LIUDMILA ŢURCANU

DINAMICA GAZELOR

ÎN

MAŞINI TERMICE
ŞI
PNEUMATICE

Editura ACADEMICA
Galaţi – 2001

Tl 1660Cda

LIUDMILA ŢURCANU

DINAMICA GAZELOR

ÎN

MAŞINI TERMICE
ŞI
PNEUMATICE

218398





Editura ACADEMICA
Galaţi – 2001

BIBLIOGRAFIE

1. **Abramovici, G. N.**, *Angewandte Gasdynamik*, VEB Verlag, Berlin, 1968.
2. **Abramovici, G. N.**, *Prikladnaia gazovaia dinamika*, Nauka, Moscova, 1991.
3. **Bird, G. A.**, *Molekuliarnaia gazovaia dinamika* (traducere din lb. Engleză în lb. rusă), Izd. Mir, Moscova, 1981.
4. **Carafoli, E., Constantinescu, V. N.**, *Dinamica fluidelor incompresibile*, Ed. Academiei R. S. R., Bucureşti, 1981.
5. **Deič, M. E., Zarjankin, A. E.**, *Ghidrogazodinamica*, Energoizdat, Moscova, 1984.
6. **Dulov, V. G., Lukianov, G. A.**, *Gazodinamica proţesov istecenia*, Nauka, Novosibirsk, 1984.
7. **Eckert, B.**, *Axialkompressoren und Radialkompressoren*, Springer Verlag, Berlin, 1958.
8. **Ivanovič, A. P.**, *Mehanika židkosti i gaza*, Višcă Škola, Harkov, 1977.
9. **Kruglov, M. G., Mednov, A. A.**, *Gazovaia dinamica combinirovanuh dvigatelei vnutrennego sgorania*, Maşinostroenie, Moscova, 1988.
10. **Kutadeladze, S. S., Leontiev, A. I.**, *Teploobmen i trenie v turbulentnom pogranicinom sloe*, Energopromizdat, Moscova, 1985.
11. **Landau, L., Lifschitz, E.**, *Mecanique des fluides*, Izd. Mir, Moscova, 1971.
12. **Leontieva, A. I.**, *Gazovaaia dinamika*. Mehanika jidkosti i gaza, Moscova, 1997.
13. **Liepmann, H. W., Roshko, A.**, *Elements of Gasdynamics*, John Wieley and Sons, New York, 1957.
14. **Loiţianskii, L. G.**, *Mehanika Jidkosti i gaza*, Izd. Nauka, Moscova, 1987.
15. **Mc. Adams, W. H.**, *Heat Transmission*, Mc Graw-Hill, New York, 1942.
16. **Reynolds, A. J.**, *Curgeri turbulente în tehnică*, (Traducere din limba engleză), Ed. Tehnică, Bucureşti, 1982.
17. **Rolly, R. M.**, *Introduction to Gasdynamics*, Ed. John Wiley and Sons, New York, 1962.
18. **Samoilovici, G. S.**, *Ghidrogazodinamika*, Maşinostroenie, Moscova, 1990.
19. **Săvulescu, S. N., Dumitrescu, H., Georgescu, A., Bucur, M.**, *Cercetări matematice în teoria modernă a stratului lomită*, Ed. Academiei R.S.R., Bucureşti, 1981.
20. **Schlichting, H.**, *Boundary Layer Theory*, New York, McGraw Hill, Book Company Inc., 1970.
21. **Shapiro, A. H.**, *The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow*, Ronald Press, New York, 1953.
22. **Stepanov, G. I.**, *Ghidrodinamica reşetok turbomaşin*, Fizmatgiz, Moscova, 1962.
23. **Ştefănescu D., Marinescu M., Ganea I.**, *Termogazodinamica tehnică*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1986.
24. **Teman, R.**, *Uravnenie Nawier Stocksa* (traducere din lb. engleză în rusă), Izd. Mir, Moscova, 1981.
25. **Todicescu, Al.**, *Mecanica fluidelor şi maşini pneumatice*, E.D.P., Bucureşti, 1974.
26. **Troupel, W.**, *Termische Turbomaschinen*, Springer Verlag, Berlin, 1958.
27. **Vasilescu, Al. A.**, *Analiza dimensională şi teoria similitudinii*, Ed. Academiei R. S. R., Bucureşti, 1969.
28. *** *Ghidrogazodinamika tehniceskih sistem, sbornic nauceskih trudov*, Naukova dumka, Kiev, 1985.

CUPRINS

Pag.
Prefață. 3

CAPITOLUL 1
Noțiuni introductive 5
1.1 Generalități 5
1.2 Scurt istoric privind dezvoltarea dinamicii gazelor 17

CAPITOLUL 2
Ecuațiile curgerii gazelor 19
2.1 Reprezentarea mișcării unui fluid 19
2.1.1 Sistemul Lagrange 19
2.1.2 Sistemul Euler 20
2.2 Forțe care acționează în curentul de gaz 22
2.3 Ecuațiile de mișcare a fluidului 27
2.3.1 Ecuațiile mișcării fluidului ideal în forma Euler 29
2.3.2 Ecuațiile de mișcare a fluidului vâscos 31
2.4 Ecuațiile fundamentale ale gazodinamicii 33
2.4.1 Ecuația de continuitate 33
2.4.2 Ecuația de conservare a energiei 37
2.4.3 Ecuația conservării cantității de mișcare 39
2.4.4 Ecuația conservării momentului cantității de mișcare 41
2.4.5 Ecuația mișcării turbionare 42

CAPITOLUL 3
Modele de curgere a gazului. 43
3.1 Curgerea unidirecțională și cvaziunidirecțională 43
3.1.1 Stabilirea ecuațiilor fundamentale ale curgerii cvaziunidirecționale. 44
3.1.1.1 Ecuația de continuitate în curgerea cvaziunidirecțională 44
3.1.1.2 Ecuația de conservare a impulsului în mișcarea cvaziunidirecțională . . 46
3.1.1.3 Ecuația conservării energiei în mișcarea cvaziunidirecțională 49
3.2 Curgerea staționară unidirecțională a gazului 53
3.3 Curgerea axial – simetrică a gazului în canale 56
3.3.1 Curgerea adiabatică, staționară, axial-simetrică , supersonică a gazului fără vâscozitate 57
3.4 Mișcarea potențială 63
3.4.1 Mișcarea plan-paralelă 68
3.4.2 Curgerea circulară în vârtejul unitar 69
3.5 Curgerea gazelor în regim nestaționar 70

CAPITOLUL 4
Metode de studiere a dinamicii gazelor 75
4.1 Metoda similitudinii 75
4.1.1 Noțiuni de principiu 75
4.1.2 Teorema π 77
4.1.3 Utilizarea metodei similitudinii în studiul fenomenelor gazodinamice 80
4.1.3.1 Stabilirea mărimilor fizice și a ecuațiilor caracteristice 80
4.1.3.2 Stabilirea criteriilor și a ecuațiilor criteriale 80
4.1.3.2.1 Principalele criterii de similitudine folosite în dinamica gazelor 85
4.1.3.3 Realizarea modelului simil 89
4.1.3.4 Interpretarea rezultatelor cercetărilor experimentale efectuate pe model 91
4.2 Stratul limită dinamic și termic 91
4.2.1 Ecuațiile de mișcare a fluidului în stratul limită 93
4.2.1.1 Ecuațiile de curgere în stratul limită laminar, pentru fluidul vâscos incompresibil 94
4.2.1.2 Ecuațiile curgerii fluidului compresibil în stratul limită laminar 98
4.2.2 Stratul limită dinamic laminar 99
4.2.3 Stratul limită dinamic tranzitoriu 107
4.2.4 Stratul limită dinamic turbulent 113
4.2.5 Stratul limită dinamic la curgerea gazelor prin canale și conducte 117
4.2.6 Stratul limită dinamic al mediului bifazic monocomponent 118
4.2.7 Stratul limită termic 122
4.2.8 Relații de calcul al mărimilor caracteristice ale stratului limită dinamic și termic 127

CAPITOLUL 5
Funcțiile gazodinamice 131

CAPITOLUL 6
Curgerea gazelor prin canale și conducte 138
6.1 Curgerea adiabat-neizentropică a gazului perfect. Influența frecării asupra curgerii gazelor prin conducte 140
6.1.1 Curgerea adiabată cu frecare a gazului perfect prin canale sau conducte foarte lungi 144
6.2 Curgerea fără frecare a gazelor perfecte prin canale sau conducte foarte lungi cu schimb de căldură cu pereții 149
6.2.1 Influența scimbului de căldură asupra pierderii de presiune 149
6.2.2 Influența schimbului de căldură asupra debitului de gaz 151
6.3 Curgerea prin canale și conducte a mediului bifazic 153
6.3.1 Curgerea prin conducte și canale a mediului bifazic monocomponent cu umiditate $2\% < y_0 < 6\%$ 155

6.3.2 Curgerea mediului bifazic monocomponent cu umiditate $y_0 \geq 6\%$ 159
6.3.2.1 Curgerea mediului bifazic monocomponent cu umiditate mare ($y > 6\%$) prin conducte scurte 163
6.3.2.2 Curgerea mediului bifazic cu umiditate mare ($y > 6\%$) prin conducte foarte lungi 168
6.4 Calculul pierderilor de presiune în conducte 172
6.4.1 Calculul pierderilor liniare de presiune 172
6.4.2 Calculul pierderilor locale de presiune 178
6.5 Calculul conductelor şi a reţelelor de abur şi gaze 187
6.5.1 Alegerea vitezei de curgere a fluidului 187
6.5.2 Stabilirea diametrului conductei 189
6.5.3 Calculul pierderilor de presiune în conducte de abur şi gaze .. 189

CAPITOLUL 7
Curgerea gazelor prin ajutaje, difuzoare şi ejectoare 199
7.1 Forme de acţiune asupra gazului în curgere 199
7.2 Ecuaţia generală a curgerii accelerate 199
7.3 Tipuri de ajutaje 202
7.3.1 Ajutajul de debit 202
7.3.2 Ajutajul mecanic 203
7.3.3 Ajutajul termic 204
7.3.4 Ajutajul geometric 204
7.3.4.1 Ajutajul geometric teoretic (fără frecare) cu gaz perfect 204
7.3.4.2 Ajutajul geometric real (cu frecare) cu gaz perfect 211
7.3.4.3 Ajutajul geometric cu vapori 212
7.4 Curgerea gazelor prin difuzoare 216
7.5 Curgerea gazelor prin ejectoare 218
7.5.1 Ejectorul teoretic (fără frecare) cu gaze perfecte 219
7.5.2 Ejectorul real cu gaze perfecte 221

CAPITOLUL 8
Perturbaţii în procesele de curgere. Unda de şoc 225
8.1 Caracteristicile curgerii supersonice a gazelor perfecte 225
8.2 Viteza de deplasare a sunetului în mediu compresibil 227
8.3 Apariţia undei de şoc 229
8.4 Viteza de deplasare a undei de şoc 232
8.5 Unda de şoc dreaptă 235
8.5.1 Variaţia parametrilor gazului în unda de şoc dreaptă 235
8.5.1.1 Relaţia dintre vitezele din faţa şi din spatele undei de şoc 235
8.5.1.2 Mărimile fizice ale gazului perfect în adiabata de şoc dreaptă. Adiabata lui Huguenot 237
8.6 Unda de şoc oblică 242

8.6.1 Mărimile fizice ale gazului perfect în unda de şoc oblică 242
8.7 Propagarea perturbaţiilor în mediu bifazic monocomponent 254
8.8 Unda de detonaţie 257

CAPITOLUL 9
Jeturi de gaze 265
9.1 Mărimile caracteristice ale unui jet de gaz izoterm 267
9.1.1 Mărimile caracteristice ale jetului liber, rotund, izoterm 269
9.1.1.1 Variaţia vitezei axiale a gazului ..... .269
9.1.1.2 Variaţia vitezei în secţiunea transversală a jetului 270
9.1.1.3 Coeficientul de turbulenţă a jetului ..... .272
9.1.1.4 Evazarea jetului axial - simetric. 273
9.1.1.5 Izotahele jetului ..... .274
9.1.2 Calculul mărimilor caracteristice ale jetului rotund, izoterm .. 275
9.2 Jetul plan izoterm 278
9.3 Jeturi limitate ..... .279
9.4 Jeturi concurente 282
9.5 Jeturi neizoterme cu temperatură puţin diferită de a mediului ambiant 282

CAPITOLUL 10
Calculul gazodinamic al turbomaşinilor. ..... .285
10.1 Principiul obţinerii lucrului mecanic la arborele turbinei 286
10.2 Turbina cu o treaptă ..... .289
10.2.1 Trepta de turbină cu acţiune ..... .289
10.2.2 Treapta de turbină cu reacţiune. ..... .294
10.3 Turbina cu mai multe trepte 297
10.3.1 Turbina cu mai multe trepte, cu acţiune, cu trepte de viteză . .297
10.3.2 Turbina cu mai multe trepte, cu acţiune, cu trepte de presiune 299
10.3.3 Turbina cu mai multe trepte cu reacţiune 300
10.4 Treapta de turbocompresor 300

BIBLIOGRAFIE ..... .305

218398