

OBSAH

	str.
Předmluva	3
Obsah	5
Nejdůležitější používaná označení	10
1 ÚVOD	14
1.1 Definice a rozdělení letových vlastností.....	14
1.2 Pojem stabilita a říditelnost letounu.....	15
1.2.1 Stabilita	15
1.2.2 Říditelnost.....	16
1.3 Základní geometrické a aerodynamické charakteristiky letounu	18
1.3.1 Základní geometrické charakteristiky	18
1.3.2 Základní aerodynamické charakteristiky	24
1.4 Rozdělení pohybu letounu na dvě složky.....	28
2 PODÉLNÁ STATICKÁ STABILITA LETOUNU	29
2.1 Momentová čára	29
2.1.1 Momentová čára křídla.....	29
2.1.2 Momentová čára kombinace křídlo-trup (letoun bez VOP)	31
2.2 Podélná statická stabilita rovnovážného režimu letu.....	34
2.2.1 Podmínky rovnovážného režimu letu	34
2.2.2 Stabilita rovnovážného režimu letu	35
2.2.3 Problém stability samokřídel	37
2.3 Podélná statická stabilita letounu jako celku	38
2.3.1 Funkce VOP a VPP jako prostředků rovnováhy a stability	39
2.3.2 Příspěvek VOP ke vztlaku letounu a celkový vztlak letounu.....	39
2.3.3 Příspěvek VOP ke klopivému momentu letounu	45
2.3.4 Výsledný klopivý moment letounu. Momentová čára letounu	46
2.3.5 Aerodynamický střed letounu s pevným řízením	51
2.3.6 Momentová čára letounu se znalostí aerodynamického středu letounu. Statická zásoba s pevným řízením	53
2.3.7 Neutrální bod letounu s pevným řízením. Stabilitní zásoba s pevným řízením	54
2.3.8 Vliv propulze na podélnou statickou stabilitu	57
3 STRANOVÁ STATICKÁ STABILITA LETOUNU	72
3.1 Vzájemné aerodynamické vazby stranových pohybů	72
3.1.1 Zatáčení vyvolané příčným sklonem.....	72
3.1.2 Klonění vyvolané zatáčením	72

3.2	Směrová statická stabilita letounu	73
3.2.1	Příspěvek SOP k bočivě-zatáčivé derivaci	74
3.2.2	Příspěvek trupu a gondol k bočivě-zatáčivé derivaci letounu	76
3.2.3	Vliv křídla na bočivě-zatáčivou derivaci	77
3.2.4	Vliv interference křídlo-trup-SOP na bočivě-zatáčivou derivaci	77
3.2.5	Vliv propulze na bočivě-zatáčivou derivaci	77
3.2.6	Výsledná bočivě-zatáčivá derivace letounu	79
3.3	Příčná statická stabilita letounu	80
3.3.1	Vliv úhlu vzepětí křídla na bočivě-klonivou derivaci	81
3.3.2	Vliv úhlu šípů křídla na bočivě-klonivou derivaci	82
3.3.3	Vliv svislých ocasních ploch na bočivě-klonivou derivaci	84
3.3.4	Vliv interference křídlo-trup na bočivě-klonivou derivaci	85
3.3.5	Výsledná bočivě-klonivá derivace letounu	87
4	PODÉLNÁ OVLADATELNOST LETOUNU	88
4.1	Principy řízení klopení letounu	88
4.2	Podélná ovladatelnost s ohledem na výchylky orgánu řízení klopení	89
4.2.1	Vliv výchylky výškového kormidla na aerodynamické charakteristiky letounu	89
4.2.2	Rovnovážná vztlaková čára letounu	91
4.2.3	Rovnovážná výchylka výškového kormidla	93
4.2.4	Gradient výchylky výškového kormidla	96
4.2.5	Stanovení polohy aerodynamického středu letounu s pevným řízením z letových měření	100
4.3	Podélná ovladatelnost s ohledem na řídicí síly	101
4.3.1	Řídicí síla na řídidle klopení. Převod řízení. Závěsový moment výškového kormidla	101
4.3.2	Vliv uvolnění výškového kormidla. Aerodynamické charakteristiky letounu s volným řízením	104
4.3.3	Aerodynamický střed letounu (pro úhel náběhu) s volným řízením. Statická zásoba s volným řízením	107
4.3.4	Rovnovážný součinitel závěsového momentu výškového kormidla	108
4.3.5	Rovnovážná řídicí síla na řídidle klopení a její závislost na rychlosti letu	109
4.3.6	Gradient řídicí síly	110
5	PODÉLNÁ OBRATNOST LETOUNU	117
5.1	Kritéria podélné obratnosti letounu	117
5.2	Podélná obratnost s ohledem na výchylky	119
5.2.1	Přírůstky vztlaku a klopivého momentu při křivočarém letu ve vertikální rovině	119
5.2.2	Výchylka výškovky na násobek	119
5.2.3	Dynamický bod letounu s pevným řízením. Dynamická zásoba s pevným řízením	120
5.2.4	Výchylka výškovky na násobek se znalostí polohy dynamického bodu s pevným řízením	121
5.3	Podélná obratnost letounu s ohledem na řídicí síly	122

5.3.1	Změna závěsového momentu výškovky s násobkem	122
5.3.2	Dynamický bod letounu s volným řízením. Dynamická zásoba s volným řízením	123
5.3.3	Síla na násobek	123
6	STRANOVÁ OVLADATELNOST LETOUNU	128
6.1	Principy řízení klonění a zatažení	128
6.1.1	Primární a druhotné účinky křidélek	130
6.1.2	Spoiler ve funkci orgánu příčného řízení	132
6.1.3	Flaperony a elevony	134
6.2	Rovnice rovnováhy v obecném letu s asymetrickým tahem	134
6.3	Typické asymetrické lety s vysazenou pohonnou jednotkou	137
6.3.1	Let s nulovým příčným sklonem	137
6.3.2	Let s nulovým vybočením	138
6.3.3	Let s nesprávným příčným sklonem	140
6.4	Minimální rychlost říditelnosti s asymetrickým tahem	142
6.4.1	Definice minimálních rychlostí říditelnosti	142
6.4.2	Stanovení minimální rychlosti říditelnosti	143
6.4.3	Faktory ovlivňující minimální rychlost říditelnosti	144
6.5	Posouzení stranové ovladatelnosti s ohledem na řídicí síly	147
6.5.1	Řídicí síla na řídidle směrového řízení	148
6.5.2	Řídicí síla na řídidle příčného řízení	149
7	STRANOVÁ OBRATNOST LETOUNU	157
7.1	Příčná úhlová obratnost	157
7.1.1	Maximální úhlová rychlost klonění s ohledem na výchylku křídélka	157
7.1.2	Řídicí síla na řídidle klonění v závislosti na úhlové rychlosti	158
7.1.3	Maximální úhlová rychlost klonění s ohledem na řídicí sílu	159
7.2	Integrální stranová obratnost	160
8	OVLIVŇOVÁNÍ ŘÍDICÍCH SIL. VYVAŽITELNOST A TÍŽIVOST	164
8.1	Způsoby ovlivňování řídicích sil (závěsových momentů kormidel)	164
8.2	Aerodynamické osově odlehčení	165
8.3	Aerodynamické plošky na odtokových hranách kormidel	166
8.3.1	Vyvažovací ploška (trimer). Princip funkce	166
8.3.2	Odlehčovací ploška (fletner). Přitěžovací ploška	168
8.3.3	Kombinace odlehčovací a vyvažovací plošky	169
8.3.4	Aerodynamické servořízení	171
8.3.5	Stavitelný stabilizátor	171
8.4	Řídicí síly s vlivem vyvažovací plošky	172
8.5	Mechanické prostředky ovlivňování řídicích sil	173
8.5.1	Vliv pružiny a závaží na řídicí síly	173
8.5.2	Posilovače v systému řízení	174
8.5.3	Nepřímé systémy řízení	175
8.5.4	Nepřímé systémy řízení s umělým citem	175
8.6	Tíživost	176

9	POHYBOVÉ ROVNICE LETOUNU	177
9.1	Obecné pohybové rovnice	177
9.1.1	Síly působící na letoun	181
9.1.2	Sestavení pohybových rovnic pro letoun s jednou rovinou souměrnosti	183
9.2	Pohybové rovnice pro řešení dynamické stability letounu	184
9.2.1	Stabilitní souřadnicová soustava.	184
9.2.2	Referenční režim letu a předpoklady řešení.....	185
9.2.3	Odchylkové pohybové rovnice.....	187
9.2.4	Linearizace a zjednodušení	188
9.2.5	Odchylkové pohybové rovnice v normálním tvaru.....	190
10	AERODYNAMICKÉ STABILITNÍ A ŘIDITELNOSTNÍ DERIVACE	193
10.1	Rozměrové stabilitní a říditelnostní derivace sil a momentů.....	193
10.1.1	Rozměrové stabilitní derivace pro podélný pohyb	193
10.1.2	Rozměrové stabilitní derivace pro stranový pohyb	200
10.1.3	Rozměrové říditelnostní derivace	204
10.2	Bezrozměrové stabilitní a říditelnostní derivace součinitelů sil a momentů	206
10.2.1	Bezrozměrové stabilitní derivace pro podélný pohyb	206
10.2.2	Bezrozměrové stabilitní derivace pro stranový pohyb	215
10.2.3	Bezrozměrové říditelnostní derivace	223
10.2.4	Bezrozměrové derivace součinitelů závěsových momentů kormidel... 230	
11	METODY ŘEŠENÍ A KRITÉRIA DYNAMICKÉ STABILITY	232
11.1	Klasické řešení dynamické stability neřízeného letounu	232
11.2	Řešení dynamické stability neřízeného letounu pomocí vlastních čísel a vlastních vektorů	234
11.3	Kvalitativní kritéria dynamické stability. Routhovo kritérium.....	237
11.4	Kvantitativní kritéria dynamické stability letounu	238
11.4.1	Čas potřebný na utlumení, resp. zdvojení amplitudy	238
11.4.2	Počet kmitů potřebný na utlumení, resp. zdvojení amplitudy	239
11.4.3	Logaritmický dekrement útlumu. Poměrný útlum kmitání.....	240
12	PODÉLNÁ DYNAMICKÁ STABILITA LETOUNU S PEVNÝM ŘÍZENÍM	241
12.1	Klasické řešení podélné dynamické stability letounu	241
12.2	Typické výsledky řešení podélné dynamické stability letounu	242
12.3	Přibližné řešení podélné dynamické stability letounu	246
12.3.1	Rychlé (krátkoperiodické) podélné kmity	247
12.3.2	Pomalé (fugoidální) podélné kmity.....	249
13	STRANOVÁ DYNAMICKÁ STABILITA LETOUNU S PEVNÝM ŘÍZENÍM	254
13.1	Klasické řešení stranové dynamické stability letounu	254
13.2	Typické výsledky řešení stranové dynamické stability letounu	255
13.3	Přibližné řešení stranové dynamické stability letounu	261

13.3.1	Rychlý klonivý pohyb.....	262
13.3.2	Spirálový pohyb.....	262
13.3.3	Stranové kymácivé kmity (Dutch-roll).....	265
14	APLIKACE TEORIE ŘÍZENÍ. LETOUN JAKO DYNAMICKÝ SYSTÉM.....	268
14.1	Použití Laplaceovy transformace pro řešení diferenciálních rovnic	269
14.2	Přenosová funkce.....	270
14.3	Odezvy na vstupní signály - obecně	271
14.3.1	Přechodová funkce – odezva na jednotkovou skokovou funkci.....	271
14.3.2	Impulsní funkce – odezva na jednotkový vstupní impuls	273
14.3.3	Odezva na libovolnou vstupní funkci.....	274
14.3.4	Frekvenční přenosová funkce	275
14.4	Popis pohybu letounu ve stavovém prostoru	279
14.4.1	Stavové rovnice letounu	279
14.4.2	Stavové rovnice pro podélný pohyb letounu.....	280
14.4.3	Stavové rovnice pro stranový pohyb letounu.....	280
14.4.4	Převod stavových rovnic na přenosovou matici	281
14.4.5	Matice přenosových funkcí pro podélný pohyb	282
14.4.6	Matice přenosových funkcí pro stranový pohyb	284
14.5	Odezvy na řídicí vstupní signály	284
14.5.1	Odezvy v podélném pohybu	284
14.5.2	Odezvy ve stranovém pohybu	288
15	STABILITA A ŘIDITELNOST VE ZVLÁŠTNÍCH PŘÍPADECH	293
15.1	Stabilita a říditelnost při vzletu a přistání	293
15.1.1	Vliv blízkosti země a výchylky vztlakových klapek	293
15.1.2	Vliv bočního větru při přistání.....	295
15.2	Vývrtkové vlastnosti letounu	299
15.2.1	Vznik autorotace.....	299
15.2.2	Klasifikace vývrtek.....	301
15.2.3	Kinematika pohybu letounu ve vývrtce	303
15.2.4	Rovnice rovnováhy letounu v ustálené vývrtce	306
15.2.5	Vyvedení letounu z vývrtky.....	309
15.3	Vliv netuhosti letounu. Reverze řízení	311
	Použitá a doporučená literatura	314
	Přílohy:	
P-1	Bezrozměrové pohybové rovnice letounu	320
P-2	Přehled bezrozměrových derivací letounu	326
P-3	Přehled charakteristických bodů letounu	327
P-4	Katalog Laplaceových transformací	328
P-5	Anglicko-český slovníček základních pojmů	330