

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 samokřidel	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 populze 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 šípu 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 vzlaku 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 svolným řízením. Dynamická zásoba svolným řízením.....	123
5.3.3	Síla na násobek.....	123
6	STRANOVÁ OVLADATELNOST LETOUNU.....	128
6.1	Principy řízení klonění a zatáčení.....	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	Integrovaná 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). Přítěžovací 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	Odchytkové pohybové rovnice.....	187
9.2.4	Linearizace a zjednodušení.....	188
9.2.5	Odchytkové 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 vývrťce.....	303
15.2.4	Rovnice rovnováhy letounu v ustálené vývrťce.....	306
15.2.5	Vyvedení letounu z vývrťky.....	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