYCH	.....
15.1.	Obliczanie przewodów wentylacyjnych	.....
15.2.	Podstawy teorii odpylania powietrza w cyklonach	.....
16.	ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ PASYWNYCH	.....
16.1.	Dyfuzja molekularna	.....
16.2.	Równanie dyfuzji z adwekcją	.....
16.3.	Dyfuzja z adwekcją w ruchu turbulentnym	.....
16.4.	Jednowymiarowe równania adwekcji-dyfuzji w korytach otwartych	.....
16.5.	Równanie przenoszenia energii cieplnej w korytach otwartych	.....
16.6.	Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń gazowych w atmosferze	.....
17.	POMIARY PRĘDKOŚCI I NATĘŻENIA PRZEPŁYWU	.....
17.1.	Pomiar prędkości strugi	.....
17.2.	Pomiary natężenia przepływu	.....
17.2.1.	Pomiary z wykorzystaniem rurki spiętrzającej	.....
17.2.2.	Pomiary natężenia przepływu w przewodzie pracującym pod ciśnieniem	.....
17.2.3.	Pomiary natężenia przepływu w kanałach otwartych	.....
BIBLIOGRAFIA		.....