

O B S A H

Úvod	5
1. Základné charakteristiky lietadla	9
1.1 Základné ustanovenia	9
1.2 Základné geometrické parametre lietadla	9
1.3 Základné hmotnostné charakteristiky lietadla	9
1.4 Rýchlosti lietadla a vetra	11
1.5 Uhlová rýchlosť lietadla	13
1.6 Rýchlosť vetra	14
1.7 Charakteristika atmosféry	15
1.7.1 Základné ustanovenia	15
1.8 Základné fyzikálne parametre atmosféry	15
1.8.1 Geometrická a geopotenciálna výška	16
2. Fyzikálna podstata tekutín a plynov	17
2.1 Parametre stavu plynov a stavová rovnica	17
2.1.1 Rovnice stavu	17
2.1.2 Niektoré základné pojmy z aerodynamiky	17
2.1.3 Vnútorná energia plynu	19
2.1.4 Prvý zákon termodynamiky	19
2.1.5 Tepelný obsah (entalpia)	20
2.1.6 Druhý zákon termodynamiky (entropia)	20
2.1.7 Stlačiteľnosť plynov, rýchlosť šírenia zvuku v plynach	21
2.1.8 Rýchlosť zvuku	22
2.2 Vnútorné trenie v tekutinách a plynach, viskozita	24
2.3 Atmosféra a jej vlastnosti	26
3. Základy aerodynamiky nízkych rýchlostí	31
3.1 Kinematika tekutín	31
3.1.1 Základné kinematické modely	31
3.2 Základné pojmy potenciálneho pohybu tekutiny	34
3.2.1 Vlastnosti potenciála rýchlosti	35
3.2.2 Rovinný pohyb tekutiny, prúdová funkcia	35
3.2.3 Základné zákony o víroch	37
3.2.4 Stokesova veta	38
3.2.5 Thompsonova veta	39
3.2.6 Helmholtzove vety o víroch	39
3.2.7 Euler-d'Alembertov paradox	40
3.2.8 Veta N. J. Žukovského	41
3.3 Použitie teórie komplexnej premennej ku skúmaniu rovinného rovnobežného prúdu ideálnej tekutiny	41

3.3.1	Teória krídla v rovinnom prúde	43
3.3.2	Stanovenie veľkosti vztlaku teoretického profilu Žukovského-Čaplygina	44
3.4	Cirkulácia rýchlosti	46
3.5	Aerodynamické spektrá obtekania telies prúdom plynu alebo tekutiny	47
3.5.1	Obtekanie valca	47
3.5.2	Bezcirculačné obtekanie valca	48
3.5.3	Obtekanie valca s cirkuláciou	49
3.5.4	Obtekanie valca, gule, dosky a telesa kvapkovitého tvaru	52
3.6	Veta o vztlakovej sile krídla nekonečného rozpätia	52
3.7	Základné rovnice aerodynamiky	55
3.7.1	Rovnica spojitosti	56
3.7.2	Rovnica zmeny hybnosti prúdenia	56
3.7.3	Bernulliho rovnica	57
4.	Slabé tlakové rozruchy	62
4.1	Šírenie slabých tlakových rozruchov	62
4.2	Obtekanie uhlov nadzvukovým prúdom	64
4.2.1	Nadzvukové obtekanie konkávnej hrany	64
4.2.2	Nadzvukové obtekanie konvexnej hrany	65
4.3	Závislosť medzi rýchlosťou prúdu plynu a tvarom jeho prúdovej trubice	66
4.3.1	Lavalova dýza	68
4.3.2	Výtok plynu z nádrže	69
5.	Rázové vlny	71
5.1	Kolmá rázová vlna	72
5.2	Šikmá rázová vlna	79
5.2.1	Základné vzťahy	80
5.2.2	Zmeny parametrov prúdu pri šikmej rázovej vlne	82
5.2.3	Izoentropická a rázová adiabata	83
5.3	Rázová polára	83
5.3.1	Základné vzťahy	83
5.3.2	Grafická konštrukcia rázovej poláry	86
6.	Aerodynamická podobnosť	90
6.1	Základné definície podobnosti	90
6.2	Obtekanie rovnej dosky viskóznou tekutinou	93
6.2.1	Obtekanie telesa	94
6.2.2	Sily pôsobiace na častice	94
6.3	Podobnosť	95

6.3.1 Vzťah medzi silami v poliach modelu a telesa	95
6.4 Aerodynamické modelovanie, zákony podobnosti a ich kritériá .	96
6.4.1 Prúdenie ideálnej kvapaliny	96
6.4.2 Prúdenie viskózne kvapaliny, zákony podobnosti, kritéria podobnosti	97
6.4.3 Podmienka rovnakého čísla M obtekania telesa a modelu .	97
6.4.4 Podmienka rovnakej turbulencie prúdu, v ktorom sa na- chádza teleso aj model	98
6.5 Základy experimentálnej aerodynamiky	99
6.6 Aerodynamické tunely	102
6.7 Meranie rýchlosti	105
7. Základy teórie medznej vrstvy	110
7.1 Medzná vrstva	110
7.2 Niektoré základné parametre medznej vrstvy	115
7.2.1 Trenie v medznej vrstve	116
7.2.2 Zloženie medznej vrstvy	118
7.3 Obecná rovnica medznej vrstvy v diferenciálnom tvare	120
7.3.1 Obecná rovnica medznej vrstvy v integrálnom tvare . . .	121
7.4 Jednotlivé hrúbky medznej vrstvy	124
7.5 Vplyv pozdĺžneho gradienta tlaku na trenie	126
7.6 Laminárna medzná vrstva	128
7.7 Turbulentná medzná vrstva	133
7.7.1 Trenie turbulentnej medznej vrstvy	134
7.7.2 Obecná rovnica turbulentnej medznej vrstvy v diferen- ciálnom tvare	135
7.7.3 Výpočet parametrov turbulentnej medznej vrstvy	137
7.8 Zmiešaná medzná vrstva	141
7.9 Riadenie medznou vrstvou	146
7.9.1 Niektoré základné pojmy	149
8. Aerodynamické charakteristiky profilov krídiel	152
8.1 Geometrické charakteristiky profilu krídla	152
8.2 Aerodynamické sily profilov krídiel	154
8.3 Aerodynamické koeficienty a kĺzavosť profilu	156
8.4 Závislosť aerodynamických koeficientov profilu na uhle nábehu, polára profilu	158
8.5 Vzťah medzi koeficientami aerodynamických síl a číslom Re , vplyv tvaru profilu a turbulizácie prúdu	161
8.6 Rozdelenie tlakov na profile krídla	163
8.6.1 Laminárny profil a jeho polára	168

8.7	Vplyv stlačiteľnosti na aerodynamické charakteristiky profilu	169
8.8	Profil krídla v okolozvukovom prúde a pojem kritického čísla M i rázové vlny	172
8.8.1	Vplyv uhla nábehu a tvaru profilu na M_{krit}	173
8.9	Rozdelenie tlakov pozdĺž profilu krídla pri vzniku miestnych rázových vln a určenie vlnového odporu profilu	179
8.10	Profil krídla v nadzvukovom prúde	181
8.11	Súčiniteľ odporu nadzvukového profilu	184
8.11.1	Výpočet súčiniteľa odporu nadzvukového profilu	185
8.11.2	Najjednoduchší prípad obtekania rovnej dosky	187
8.12	Rozdelenie tlakov pozdĺž profilu krídla	188
8.12.1	Aerodynamické koeficienty profilov niektorých charakteristických tvarov	190
8.12.2	Tenký profil v nadzvukovom prúde	192
9.	Aerodynamické charakteristiky krídla konečného rozpätia	194
9.1	Pôdorysné tvary a geometrické charakteristiky krídiel	194
9.1.1	Stredná aerodynamická tetiva krídla	195
9.1.2	Indukovaný odpor krídla	195
9.2	Základy teórie krídla konečného rozpätia v nestlačiteľnom prúde	199
9.2.1	Aerodynamická aplikácia Biot-Savartovho zákona pre určenie v_i	199
9.2.2	Eliptické rozloženie cirkulácie pozdĺž rozpätia krídla	201
9.2.3	Prandtlova integrálna rovnica	207
9.2.4	Aerodynamický vztlak krídla v prúde plynu alebo tekutiny	209
9.2.5	Koeficienty aerodynamického vztlaku a odporu krídla	211
9.2.6	Aerodynamický odpor krídla	213
9.2.7	Polára krídla	215
9.2.8	Vplyv pôdorysného tvaru krídla na jeho aerodynamické charakteristiky	217
10.	Šípové krídla a krídla malých štihlostí	221
10.1	Vplyv čísla M na koeficienty vztlaku, odporu a momentu šípového krídla	221
10.2	Charakteristiky krídla v jednotlivých oblastiach	222
10.2.1	Obtekanie krídla konečného rozpätia v subsonickej oblasti	222
10.2.2	Šípové krídlo konečného rozpätia v podzvukovej oblasti	225
10.2.3	Súvislosti medzi parametrami šípového a rovného krídla	229

10.2.4	Transsonická oblasť	232
10.2.5	Šípové krídlo pri pretiahnutí	233
10.2.6	Zošikmenie prúdu za šípovým krídlom	234
10.3	Krídlo malej štihlости v subsonickej oblasti	236
10.3.1	Krídlo malej štihlости v transsonickej oblasti	239
10.3.2	Zošikmenie prúdu za krídlom malej štihlости	239
10.4	Kritické Machovo číslo krídla konečného rozpätia	241
10.4.1	Niektoré aerodynamické charakteristiky krídla pri okolozvukových rýchlostiach letu	242
10.5	Rovinné obtekanie tenkej dosky v nadzvukovom prúde	248
10.5.1	Aerodynamické charakteristiky krídiel v nadzvukovom prúde	250
10.6	Krídlo konečného rozpätia v nadzvukovom prúde	255
10.6.1	Obdĺžnikové krídlo v nadzvukovej oblasti	262
10.7	Teoretické riešenie krídla konečného rozpätia v nadzvukovom prúde	255
10.8	Vplyv tvaru krídla v pôdoryse na charakter jeho obtekania nadzvukovým prúdom vzduchu	259
10.8.1	Aerodynamický vztlak krídla v nadzvukovom prúde	262
11.	Mechanizácia krídla a maximálny koeficient aerodynamického vztlaku	264
11.1	Zariadenie na zväčšenie aerodynamického vztlaku krídla	265
11.2	Mechanizácia nábehovej hrany krídla	266
12.	Aerodynamické charakteristiky lietadla	277
12.1	Aerodynamický odpor lietadla	277
12.2	Aerodynamická sila vztlaku lietadla	278
12.3	Rýchlostná polára	282
12.4	Aerodynamické tvary nadzvukových lietadiel a ich zvláštnosti	284
12.5	Aerodynamický odpor interferencie	285
12.6	Efekt difúzora a pravidlo plôch	288
12.6.1	Vplyv blízkosti zeme	290
12.7	Aerodynamické parametre dopravných lietadiel	292
13.	Vrtuľa a rotor	299
13.1	Základné parametre vrtule	299
13.2	Geometrické parametre vrtule	300
13.3	Teória ideálnej vrtule	303
13.4	Reverz ťahu	304
13.5	Typy vrtulí	305

13.6	Aerodynamické sily	306
13.7	Autorotácia	307
13.7.1	Teória izolovaného elementu vrtule	307
13.7.2	Teória profilu vrtule	308
13.8	Vznik ťahu a režimy práce vrtule	309
13.9	Vznik nastavenia vrtule na jej aerodynamické charakteristiky a použitie stavateľných vrtulí	313
13.10	Vplyv pracujúcej vrtule na aerodynamické charakteristiky lietadla	315
13.10.1	Účinok gyroskopického momentu vrtulí	315
13.10.2	Funkcia rotora vrtuľníka	316
13.10.3	Teória elementu listu rotora	316
13.10.4	Uhol nastavenia rotorového listu	320
13.10.5	Prietokový a postupový pomer	321
14.	Aerodynamické charakteristiky chvostových plôch a krídelok	325
14.1	Riadiace plochy	329
14.1.1	Sily v riadení	330
14.1.2	Aerodynamické vyváženie	331
14.1.3	Aerodynamické odľahčenie	333
14.1.4	Aerodynamické servoriadenie	333
14.1.5	Pozdĺžna stabilita a súvislosť s orgánmi riadenia	334
14.1.6	Zvláštne typy kormidiel priečneho riadenia	336
15.	Rotačné telesá	338
15.1	Aerodynamické charakteristiky rotačných telies	338
15.1.1	Obtekanie valca pri rôznych Re číslach	338
15.1.2	Rotačné telesá pri vysokých podzvukových rýchlostiach	340
15.2	Kužel v nadzvukovom prúde	345
15.2.1	Rozdelenie rotačných telies typu trup	351
16.	Kanály a dýzy	353
16.1	Prúdenie tekutín v kanáloch a dýzach	353
16.1.1	Charakter prúdenia v kanáloch a dýzach	356
16.1.2	Laminárne prúdenie	357
16.1.3	Turbulentné prúdenie	360
16.1.4	Zvláštne prípady tvarov kanálov a dýz	361
16.1.5	Plynulé rozšírenie prierezu kanála - difúzor	361
16.1.6	Plynulé zúženie prierezu kanála - konfúzor	363
17.	Obecné tvary a ich aerodynamické charakteristiky	365
17.1	Niektoré charakteristiky obtekania telies rôznych tvarov	365
17.2	Aerodynamické charakteristiky lietadla IL-62	370
17.3	Aerodynamické charakteristiky lietadla TU-154	375