

# SPIS TREŚCI

Wprowadzenie .....	9
1. Kinematyka płynów .....	11
1.1. Opis ruchu ośrodka płynnego .....	11
1.2. Tory poruszających się elementów płynu. Linie prądu .....	19
1.3. Przyspieszenie całkowite. Pochodna substancjalna .....	22
1.4. Równanie ciągłości. Zasada zachowania masy .....	24
2. Dynamika płynu doskonałego .....	29
2.1. Równania dynamiki płynu doskonałego .....	29
2.2. Wybrane rozwiązania równań dynamiki płynu doskonałego .....	34
2.2.1. Prawo Pascala .....	34
2.2.2. Prawo hydrostatyki .....	34
2.2.3. Prawo aerostatyki .....	36
2.2.4. Równanie Bernoulliego .....	38
2.2.5. Wzór Torricellego .....	42
2.3. Zastosowanie równań dynamiki płynu doskonałego do zagadnień tech- nicznych .....	43
2.3.1. Równowaga względna płynów .....	43
2.3.2. Spiętrzeniowe metody pomiaru prędkości ruchu płynu .....	50
2.3.3. Zwężkowe metody pomiaru prędkości ruchu płynu .....	53
2.3.4. Napór (parcie) płynów na ścianki obiektów, z którymi się stykają .....	57
2.3.5. Prawo Archimedesesa .....	63
2.3.6. Stabilność obiektów pływających .....	64
2.3.7. Czas wypływu cieczy ze zbiornika .....	67
2.3.8. Natężenie przepływu przez przelew .....	68
3. Dynamika płynu rzeczywistego .....	71
3.1. Równania dynamiki płynu rzeczywistego. Formuła Newtona na naprę- żenia styczne w płynach .....	71
3.2. Warstwa przyścienna. Równanie warstwy przyściennej .....	81
3.3. Przykłady rozwiązań równań dynamiki płynu rzeczywistego w układzie współrzędnych prostokątnych .....	83

3.4. Przykłady rozwiązań równań dynamiki płynu rzeczywistego w układzie współrzędnych cylindrycznych.....	87
3.5. Lepkość. Współczynniki lepkości.....	92
4. Turbulencja przepływów .....	97
4.1. Zjawisko turbulencji.....	97
4.2. Charakterystyka turbulencji.....	100
4.3. Równania dynamiki płynu rzeczywistego w ruchu turbulentnym .....	102
4.4. Uprozczone modele turbulencji .....	104
5. Ruch płynów rzeczywistych w przewodach zamkniętych .....	107
5.1. Równanie Bernoulliego dla płynu rzeczywistego .....	107
5.2. Formuła Darcy – Weisbacha. Współczynniki strat .....	108
5.3. Ruch płynu w przewodach wypełnionych ośrodkiem porowatym .....	111
5.4. Uderzenie hydrauliczne.....	111
6. Oddziaływanie dynamiczne pomiędzy płynem a opływającymi ciałami w oparciu o zasadę pędu i popędu .....	113
7. Opływ obiektów płynem rzeczywistym. Ruch obiektów w płynie rzeczywistym ....	117
7.1. Siły oporu aerodynamicznego. Aerodynamiczne siły nośne.....	117
7.2. Charakterystyka geometryczna profili aerodynamicznych.....	120
7.3. Charakterystyka dynamiczna profili aerodynamicznych .....	121
7.4. Współczynnik oporu niektórych figur geometrycznych i wybranych modeli pojazdów .....	126
7.5. Metody wyznaczania współczynników oporu aerodynamicznego i aerodynamicznych współczynników siły nośnej.....	127
7.5.1. Wyznaczanie współczynnika oporu aerodynamicznego obiektu metodą cienia (ślądu) aerodynamicznego .....	127
7.5.2. Wyznaczanie współczynnika siły nośnej obiektu metodą pomiaru rozkładu ciśnień na powierzchni obiektu .....	128
7.5.3. Wyznaczanie współczynników oporu i współczynników siły nośnej przy użyciu wagi aerodynamicznej .....	129
8. Przykłady zjawisk przepływowych występujących w przyrodzie i technice.....	133
8.1. Przepływ tornado-podobny.....	133
8.2. Ścieżki wirowe von Karmana .....	137
8.3. Efekt Ranque.....	139
8.4. Efekt Magnusa .....	140
8.5. Efekt Bjerknesa .....	141
8.6. Efekt Coandy .....	142
8.7. Kawitacja.....	143
8.8. Wiry kawitacyjne .....	144

9. Dynamika gazów .....	147
9.1. Rozprzestrzenianie się zaburzeń izentropowych w gazach .....	148
9.2. Równanie Bernoulliego dla izentropowego przepływu gazu .....	150
9.3. Rozprzestrzenianie się w gazach zaburzeń nieizentropowych.....	152
9.4. Obszary rozprzestrzeniania się zaburzeń ciśnienia i gęstości propago- wanych przez objekty będące w ruchu .....	155
10. Przepływ ustalony płynu ściśliwego przez przewody o zmiennym przekroju.....	161
10.1. Równanie Hugoniota.....	161
10.2. Dysza de Laval.....	163
11. Analiza przepływów w oparciu o dwuwymiarowe modele procesu.....	165
11.1. Zastosowanie dwuwymiarowych modeli przepływu do rozwiązywania problemów technicznych .....	165
11.2. Zastosowanie funkcji zmiennej zespolonej do opisu przepływów płaskich.....	167
11.3. Przykłady zastosowań funkcji zmiennej zespolonej do opisu przepływów płaskich .....	171
12. Podobieństwo zjawisk fizycznych .....	185
12.1. Definicja podobieństwa zjawisk fizycznych .....	185
12.2. Podobieństwo dynamiczne przepływów.....	185
12.3. Bezwymiarowa postać równań dynamiki przepływów (Naviera – Stokesa). Liczby kryterialne podobieństwa zjawisk przepływowych.....	186
12.4. Określanie kryteriów podobieństwa metodą analizy wymiarowej .....	191
13. Dodatek .....	193
13.1. Układ współrzędnych walcowych (cylindrycznych).....	193
13.2. Zapis masy w mechanice płynów.....	195
13.3. Strumień wektora przez powierzchnię.....	196
13.4. Operatory różniczkowe.....	197
13.5. Potencjał pola wektorowego .....	198
13.6. Cyrkulacja wektora prędkości .....	198
13.7. Gradient .....	200
13.8. Divergencja (rozbieżność, źródłowość) .....	201
13.9. Rotacja (wirowość) .....	203
13.10. Zmienne zespolone. Funkcje zespolone zmiennej zespolonej.....	208
<b>Wykaz ważniejszych oznaczeń .....</b>	<b>211</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>213</b>
<b>Spis rysunków .....</b>	<b>215</b>
<b>Spis fotografii .....</b>	<b>221</b>