

OBSAH

OBSAH	5
PŘEDMLUVA	10
0 ÚVOD	11
1 TEPELNÁ SCHÉMATA ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ SE SPALOVACÍMI TURBÍNAMI	17
1.1 Energetická zařízení se spalovacími turbínami otevřeného cyklu	17
1.2 Charakteristiky termodynamických cyklů ST a jejich analýza	22
2 ANALÝZA PLYNODYNAMICKÝCH A KONSTRUKČNÍCH ZVLÁŠTNOSTÍ RŮZNÝCH TYPŮ LETECKÝCH TURBOKOMPRESOROVÝCH MOTORŮ	41
2.1 Úvod	41
2.2 Jednoproudové letecké turbokompresorové motory	41
2.3 Dvouproudové letecké turbokompresorové motory	43
2.4 Turbohřídelové letecké turbokompresorové motory	50
2.4.1 Malé turbohřídelové letecké turbokompresorové motory	50
2.4.2 Velké turbohřídelové turbokompresorové motory	61
2.4.3 Příklady transformace leteckých lopatkových motorů pro pozemní použití	66
2.5 Analýza základních konstrukčních schémat leteckých lopatkových motorů transformovaných na pozemní energetické jednotky.....	68
2.5.1 Jednorotorová spalovací turbína pro pohon elektrického generátoru ...	69
2.5.2 Jednorotorová spalovací turbína s volnou turbínou pro pohon elektrického generátoru s jednokaskádovým kompresorem	71
2.5.3 Dvourotorová spalovací turbína pro pohon elektrického generátoru.....	73
3. OBLASTI POUŽITÍ POZEMNÍCH SPALOVACÍCH TURBÍN TRANSFORMOVANÝCH Z LETECKÝCH LOPATKOVÝCH MOTORŮ A JEJICH VÝROBCI	77
3.1 Úvod	77
3.2 Oblasti použití spalovacích turbín	77
3.2.1. Spalovací turbíny pro mechanický pohon průmyslových zařízení	77
3.2.2 Spalovací turbíny pro pohon elektrických generátorů	77
3.2.3. Spalovací turbíny pro pohon lodí	78
3.3 Základní typy pozemních a lodních spalovacích turbín	79
3.3.1 Spalovací turbíny pro stacionární účely	80
3.3.2 Spalovací turbíny transformované z leteckých lopatkových motorů.....	81
3.3.3 Mikroturbíny	82
3.4 Významní světoví výrobci leteckých lopatkových motorů a ST.....	83
3.4.1 Významní výrobci spalovacích turbín.....	83
3.4.1.1 General Electric, USA	83
3.4.1.2 Pratt & Whitney, USA	84
3.4.1.3 Pratt & Whitney Canada	84
3.4.1.4 Rolls-Royce (Velká Británie).....	85
3.4.1.5 Honeywell (USA)	85
3.4.1.6 Snecma (Francie)	85
3.4.1.7 Turbomeca (Francie)	86
3.4.1.8 Siemens (Německo)	86

3.4.1.9	Alstom (Francie, Velká Británie)	86
3.4.1.10	Solar (USA)	86
3.4.1.11	„PROGRESS“ (Ukrajina, Záporoží)	86
3.4.1.12	„Zorja-Mašprojekt“ (Ukrajina, Nikolajev)	87
3.4.1.13	OAO „Aviadvigatěl“ (Rusko, Perm)	87
3.4.1.14	GUNPP (Petrohrad, Rusko)	87
3.4.1.15	OAO „Leningradský Metalický závod LMZ“ (Petrohrad, Rusko)	88
3.4.1.16	Federální unitární podnik ФГУП „Мотор“ (Ufa, Rusko)	88
3.4.1.17	Omská konstrukční kancelář leteckých motorů „Омское МКБ“ (Omsk, Rusko)	88
3.4.1.18	OAO Výzkumně-výrobní podnik „Saturn“ (Rybinsk, Rusko)	88
3.4.1.19	Samarský vědecko-technický komplex N. D. Kuzněcova OAO	88
3.4.1.20	Vědecko-technický komplex leteckých motorů „Sojuz“ (Moskva, Rusko)	89
3.4.1.21	Tušinská strojírenská konstrukční kancelář „Sojuz“ (Moskva, Rusko)	89
3.4.2.	Závěr	89
4.	ZÁKLADNÍ PARAMETRY SPALOVACÍCH TURBÍN	91
4.1	Úvod	91
4.2	Specifické požadavky na spalovací turbíny pro pozemní použití	92
4.2.1	Specifické požadavky na ST pro pohon kompresorových stanic plynovodů	92
4.2.1.1	Požadavky na charakteristiky TKM pro pohon kompresorových stanic plynovodů	92
4.2.1.2	Požadavky na technickou životnost a spolehlivost ST	94
4.2.1.3	Požadavky na rozměrové a hmotnostní charakteristiky	95
4.2.1.4	Používané pohonné hmoty a mazací hmoty	95
4.2.1.5	Ekologické a bezpečnostní požadavky	96
4.2.1.6	Výrobní a technologické požadavky	96
4.3	Specifické požadavky kladené na energetické spalovací turbíny	96
4.3.1	Požadavky na charakteristiky ST	96
4.3.2	Použitá paliva a mazadla	97
4.3.3	Požadavky na dobu technického života	97
4.3.4	Ekologické a bezpečnostní požadavky	98
4.3.5	Požadavky na kontrolovatelnost a opravitelnost	98
5.	KONSTRUKČNÍ SCHÉMATA TRANSFORMOVANÝCH POZEMNÍCH A LODNÍCH SPALOVACÍCH TURBÍN	101
5.1	Úvod	101
5.2	Jednohřídelové transformované spalovací turbíny	101
5.3	Transformované spalovací turbíny s volnou plynovou turbínou	102
5.4	Spalovací turbíny se svázanými kompresory nízkého tlaku	107
5.5	Konstrukční zvláštnosti pozemních spalovacích turbín různého určení	109
5.6	Konstrukční zvláštnosti spalovacích turbín složitých cyklů	111
6.	KONSTRUKCE ZÁKLADNÍCH UZLŮ TRANSFORMOVANÝCH SPALOVACÍCH TURBÍN	113
6.1	Úvod	113
6.2	Konstrukce závěsů pozemních spalovacích turbín	113

6.3	Zvláštnosti konstrukce systémů ochrany spalovacích turbín pro pozemní použití před nasátím cizích předmětů	114
6.4	Zvláštnosti konstrukce kompresorů spalovacích turbín pro pozemní použití	114
6.4.1	Požadavky na konstrukci kompresorů transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	114
6.4.2	Specifika konstrukce částí konstrukce kompresorů transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	115
6.5	Zvláštnosti činnosti kompresoru v paroplynovém cyklu	116
6.6	Materiály používané v konstrukci kompresorů spalovacích turbín	120
6.6.1	Charakteristiky materiálů použitých v konstrukci kompresorů spalovacích turbín	120
6.6.1.1	Hliníkové slitiny	120
6.6.1.2	Titanové slitiny	121
6.6.1.3	Ocele a žárupevné niklové slitiny	121
6.6.1.4	Polymerní kompozitní materiály	121
6.7	Zvláštnosti spalovacích komor transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	122
6.7.1	Materiály použité ve spalovacích komorách spalovacích turbín	135
6.7.2	Perspektivy vývoje spalovacích komor spalovacích turbín	136
6.8	Plynové turbíny transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	136
6.8.1	Požadavky na plynové turbíny transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	136
6.8.2	Konstrukce plynových turbín transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	139
6.8.2.1	Konstrukce rotorů stacionárních spalovacích turbín	141
6.8.2.2	Rotory plynové turbíny nízkého tlaku a volné plynové turbíny spalovacích turbín	143
6.9.	Zvláštnosti konstrukce plynových turbín konkrétních typů transformovaných spalovacích turbín pozemního použití	146
6.9.1	Turbokompresor LM 6000PA/PB (GE Aircraft Engines)	146
6.9.2.	Materiály použité v konstrukci plynových turbín transformovaných spalovacích turbín	150
6.9.2.1.	Materiál disků plynových turbín transformovaných spalovacích turbín	150
6.9.2.2	Materiál lopatek plynových turbín transformovaných spalovacích turbín	151
6.9.2.3	Povlaky lopatek plynových turbín transformovaných spalovacích turbín	152
6.10	Výstupní ústrojí spalovacích turbín pro pozemní použití	152
6.10.1	Požadavky na výstupní ústrojí transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	153
6.10.2	Konstrukce výstupních ústrojí průmyslových spalovacích turbín	154
6.10.2.1	Spirálová skříň	154
6.10.2.2	Spojení s výstupními šachtami	156
6.11	Pohon agregátů transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	158
6.11.1	Centrální pohon	159
6.11.2	Skříň pohonů agregátů spalovací turbíny	160

6.12	Reduktory spalovacích turbín pro pozemní použití	162
6.13	Spojky spalovacích turbín pro pozemní použití	165
6.13.1	Požadavky na spojky spalovacích turbín pro pozemní použití.....	166
6.13.2	Konstrukce spojek spalovacích turbín pro pozemní použití.....	166
7.	SYSTÉMY TRANSFORMOVANÝCH SPALOVACÍCH TURBÍN.....	173
7.1	Úvod	173
7.2	Palivový systém transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	175
7.2.1	Základní charakteristiky palivového systému transformované spalovací turbíny pro pozemní použití	177
7.2.2	Činnost palivového systému	177
7.2.3	Paliva pro transformované spalovací turbíny	178
7.2.3.1	Letecký petrolej	178
7.2.3.2	Zemní plyn	180
7.2.3.3	Alternativní paliva	181
7.3	Rizikové faktory použití bionafty v LLM	188
7.4	Systémy automatického řízení a kontroly transformovaných ST.....	196
7.4.1	Části systému automatické regulace spalovací turbíny	197
7.4.2	Základní charakteristiky systémů automatického řízení ST.....	198
7.4.2.1	Charakteristiky rychlosti reakce	198
7.4.2.2	Charakteristiky přesnosti udržení parametrů	199
7.4.2.3	Charakteristiky spolehlivosti	200
7.4.2.4	Charakteristiky bezpečnosti	200
7.4.2.5	Charakteristiky provozní technologičnosti.....	201
7.4.2.6	Technicko-ekonomické charakteristiky	201
7.4.3	Činnost systému automatického řízení zařízení se spalovací turbínou.....	201
7.4.4	Blok řízení motoru (BŘM)	203
7.5	Zvláštnosti systémů kontroly a diagnostiky transformovaných spalovacích turbín	204
7.5.1	Části a struktura systému kontroly a diagnostiky spalovací turbíny	204
7.5.2	Přístroje systémů kontroly a diagnostiky spalovací turbíny.....	205
7.5.3	Zvláštnosti měření parametrů spalovacích turbín	205
7.6	Vzduchové systémy transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití	206
7.6.1	Systém ochrany transformovaných spalovacích turbín pro pozemní použití před námrazou	206
7.6.1.1	Systém ochrany přívodu vzduchu do transformované ST před námrazou s využitím tepla výstupních plynů	208
7.6.1.2	Systém ochrany přívodu vzduchu do transformované ST před námrazou s využitím rekuperace tepla výstupních plynů	209
7.6.1.3	Systém ochrany přívodu vzduchu do transformované ST před námrazou s využitím teplé vody	211
7.6.1.4	Systém ochrany přívodu vzduchu do transformované ST před námrazou s využitím teplého vzduchu odebíraného z kompresoru.....	212
7.6.1.5	Systém ochrany přívodu vzduchu do transformované spalovací turbíny před námrazou s využitím chemických látek	214
7.6.2	Systémy vnějšího chlazení a větrání transformovaných spalovacích turbín.....	215
7.6.3	Systémy vnějšího ohřevu transformovaných spalovacích turbín.....	216

7.7	Systém umývání kompresoru spalovacích turbín	217
7.8	Protipožární systém transformovaných spalovacích turbín	218
7.9	Olejevý systém transformovaných spalovacích turbín.....	219
7.10	Olejevý systém reduktorů spalovacích turbín.....	220
7.11	Spouštěcí systém transformovaných spalovacích turbín.....	220
7.11.1	Elektrické spouštěcí systémy transformovaných spalovacích turbín....	221
7.11.2	Pneumatické spouštěcí systémy transformovaných spalovacích turbín.....	221
7.11.3	Hydraulické spouštěcí systémy transformovaných spalovacích turbín..	222
8.	RÁMCOVÝ NÁVRH TRANSFORMACE MALÉHO LETECKÉHO LOPATKOVÉHO MOTORU NA ENERGETICKOU JEDNOTKU.....	223
8.1	Úvod	223
8.2	Analýza možností transformace konkrétních typů APU vojenských letadel.....	223
8.2.1	Turbinový spouštěč GTDE-117A.....	224
8.2.2	Generátor vzduchu AI-9V.....	224
8.2.3	Generátor vzduchu Saphir 5.....	225
8.2.4	Pomocný motor RU-19A-300.....	226
8.3.	Analýza možností transformace konkrétních typů APU civilních letadel.....	226
8.3.1	Generátor vzduchu TA-6A	226
8.3.2	Generátor vzduchu GTCP 85-129	227
8.3.3	Generátor vzduchu GTCP 36-300.....	227
8.4.	Návrh transformace generátoru vzduchu AI-9V na energetickou jednotku.....	228
8.4.1	Analýza využití výkonového potenciálu generátoru vzduchu AI-9V..	228
8.4.2	Analýza možností využití generátoru vzduchu AI-9V pro energetické účely.....	229
8.4.2.1	Pozemní zdroj pro spouštění leteckých motorů.....	229
8.4.2.2	Záložní jednotka pro napájení elektrických sítí.....	230
8.4.2.3	Mobilní jednotka pro dodávku vzduchu	230
8.4.2.4	Energetická jednotka pro použití při stavbách a opravách v terénu.....	230
8.4.2.5	Energetická jednotka pro použití v ozbrojených silách a krizovém managementu.....	230
8.4.2.6	Experimentální zařízení pro výzkum.....	230
8.4.3	Základní požadavky na transformaci generátoru vzduchu AI-9V pro energetické účely	231
8.4.4	Návrh konstrukce kontejneru energetického zařízení.....	232
	ZÁVĚR	247
	POUŽITÁ LITERATURA	251
	SEZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ A SYMBOLŮ	255
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	259
	SEZNAM OBRÁZKŮ	261
	SEZNAM TABULEK	269