

CUPRINS

PREFAȚĂ	V
CAPITOLUL 1. CONSIDERAȚII INTRODUCATIVE ASUPRA FIZICII TURBULENȚEI	1
1.1. Particularități și caracteristici.....	4
1.1.1. Proprietăți ale turbulenței.....	4
1.1.2. Studiul turbulenței aparține mecanicii mediilor continue.....	6
1.2. Valori medii și fluctuații.....	7
1.2.1. Medii statistice.....	8
1.2.2. Medii temporale.....	9
1.2.3. Medii pentru fluide compresibile.....	9
1.2.4. Mediere spațială și temporală.....	10
1.2.5. Fluctuații și corelații.....	11
1.2.6. Cazul stratului limită.....	14
1.3. Scări de turbulență.....	16
1.3.1. Timp de difuzie și timp de convecție.....	17
1.3.2. Difuzie moleculară și difuzie turbulentă.....	20
1.3.3. Scări laminare și scări turbulente.....	21
1.3.4. Scări mici de turbulență.....	22
1.4. Unele exemple clasice de mișcări turbulente.....	25
1.4.1. Ipoteza lungimii de amestec.....	27
1.4.2. Mișcarea prin conducte cilindrice.....	30
1.4.3. Stratul limită incompresibil pe placa plană.....	32
1.4.4. Jet turbulent.....	34
CAPITOLUL 2. ECUAȚIILE NAVIER-STOKES	37
2.1. Legi de conservare.....	37
2.1.1. Teorema de transfer.....	38
2.1.2. Conservarea masei.....	40
2.1.3. Conservarea cantității de mișcare.....	42
2.1.4. Conservarea energiei.....	45
2.1.5. Alte relații.....	48
2.2. Formulări ale ecuațiilor Navier-Stokes.....	50
2.2.1. Formularea conservativă locală.....	50
2.2.2. Formularea integrală conservativă.....	52
2.2.3. Formularea neconservativă locală.....	52
2.2.4. Formularea tensorială.....	52
2.2.5. Formularea adimensională.....	53
2.3. Proprietăți matematice ale ecuațiilor Navier-Stokes.....	55
2.3.1. Neliniaritatea.....	55
2.3.2. Simetrii.....	56
2.3.3. Condiții la limită.....	61
2.3.4. Asupra existenței și unicității soluției.....	63
2.3.5. Asupra integrării ecuațiilor Navier-Stokes.....	64
CAPITOLUL 3. DESCRIEREA STATISTICĂ A TURBULENȚEI	65
3.1. Ecuațiile mediate Reynolds.....	67
3.1.1. Fluide incompresibile.....	69
3.1.2. Fluide compresibile.....	70
3.1.3. Comentarii privind ecuațiile mediate Reynolds.....	73
3.2. Ecuațiile energiei cinetice.....	75
3.2.1. Ecuația energiei cinetice medii.....	76
3.2.2. Ecuația energiei cinetice turbulente.....	79
3.3. Ecuațiile de transport al tensiunilor Reynolds.....	83
3.3.1. Fluide incompresibile.....	83
3.3.2. Fluide compresibile.....	88
3.4. Ecuațiile corelațiilor duble ale vitezelor în două puncte.....	90
3.4.1. Turbulența anizotropă.....	90
3.4.2. Turbulența omogenă.....	93
3.5. Turbulența izotropă.....	98

3.5.1. Dinamica corelațiilor duble ale vitezelor.....	101
3.5.2. Faza finală a atenuării turbulenței omogene	105
3.5.3. Corelații longitudinale și transversale.....	109
3.5.4. Scări integrale și miscoscări	115
3.5.5. Ecuația Karman-Howarth	119
3.6. Ecuația de transport a fluctuațiilor temperaturii.....	119
3.6.1. Lichide incompresibile	121
3.6.2. Gaze perfecte incompresibile.....	
CAPITOLUL 4. ANALIZA SPECTRALĂ A TURBULENȚEI	123
4.1. Transformata Fourier	123
4.1.1. Transformata Fourier discretă.....	124
4.1.2. Transformata Fourier integrală	127
4.1.3. Legătura dintre transformatele Fourier	132
4.2. Ecuațiile Navier-Stokes în spațiul spectral.....	134
4.2.1. Ecuația de continuitate.....	134
4.2.2. Ecuațiile de impuls	136
4.2.3. Interacțiuni triple	138
4.2.4. Bilanțul energetic în funcție de scară.....	139
4.3. Turbulența omogenă	144
4.3.1. Spectre în spațiul numerelor de undă.....	146
4.3.2. Spectre de frecvență.....	152
4.3.3. Densitatea spectrală de energie.....	155
4.3.4. Dinamica densității spectrale de energie.....	159
4.4. Teoria Kolmogorov a turbulenței	165
4.4.1. Prima ipoteză de similitudine universală	166
4.4.2. A doua ipoteză de similitudine universală	169
4.4.3. Reformularea celei de-a doua ipoteze	171
4.4.4. Legea 2/3	173
4.4.5. Legea 4/5	175
4.4.6. Alte teorii.....	177
4.5. Modelarea densității spectrale de energie	179
4.5.1. Spectrul von Karman	183
4.5.3. Spectrul Pope.....	185
4.5.4. Modelarea termenului de transfer	188
4.5.5. Faza finală a atenuării turbulenței izotrope.....	190
CAPITOLUL 5. MIȘCĂRI DE FORFECARE LIBERE	193
5.1. Jet bidimensional plan	195
5.1.1. Ecuații și condiții la limită.....	195
5.1.2. Condiții de similitudine	204
5.1.3. Modelul lungimii de amestec Prandtl	207
5.1.4. Distribuția de viteze medii	209
5.1.5. Bilanțul energetic.....	218
5.2. Jet axial simetric	221
5.2.1. Ecuații și condiții la limită.....	224
5.2.2. Condiții de similitudine	226
5.2.3. Distribuția de viteze medii	228
5.2.4. Bilanțul energetic.....	235
5.3. Strat de forfecare plan.....	237
5.3.1. Ecuații și condiții la limită.....	238
5.3.2. Condiții de similitudine	240
5.3.3. Distribuția de viteze medii.....	245
5.4. Dâra bidimensională	251
5.4.1. Ecuații și condiții la limită.....	252
5.4.2. Condiții de similitudine	256
5.4.3. Distribuția de viteze medii.....	259
5.4.4. Bilanțul energetic.....	262
5.4.5. Dâra axial-simetrică.....	263
CAPITOLUL 6. CURGERI ÎN CANALE ȘI CONDUCTE.....	267

DINAMICA FLUIDELOR ÎN REGIM TURBULENT

IX

6.1. Curgeri în canale bidimensionale.....	268
6.1.1. Mișcarea medie.....	269
6.1.2. Zonarea curgerii în vecinătatea peretelui.....	274
6.1.3. Mișcarea fluctuantă.....	284
6.2. Curgeri în conducte.....	288
6.2.1. Mișcarea medie.....	289
6.2.2. Legi de frecare.....	292
6.2.3. Influența rugozității.....	295
6.2.4. Bilanțul energetic.....	298
CAPITOLUL 7. STRATUL LIMITĂ BIDIMENSIONAL PLAN.....	301
7.1. Ecuațiile diferențiale ale stratului limită bidimensional turbulent incompresibil.....	303
7.1.1. Ipotezele stratului limită.....	305
7.1.2. Ecuațiile diferențiale ale stratului limită.....	308
7.1.3. Condiții inițiale și la limită.....	313
7.2. Metoda perturbațiilor singulare.....	315
7.2.1. Adimensionalizarea ecuațiilor și ipoteze.....	317
7.2.2. Dezvoltări asimptotice și condiții la limită.....	319
7.2.3. Ecuațiile de ordinul zero.....	324
7.2.4. Corecțiile de ordinul întâi.....	333
7.2.5. Aproximanta de ordinul al doilea. Interacțiune vâscos-nevâscos.....	336
7.2.6. Concluzii.....	341
7.3. Ecuații globale. Mărimi integrale.....	345
7.3.1. Ecuația globală de continuitate.....	346
7.3.2. Ecuația globală de impuls.....	347
7.3.3. Ecuația globală a energiei cinetice.....	349
7.4. Zonarea stratului limită turbulent.....	351
7.4.1. Regiunea internă. Legea la perete.....	352
7.4.2. Regiunea externă. Legea vitezelor deficitare.....	362
7.4.3. Regiunea intermediară. Legea de racordare.....	363
7.5. Reprezentări empirice ale proprietăților stratului limită.....	369
7.5.1. Stratul limită pe placa plană.....	369
7.5.2. Stratul limită cu gradient de presiune.....	375
7.5.3. Reprezentări mai exacte ale profilului de viteze.....	379
7.6. Ecuațiile energiei cinetice și ale tensiunilor aparente.....	383
7.6.1. Ecuația energiei cinetice medii.....	383
7.6.2. Ecuația energiei cinetice turbulente.....	388
7.6.3. Ecuațiile tensiunilor aparente.....	394
7.7. Stratul limită de echilibru.....	397
7.7.1. Ipoteze de autosimilitudine.....	398
7.7.2. Condițiile de echilibru.....	399
7.7.3. Ecuațiile stratului limită de echilibru.....	402
CAPITOLUL 8. LUBRIFICAȚIA HIDRODINAMICĂ.....	404
8.1. Simplificarea ecuațiilor de mișcare.....	408
8.1.1. Procedeu bazat pe ipoteza lungimii de amestec.....	410
8.1.2. Profilul de viteze.....	415
8.2. Caracteristici de funcționare.....	420
8.2.1. Tensiunile de frecare și debitele de lubrifiant.....	420
8.2.2. Determinarea constantei k^*	423
8.2.3. Studiul mișcării laterale.....	426
8.2.4. Ecuația presiunilor.....	428
8.2.5. Ecuația energiei.....	430
8.3. Reprezentări empirice ale profilului de viteze.....	432
8.3.1. Liniarizarea față de o mișcare Couette.....	434
8.3.2. Comparație cu modelul lungimii de amestec.....	439
8.3.3. Filme turbulente cu gradienti mari de presiune.....	440
8.3.4. Extensii ale modelului lungimii de amestec.....	444
8.4. Caracteristici de funcționare pentru unele tipuri de lagăre.....	448
8.4.1. Lagăre circulare cu cuzinet complet.....	449
8.4.2. Lagăr circular cu inel flotant.....	454
8.4.3. Lagăr circular cu cuzinet parțial.....	459

X	CUPRINS	
8.4.4.	Lagăr cu trei lobi	462
8.4.5.	Lagăre radiale cu sectoare oscilante.....	465
8.4.6.	Lagăr circular cu patru canale axiale	470
8.4.7.	Lagăre axiale cu sectoare oscilante.....	472
CAPITOLUL 9.	EXTENSII ALE LUBRIFICAȚIEI TURBULENTE	478
9.1.	Mișcări pseudo-turbulente	478
9.1.1.	Numărul Reynolds mediu local	479
9.1.2.	Evaluarea pseudo-tensiunilor.....	482
9.1.3.	Aplicație la lagărele circulare	485
9.2.	Evaluarea forțelor de inerție.....	487
9.2.1.	Cazul bidimensional	488
9.2.2.	Cazul tridimensional.....	493
9.2.3.	Cazul nestaționat	495
9.3.	Filme hidrostatice	496
9.3.1.	Curgere longitudinală	497
9.3.2.	Curgere radială	499
9.3.3.	Alimentarea la presiune constantă	502
9.3.4.	Lagăre circulare	508
9.4.	Filme auto-portante.....	515
9.4.1.	Suprafețe plane înclinate.....	515
9.4.2.	Salt-treaptă bidimensional	517
9.4.3.	Condiții de intrare	524
9.4.4.	Condiții de cavitație și/sau rupere	531
9.4.5.	Lagăre circulare	541
9.5.	Filme nestaționare (perturbații mici).....	546
9.5.1.	Mișcarea bidimensională între suprafețe paralele	548
9.5.2.	Mișcarea bidimensională în prezența unei trepte	549
9.5.3.	Filme de grosime variabilă	554
BIBLIOGRAFIE		557
CONTENTS		566