

OBSAH	3
PŘEDMLUVA	11
1 TEÓRIA LETU – AERODYNAMIKA	19
1.1 Názvoslovie	19
1.2 Gyroskopický moment nosného rotora	25
1.3 Reakčný moment nosného rotora a smerové riadenie vrtuľníka	29
1.3.1 Koaxiálny nosný rotor	31
1.3.2 Ventilátor v prstenci – Fenestrón	32
1.3.3 Notar	33
1.4 Rýchlostné pole nosného rotora	35
1.4.1 Základné kinematické parametre nosného rotora	35
1.4.2 Rýchlostné pole nosného rotora	36
1.5 Translačný sklon nosného rotora pri doprednom lete vrtuľníka a jeho korekcia	41
1.6 Coriolisov jav a jeho kompenzácia	48
1.7 Vírový prstenec	53
1.8 Autorotácia nosného rotora	58
1.8.1 Fyzikálna podstata autorotácie nosného rotora	58
1.8.2 Kĺzanie vrtuľníka v režime autorotácie nosného rotora	64
1.9 Vplyv zeme	68
1.9.1 Negatívne dôsledky prizemného efektu	70
2 SYSTÉMY RIADENIA LETU	71
2.1 Cyklické riadenie	73
2.1.1 Cyklická zmena stúpania listu NR	73
2.1.2 Automat cyklického riadenia	75
2.1.3 Uhol predstihu automatu cyklického riadenia	76
2.1.4 Cyklické riadenie nosného rotora	77
2.1.4.1 Pozdĺžne riadenie	78
2.1.4.2 Priečne riadenie	79
2.2 Kolektívne riadenie	79
2.2.1 Vzájomná závislosť chodu NR a pohonnej jednotky	80
2.3 Tanier cyklického riadenia, šikmá doska	81
2.3.1 Systém „pavúk“	84
2.3.2 Výstredníková doska	84
2.4 Smerové riadenie, kompenzovanie krútiaceho momentu	84
vyrovnávací rotor, nekonvenčné koncepcie	84
2.4.1 Smerové riadenie	84
2.4.2 Vyrovnávací rotor	86
2.4.2.1 VR s tuhým upevnením listov	87
2.4.2.2 VR s kĺbovým zavesením listov	88
2.4.2.3 Kardanový záves	89
2.4.2.4 Vrtuľa v prstenci (Fenestrón)	91
2.4.2.5 Systém NOTAR	91
2.5 Nosný rotor	92
2.5.1 Tuhé rotory	94
2.5.2 Polotuhé rotory	95
2.5.3 Kĺbové rotory	96
2.5.4 Rotorová hlava	98
2.5.5 Dorazy obmedzujúce pohyb listov	99
2.5.6 Tlmiče kývania rotorových listov	100
2.5.7 Rotorové listy	103

2.5.7.1 Drevené rotorové listy	104
2.5.7.2 Kovové rotorové listy	104
2.5.7.3 Kompozitné rotorové listy	106
2.5.7.4 Zmiešané rotorové listy	108
2.5.8 Indikácia poškodenia listu	108
2.6 Vyvažovanie, pevné a pohyblivé stabilizátory	109
2.6.1 Vyvažovanie	109
2.6.2 Pevné a pohyblivé stabilizátory	110
2.7 Manuálne, hydraulické, elektrické a elektroimpulzné systémy riadenia	112
2.7.1 Manuálny systém riadenia	112
2.7.2 Hydraulické systémy riadenia	113
2.7.3 Kombinované pohony systému riadenia	116
2.7.4 Elektroimpulzné riadenie	116
2.7.4.1 Analógový FBW systém	116
2.7.4.2 Digitálny FBW systém	117
2.7.4.3 Integrácia lietadlo-motor	118
2.7.4.4 Elektro-impulzné riadenie výkonových členov systému riadenia	119
2.7.5 Jednoduchý zaťažovací mechanizmus	119
2.7.6 Nastavovanie a mechanický prevod riadenia	121
2.7.6.1 Prevod riadenia	121
3 NASTAVENIE ROVINY LISTOV ROTOROV A ANALÝZA VIBRÁCIÍ	127
3.1 Kontrola nastavenie listov NR v horizontálnej rovine	127
3.2 Kontrola nastavenie listov NR vo vertikálnej rovine	128
3.2.1 Kontrola roviny NR pomocou dotykovej metódy	129
3.2.2 Kontrola roviny NR pomocou indikačnej metódy	130
3.2.3 Kontrola roviny NR pomocou reflektora	130
3.2.4 Kontrola roviny NR pomocou stroboskopu (elektronická)	131
3.2.5 Metóda kontroly roviny NR na skúšobnom stende	132
3.3 Kontrola nastavenie listov VR	132
3.3.1 Dotyková metóda kontroly roviny VR	132
3.3.2 Kontrola roviny VR pomocou stroboskopu (elektronická)	133
3.4 Statické a dynamické vyváženie listov rotora	133
3.4.1 Statické vyváženie	134
3.4.2 Dynamické vyváženie listu NR	136
3.4.3 Vibrácie a ich redukcia	137
3.4.4 Pozemná rezonancia	141
4 TRANSMISIA	143
4.1 Koncepce transmisíí	144
4.1.1 Kinematická schéma transmisie	146
4.2 Vrtuľníkové reduktory (helicopter gearboxes)	147
4.2.1 Určenie a rozdelenie vrtuľníkových reduktorov	147
4.2.2 Hlavné reduktory	148
4.2.2.1 Jednoduché reduktory	149
4.2.2.2 Planétové reduktory	149
4.2.2.3 Mazanie a chladenie hlavných reduktorov	150
4.2.3 Vložené reduktory	152
4.2.4 Koncové reduktory	153
4.2.5 Reduktory motorov	154
4.2.6 Ozubené kolesá reduktorov	154
4.3 Poruchy ozubených kolies	155
4.4 Ložiskové uzly	157
4.5 Teleso reduktora	157
4.6 Spojky	158

4.7 Meranie krútiaceho momentu	161
4.8 Brzda nosného rotora	161
5 KONŠTRUKCIA DRAKU	163
5.1 Požiadavky letovej spôsobilosti na pevnosť konštrukcie	163
5.1.1 Pevnosť konštrukcie	163
5.1.2 Tuhosť konštrukcie	165
5.1.3 Násobok zaťaženia	165
5.1.4 Letová spôsobilosť podľa Part 27	168
5.2 Rozdelenie konštrukcie, primárna, sekundárna, terciárna	169
5.2.1 Primárna konštrukcia	169
5.2.2 Sekundárna konštrukcia	170
5.2.3 Terciárna konštrukcia	170
5.3 Koncepcia konštrukcií bezpečných pri poruche, konštrukcie s bezpečnou životnosťou, konštrukcie s prípustným poškodením	171
5.3.1 Konštrukcie bezpečné pri poruche	171
5.3.2 Konštrukcie s bezpečnou životnosťou	171
5.3.3 Konštrukcie tolerantné voči poškodeniu	171
5.4 Technologické delenie trupu	175
5.4.1 Predná časť trupu	177
5.4.2 Stredná časť trupu	178
5.4.3 Chvostový nosník	180
5.4.4 Konecový nosník	180
5.4.5 Stabilizátor	180
5.5 Namáhanie, deformácia, ohyb, ťah, tlak, strih, krut, obvodové napätie, únava ...	181
5.5.1 Namáhanie	181
5.5.2 Deformácia	183
5.5.3 Namáhanie v tlaku	186
5.5.4 Namáhanie v šmyku	187
5.5.5 Namáhanie v krútení	188
5.5.6 Namáhanie ohybom	190
5.5.7 Únava	192
5.6 Drenáž a ventilácia	193
5.7 Inštalácia systémov	193
5.8 Ochrana pred poškodením pri zásahu bleskom	194
5.9 Konštrukcia trupov	195
5.9.1 Priečková konštrukcia trupu	195
5.9.2 Nosníková konštrukcia trupu	196
5.9.3 Monobloková konštrukcia	196
5.9.3.1 Pološkrupinová konštrukcia trupu	197
5.9.3.2 Škrupinová konštrukcia trupu	197
5.9.4 Konštrukčné elementy trupu	198
5.9.4.1 Pozdĺžna sústava	198
5.9.4.2 Priečna sústava	199
5.9.4.3 Poťah trupu	201
5.9.5 Antikorózna ochrana	201
5.9.6 Uzly upevnenia pylónov, stabilizátorov a podvozku	203
5.9.7 Inštalácia sedadiel	204
5.9.8 Dvere	205
5.9.9 Okna	207
5.9.10 Umiestnenie paliva	210
5.9.11 Protipožiarne priečky	213
5.9.12 Motorové lôžko	214
5.9.13 Metódy spájania konštrukcie	216
5.9.13.1 Nitové spojenia	216

5.9.13.2	Skrutkové spojenia	217
5.9.13.3	Zváranie	217
5.9.13.4	Spájkovanie leteckých materiálov	219
5.9.13.5	Lepenie leteckých konštrukcií	219
5.9.14	Metódy povrchovej ochrany kovov	221
5.9.15	Čistenie povrchu draku	221
5.9.16	Metódy kontroly symetrie	223
6	SYSTÉM KLIMATIZÁCIE	227
6.1	Prívod vzduchu	228
6.2	Zdroj vzduchu pre systém klimatizácie	228
6.2.1	Odber vzduchu od kompresora motora	228
6.2.2	Odber vzduchu z autonómneho ohrievača	230
6.3	Systém regulácie teploty	232
6.4	Ochrana a signalizácia	235
7	PRÍSTROJOVÉ SYSTÉMY, SYSTÉMY AVIONIKY.....	237
7.1	Prístrojové systémy	237
7.1.1	Pitot-statické systémy	238
7.1.1.1	Meranie výšky – výškomery	240
7.1.1.2	Meranie rýchlosti – rýchlomery	241
7.1.1.3	Meranie vertikálnej rýchlosti – variometre	243
7.1.2	Gyroskopické systémy	245
7.1.2.1	Umelý horizont	246
7.1.2.2	Povelový umelý horizont	247
7.1.2.3	Smerový gyroskop	247
7.1.2.4	Zákrutomer	248
7.1.2.5	Priečny relatívny sklonomer.....	249
7.1.3	Kompasy	249
7.1.3.1	Magnetické kompasy	249
7.1.3.2	Kompasy s diaľkovou indikáciou – indukčné kompasy	250
7.1.4	Palubné systémy kontroly a diagnostiky vrtuľníkov	251
7.1.4.1	Metodika automatizovaných monitorovacích systémov	252
7.1.4.2	Systém HUMS	252
7.1.4.3	Klasifikácia porúch v systéme HUMS	254
7.1.4.4	Rozdelenie systémov HUMS	255
7.1.4.5	Hlavné časti systému HUMS	255
7.1.5	Prístroje pre kontrolu činnosť motorov	256
7.2	Avionické systémy	259
7.2.1	Automatické riadenie	259
7.2.1.1	Manuálny systém riadenia	260
7.2.1.2	Manuálne riadenie s letovým povelovým prístrojom	260
7.2.1.3	Systém automatického riadenia	261
7.2.1.3.1	Štruktúra automatického systému riadenia	262
7.2.1.3.2	Časti automatického systému riadenia	263
7.2.1.3.3	Výkonové členy	265
7.2.1.3.4	Rozdelenie AFCS	268
7.2.1.4	Počítačom navádzaný let	270
7.2.2	Spojovacie systémy	271
7.2.2.1	Rečový komunikačný systém	272
7.2.2.2	HF komunikačný systém	272
7.2.2.3	Vysokofrekvenčný komunikačný systém	272
7.2.2.4	Palubný telefón	273
7.2.2.5	Núdzový polohový vysielač/radiomaják	273
7.2.2.6	Satelitný komunikačný systém	273

7.2.2.7	Palubný komunikačný, adresujúci a hlásiaci systém	274
7.2.2.8	Systém výberového volania	274
7.2.2.9	Palubný rozhlas	275
7.2.2.10	Palubný telefón pre spojenie členov posádky	275
7.2.3	Letecká navigácia	275
7.2.3.1	Navigačné prostriedky	276
7.2.3.1.1	Všesmerový VHF radiomajak (VOR)	276
7.2.3.1.2	Automatický vyhľadávač smeru (ADF)	276
7.2.3.1.3	Štandardný systém presných približovacích majákov	277
7.2.3.1.4	Lokalizátor	278
7.2.3.1.5	Zostupová/sklzová rovina	279
7.2.3.1.6	Polohové návěstidla	279
7.2.3.1.7	Merač vzdialenosti/diaľkomer	280
7.2.3.1.8	Globálny navigačný systém	280
8	ELEKTRICKÝ SYSTÉM	283
8.1	Inštalácia a činnosť leteckých akumulátorových batérií	284
8.2	Zdroje jednosmerného a striedavého prúdu	286
8.2.1	Lietadlové generátory jednosmerného prúdu	286
8.2.2	Lietadlové generátory striedavého prúdu	288
8.3	Regulácia napätia , ochrana obvodu napätia	290
8.3.1	Regulácia napätia	290
8.3.2	Ochrana obvodu napätia	290
8.4	Rozvod energie	291
8.4.1	Centralizovaný rozvod	291
8.4.2	Decentralizovaný rozvod	292
8.4.3	Zmiešaný rozvod	293
8.5	Meniče, transformátory, usmerňovače	293
8.5.1	Meniče	293
8.5.2	Transformátory	294
8.5.3	Usmerňovače	295
8.6	Pomocné energetické jednotky.....	295
8.7	Externé pozemné zdroje	296
9	VYBAVENIE A ZARIADENIE	299
9.1	Požiadavky na núdzové vybavenie	299
9.2	Sedadlá	299
9.3	Zdvíhacie systémy	301
9.4	Systém pre núdzové pristávanie na vodu	302
9.5	Usporiadanie kabíny a upevnenie nákladu	303
9.6	Usporiadanie vybavenia	305
10	OCHRANA PROTI VZNIKU POŽIARU	307
10.1	Detekcia a signalizácia plameňa a dymu	308
10.1.1	Snímače teploty a dymu	309
10.2	Systém hasenia požiaru	310
10.3	Kontrola systému	315
11	PALIVOVÝ SYSTÉM	317
11.1	Schéma palivového systému	318
11.2	Palivové nádrže	319
11.3	Dodávka paliva do motora	321
11.4	Vypúšťanie paliva, odzdušňovanie a drenáž palivového systému	322
11.5	Prečerpávanie palivových nádrží a doprava paliva do motora	323

11.6	Systém kontroly paliva a výstraha	328
11.7	Systém plnenia a vypúšťania paliva	329
11.7.1	Otvorené systémy plnenia	329
11.7.2	Uzavreté systémy plnenia	330
12	HYDRAULICKÝ SYSTÉM	333
12.1	Schéma hydraulického systému	335
12.1.1	Hlavné časti hydraulického systému vrtulníkov	336
12.2	Hydraulické kvapaliny	339
12.2.1	Vlastnosti hydraulickej kvapaliny	340
12.2.2	Znečistenie hydraulickej kvapaliny	340
12.3	Hydraulické nádrže	341
12.3.1	Požiadavky na hydraulické nádrže	341
12.3.2	Konštrukcia lietadlových hydraulických nádrží	341
12.4	Hydraulické akumulátory	343
12.4.1	Rozdelenie hydraulických akumulátorov	343
12.4.2	Princíp činnosti hydraulického akumulátora	347
12.5	Hydrogenerátory	348
12.5.1	Základné parametre hydrogenerátorov	349
12.5.2	Zubové hydrogenerátory	350
12.5.2.1	Regulácia tlaku zubových hydrogenerátorov	350
12.5.3	Plunžrové hydrogenerátory	351
12.5.3.1	Regulácia plunžrových hydrogenerátorov	352
12.6	Núdzové vytváranie tlaku	354
12.7	Regulácia tlaku v hydraulickom systéme	355
12.7.1	Jednosmerné ventily	355
12.7.2	Prepúšťacie ventily	355
12.7.3	Poistné ventily	356
12.7.4	Škrtiace ventily	356
12.8	Rozvádzacie ventily	357
12.9	Hydraulické čističe	358
12.10	Tekutinové motory pre priamočiary vratný pohyb	361
12.11	Indikačné a výstražné systémy	365
12.12	Spolupráca hydraulického systému s inými systémami	366
13	PROTINÁMRAZOVÝ A ODMRAZOVACÍ SYSTÉM	367
13.1	Druhy námraz a ich vplyv na let	367
13.2	Charakteristika tvorby námrazy	367
13.3	Vznik námrazy na vrtulníku	368
13.4	Systémy detekcie námrazy	372
13.4.1	Vizuálna detekcia námrazy	373
13.4.2	Elektronická detekcia námrazy	373
13.4.3	Optická detekcia námrazy	374
13.4.4	Rádioizotopová detekcia námrazy	374
13.5	Protinámrazové a odmrazovacie systémy	375
13.5.1	Mechanické odmrazovacie systémy	375
13.5.1.1	Konvenčné pneumatické odmrazovacie systémy	375
13.5.1.2	Pneumatické impulzné odmrazovacie systémy	378
13.5.2	Elektrické odmrazovacie systémy	379
13.5.3	Tepelno-elektrické odmrazovacie systémy	379
13.5.4	Elektro-impulzné odmrazovacie systémy	383
13.5.5	Elektro-expulzivné odmrazovacie systémy	383
13.5.6	Odmrazovacie systémy založené na báze vírivých prúdov	385
13.5.7	Chemické protinámrazové a odmrazovacie systémy	386
13.5.8	Teplovzdušné protinámrazové systémy	388

13.5.9 Kombinovaný systém odmrazovania	388
13.6 Ochrana proti dažďu	389
13.7 Ohrev snímačov a drenáží.....	390
14 PRISTÁVACIE ZARIADENIE	393
14.1 Konštrukcia podvozku	394
14.2 Tlmič podvozku	396
14.3 Vysúvanie a zasúvanie podvozku	398
14.4 Signalizácia a výstraha	399
14.5 Kolesá, pneumatiky, disky, brzdy	400
14.5.1 Pneumatika	400
14.5.2 Disk kolesa	402
14.5.3 Brzdy kolies	403
14.6 Riadenie predného podvozku	407
14.7 Lyžový a plavákový podvozok	407
15 SVETLÁ	409
15.1 Vonkajšie svetlá	409
15.2 Vnútorne svetlá	411
15.3 Núdzové osvetlenie	413
15.4 Signalizačné svetlá	414
16 PNEUMATICKÝ SYSTÉM	415
16.1 Schéma pneumatického systému	415
16.1.1 Tlakový okruh pneumatického systému	417
16.2 Zdroje stlačeného vzduchu	418
16.2.2 Vzduchové fľaše	419
16.2.3 Vzduchové kompresory	419
16.3 Regulácia tlaku vzduchu	420
16.3.1 Tlakové automaty	420
16.3.2 Vzduchové redukčné ventily	421
16.3.3 Poistné ventily	423
16.4 Prvky riadenia tlaku, čistenia a vedenia vzduchu	423
16.4.1 Jednosmerné ventily	424
16.4.2 Prepúšťacie ventily	424
16.4.3 Odpúšťacie ventily	424
16.4.4 Čističe vzduchu	425
16.4.5 Oddeľovanie vody zo vzduchu	425
16.4.6 Pneumatické pracovné valce	426
16.4.7 Vzduchové potrubie	426
16.5 Indikácia tlaku	426
16.6 Okruh brzdzenia podvozku	426
16.7 Prepojenie pneumatického systému s inými systémami	427

KONTROLNÉ OTÁZKY	429
-------------------------------	------------

LITERATURA	453
-------------------------	------------

Prof. Ing. Ľudvík Kulčák, CSc.
 Řešitel projektu GAČR č. 103/01/0587
 vedoucí autorského kolektivu