

OBSAH

OBSAH	3
SYMBOLIKA	9
PŘEDMLUVA	11
1 AERODYNAMIKA PODZVUKOVÝCH RYCHLOSTÍ	13
1.1 Fyzikální základy, zákony a definice	13
1.1.1 Zákony a definice	13
1.1.2 Základy proudění vzduchu	30
1.1.3 Aerodynamické síly na plochách	33
1.1.4 Tvar profilu	41
1.1.5 Tvar křídla	44
1.2 Dvojměrové obtékání profilu	47
1.2.1 Tvar proudnic	47
1.2.2 Náběžný bod	47
1.2.3 Rozložení vztlaku po profilu	48
1.2.4 Působíště vztlaku a součinitel momentu profilu	50
1.2.5 Vztlak a srážový úhel	52
1.2.6 Odpor a úplav za profilem	54
1.2.7 Vliv úhlu náběhu profilu na vztlak	55
1.2.8 Odtržení proudu při velkých úhlech náběhu	55
1.2.9 Popis vztlakové čáry	56
1.3 Aerodynamické součinitele	59
1.3.1 Součinitel vztlaku C_L	59
1.3.2 Součinitel odporu C_D	60
1.4 Třírozměrové obtékání letounu	64
1.4.1 Tvar proudnic při obtékání křídla, trupu a ocasních ploch	64
1.4.2 Indukovaný odpor křídla konečného rozpětí	66
1.5 Celkový odpor letounu	73
1.5.1 Škodlivý, parazitní odpor	73
1.5.2 Škodlivý odpor a rychlost	74
1.5.3 Indukovaný odpor a rychlost	74
1.5.4 Celkový odpor letounu	75
1.5.5 Celkový odpor v závislosti na V_{IAS}	76
1.5.6 Rychlost V_{IAS} v bodě minimálního odporu	77
1.5.7 Závislost odporu na rychlosti	79
1.6 Přízemní efekt	82
1.6.1 Vliv přízemního efektu na indukovaný odpor	82
1.6.2 Vliv přízemního efektu na úhel náběhu při odtržení	84
1.6.3 Vliv přízemního efektu na součinitel vztlaku	85
1.7 Vztah mezi součinitelem vztlaku a rychlosti při konstantním vztlaku	86
1.7.1 Vliv změny rychlosti na součinitele vztlaku	87
1.7.2 Vliv změny součinitele vztlaku a úhlu náběhu na rychlost	87
1.8 Odtržení proudu na křídle	89
1.8.1 Odtržení proudu při vyšších úhlech náběhu	89
1.8.2 Pádová rychlost	95
1.8.3 Poloha počátku odtržení na křídle	99
1.8.4 Varování před odtržením	101

1.8.5.	Zvláštní jevy při odtržení	101
1.9	Zvyšování C_{Lmax}	108
1.9.1	Klapky na odtokové hraně a důvody pro použití při vzletu a přistání	108
1.9.2	Popis vztlakových prostředků na náběžné hraně	112
1.9.3	Vířiče	114
1.10	Prostředky ke snížení poměru C_L/C_D a ke zvýšení odporu	118
1.10.1	Spoilery a důvody k jejich použití během různých fází letu	118
1.10.2	Aerodynamické brzdy jako prostředek zvyšování odporu a důvody pro použití v různých fázích letu	120
1.11	Mezní vrstva	121
1.12	Speciální případy - Zvláštní okolnosti	121
1.12.1	Led a jiné znečištění	121
1.12.2	Deformace a změny, stárnutí draku	123
2	AERODYNAMIKA TRANSSONICKÝCH RYCHLOSTÍ	125
2.1	Definice Machova čísla	125
2.1.1	Rychlost zvuku	126
2.1.2	Vliv teploty a výšky	126
2.2	Rázové vlny	128
2.2.1	Kritické Machovo číslo	130
2.2.2	Vlivy geometrie a pravidlo ploch	132
2.2.3	Vlivy na aerodynamické charakteristiky – poláru	137
2.2.4	Aerodynamický ohřev	139
2.2.5	Rázové odtržení	139
2.2.6	Vliv na odpor a klopení	139
2.2.7	Buffeting (třepání)	141
2.3	Způsoby vyvarování se účinkům překročení kritického Machova čísla	146
2.3.1	Vířiče (Vortex generators)	146
2.3.2	Superkritické profily	146
3	AERODYNAMIKA NADZVUKOVÝCH RYCHLOSTÍ	149
3.1	Šikmé rázové vlny, zvláštnosti nadzvukového proudění	149
3.2	Aerodynamický ohřev	154
4	VŠEOBECNÉ ZÁKLADY MECHANIKY LETU	157
4.1	Definice a základní rozdělení mechaniky letu	157
4.2	Předpoklady uvažované při rozborech problémů mechaniky letu	158
4.3	Základní pojmy používané v mechanice letu	158
4.4	Souřadnicové soustavy používané v mechanice letu	161
4.4.1	Letadlová souřadnicová soustava (x, y, z)	161
4.4.2	Aerodynamická souřadnicová soustava (x_a, y_a, z_a)	162
4.4.3	Normálová zemská souřadnicová soustava, resp. normálová zemská souřadnicová soustava nesená letadlem (x_g, y_g, z_g)	163
4.4	Polohové úhly letadla	164
4.5	Síly působící na letoun	165
4.5.1	Přehled sil působících na letoun v obecném režimu letu	165
4.5.2	Rovnováha sil působících na letoun v obecném režimu letu	167
5	ZÁKLADNÍ REŽIMY LETU	169
5.1	Přímočarý ustálený horizontální let	169

5.1.1	Pohybové rovnice	169
5.1.2	Rovnováha sil v ustáleném horizontálním letu	170
5.1.3	Potřebný tah a potřebný výkon	170
5.1.4	Vliv provozních parametrů na potřebný tah a potřebný výkon	171
5.1.5	Charakteristické režimy horizontálního letu	173
5.1.6	Rozsah rychlostí v ustáleném horizontálním letu	175
5.2	Stoupavý let. Síly působící na letoun při stoupaní	179
5.2.1	Ustálený stoupavý let. Základní charakteristiky	179
5.2.2	Maximální stoupací rychlost a maximální úhel stoupaní	181
5.2.3	Gradient stoupaní	182
5.3	Klesavý let s pracujícím motorem	183
5.4	Klouzavý let.	184
5.4.1	Charakteristické letové veličiny v klouzavém letu	185
5.4.2	Rychlostní polára. Charakteristické režimy v klouzavém letu	187
5.4.3	Nejdůležitější vlivy na rychlostní poláru	191
5.5	Zatáčka	193
5.5.1	Rovnováha sil ve správně ustálené horizontální zatáčce	193
5.5.2	Nesprávné zatáčky – skluzová a výkluzová zatáčka	194
5.5.3	Základní parametry ustálené horizontální zatáčky	195
5.5.4	Letové výkony v zatáčce. Mezní zatáčky	196
5.6	Lety s asymetrickým tahem	200
5.6.1	Vznik rušivého zatačivého momentu	200
5.6.2	Vyvažující zatačivý moment. Rovnováha sil a momentů při letu s asymetrickým tahem	200
5.6.3	Typické případy letů s vysazenou pohonnou jednotkou	201
5.6.4	Vliv úhlu příčného sklonu	203
5.6.5	Vliv změny hmotnosti a centráže letounu	203
5.6.6	Vliv výchylky křidélek	204
5.6.7	Vliv vrtule na zatačivý a klonivý moment	204
5.6.8	Vliv vrtulového proudu na klonivý moment	206
5.6.9	Vliv vybočení	206
5.6.10	Definice minimální rychlosti říditelnosti V_{MCA}	206
5.6.11	Definice minimální rychlosti říditelnosti V_{MCL}	207
5.6.12	Definice minimální rychlosti říditelnosti V_{MCG}	207
5.6.13	Vliv výšky a teploty na minimální rychlosti říditelnosti	207
5.6.14	Stanovení minimální rychlosti říditelnosti V_{MCA}	207
5.7	Nouzové klesání	208
5.7.1	Vliv konfigurace letounu	208
5.7.2	Vliv Machova čísla a indikované rychlosti letu IAS	209
5.8	Střih větru	209
6	STABILITA	213
6.1	Definice a základní pojmy	213
6.2	Podélná statická stabilita	214
6.2.1	Momentová čára	215
6.2.2	Rovnovážný režim letu	217
6.2.3	Stabilita rovnovážného režimu letu - obecně	218
6.2.4	Příspěvek VOP ke klopivému momentu letounu	221
6.2.5	Momentová křivka celého letounu s VOP	222
6.2.6	Poloha aerodynamického středu letounu (neutrálního bodu) s pevným řízením	223

6.3	Podélná dynamická stabilita letounu	224
6.4	Směrová statická stabilita	225
6.4.1	Bočivě-zatačivá derivace od svislých ocasních ploch	226
6.4.2	Bočivě-zatačivá derivace od trupu a gondol	227
6.4.3	Vliv ostatních částí letounu na bočivě-zatačivou derivaci	228
6.5	Příčná statická stabilita	229
6.5.1	Vliv vzepětí křídla	229
6.5.2	Vliv úhlu šípu křídla	231
6.5.3	Vliv svislých ocasních ploch	232
6.5.4	Vliv interference křídlo – trup	233
6.6	Stranová (příčná a směrová) dynamická stabilita letounu	234
7	ŘIDITELNOST	239
7.1	Obecně. Definice a základní pojmy	239
7.2	Podélná ovladatelnost letounu	240
7.2.1	Aerodynamické charakteristiky letounu s uvážením výchylky výškového kormidla	241
7.2.2	Podélná ovladatelnost s ohledem na výchylky	243
7.2.3	Podélná ovladatelnost s ohledem na řídicí síly	246
7.3	Podélná obratnost	249
7.4	Stranová ovladatelnost a obratnost	251
7.4.1	Směrová ovladatelnost a obratnost	252
7.4.2	Příčná ovladatelnost a obratnost	253
7.5	Vzájemné vazby stranových pohybů	254
7.5.1	Druhotné účinky orgánů řízení klonění	254
7.5.2	Vzájemné vazby bočení, zatačení a klonění	259
7.6	Způsoby ovlivňování řídicích sil. Vyvažitelnost režimu letu	260
7.6.1	Aerodynamické prostředky pro ovlivňování závěsových momentů kormidel	261
7.6.2	Umělé prostředky ovlivňování řídicích sil	265
7.7	Hmotnostní vyvažování kormidel	267
8	PROVOZNÍ OMEZENÍ	271
8.1	Omezení aeroelastickými jevy	271
8.1.1	Třepetání (flutter)	271
8.1.2	Reverze křídélek	273
8.2	Omezení pevnostní – obálky zatížení	274
8.2.1	Obratová obálka zatížení	274
8.2.2	Poryvová obálka zatížení	275
8.3	Omezení konfigurací letounu	276
8.4	Limitní rychlosti letu	277
9	LETECKÉ VRTULE (081 07)	279
9.1	Přeměna výkonu motoru na tah vrtule	281
9.1.1	Úhel nastavení listů vrtule	285
9.1.2	Kroucení listu	287
9.1.3	Pevná a řiditelná vrtule	287
9.1.4	Průběh účinnosti vrtule v závislosti na rychlosti letu	288
9.1.5	Vliv námrazy na vrtuli	289
9.2	Porucha motoru	292
9.2.1	Odpor mlýnkující vrtule	292

9.2.2	Praporování vrtule	292
9.3	Návrhové parametry ovlivňující potřebný výkon vrtule	293
9.3.1	Štíhlost listu	294
9.3.2	Průměr vrtule	295
9.3.3	Počet listů vrtule	295
9.3.4	Hluk vrtule	295
9.4	Dvojice sil a momenty pracující vrtule	297
9.4.1	Reakční moment vrtule)	297
9.4.2	Gyroskopické momenty	298
9.4.3	Vliv zkrouceného proudu za vrtulí	298
9.4.4	Šikmé obtékání vrtule	299

LITERATURA

301

PŘÍLOHY

Soubor učebních textů dle předpisu JAR-FCI 1	303
Osnova kurzů dle předpisu JAR-FCL 1	305