

OBSAH

<u>OBSAH</u>	1
<u>SEZNAM ZÁKLADNÍHO POUŽITÉHO OZNAČENÍ VELIČIN</u>	6
<u>PŘEDMLUVA</u>	9
<u>I. ÚVOD</u>	11
<u>2. FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI VZDUŠIN, VEDENÍ VZDUŠIN</u>	14
<u>2.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI VZDUCHU</u>	14
<u>SUCHÝ VZDUCH</u>	15
<u>VELIČINY URČUJÍCÍ STAV SUCHÉHO VZDUCHU</u>	15
<u>I. "EXPERIMENTÁLNÍ" ROVNICE</u>	17
<u>II. Rovnice viriální</u>	18
<u>IV. TEORÉM KORESPONDUJÍCÍCH STAVŮ</u>	19
<u>2.2 ZÁKONITOSTI PROUDĚNÍ VZDUCHU POTRUBÍM</u>	21
<u>2.3 VÝPOČET SVĚTLOSTI POTRUBÍ</u>	23
2.3.1 Tlakové ztráty při proudění vzduchu potrubím a místními odpory.....	23
2.3.2 Průměr potrubí.....	24
<u>2.4 PRŮTOK VZDUCHU ZÚŽENÝM PRŮŘEZEM (ŠKRCENÍ VZDUCHU)</u>	25
2.4.1 Dynamická stránka škrcení vzduchu	25
2.4.2 Termodynamická stránka škrcení vzduchu	27
<u>2.5 VÝTOK PLYNU OTVOREM</u>	28
<u>2.6 VLHKÝ VZDUCH</u>	30
2.6.1 Suchý vzduch.....	31
2.6.2 Voda a vodní pára.....	31
2.6.3 Vlhký vzduch – základní pojmy	32
<u>3. ZÁKLADNÍ PŘÍSTUP K PNEUMATICKÝM VÝPOČTŮM STACIONÁRNÍCH STAVŮ</u>	33

3.1	<u>PRVKY PNEUMATICKÝCH OBVODŮ JAKO PNEUMATICKÉ ODPORY</u>	33
3.2	<u>ZÁKLADNÍ TERMODYNAMICKÉ POJMY V PNEUMATICE</u>	33
3.3	<u>POUŽITÍ PRVNÍ HLAVNÍ VĚTY TERMODYNAMIKY</u>	35
3.3.1	<u>Aplikace v případě uzavřeného systému</u>	35
3.3.2	<u>Aplikace v případě otevřeného systému</u>	36
3.4	<u>VENTILY A ŠKRTICÍ PRŮŘEZY</u>	37
3.5	<u>VÝPOČET PRŮTOKU POMOCÍ JINÝCH PARAMETRŮ</u>	38
3.6	<u>ŘAZENÍ PNEUMATICKÝCH ODPORŮ</u>	39
3.7	<u>MOŽNÝ POSTUP VÝPOČTU PNEUMATICKÉHO OBVODU</u>	41
3.7.1	<u>Průtokový diagram</u>	41
3.7.2	<u>Metoda ekvivalentního průtoku, resp. ekvivalentního součinitele průtoku</u>	44
3.7.3	<u>Použití rovnice pro podkritické proudění</u>	45
3.7.4	<u>Kontrola návrhu</u>	46
4. DYNAMIKA PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ VE VYBRANÝCH ZÁKLADNÍCH REŽIMECH		48
4.1	<u>ODPORY PROTI PŘENOSU ENERGIE</u>	48
4.1.1	<u>Odpor proti deformaci</u>	48
4.1.2	<u>Odpor proti pohybu</u>	48
4.1.3	<u>Odpor proti zrychlení</u>	49
4.2	<u>POHYBOVÉ ROVNICE PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ</u>	50
4.3	<u>ZÁKLADNÍ VZTAHY U PŘÍMOČARÉHO PNEUMOTORU</u>	52
4.3.1	<u>Síly, pasivní odpor</u>	52
4.3.2	<u>Nomogramy pro výběr přímočarých motorů</u>	56
4.3.3	<u>Nomogramy pro kontrolu pístnic na vzpěr</u>	58
4.4	<u>PRACOVNÍ CYKLY PNEUMATICKÉHO MOTORU</u>	60
4.4.1	<u>Výpočty přípravné a uzavírací fáze pneumatického mechanismu</u>	60
4.4.2	<u>Výpočty pracovní fáze pneumatického mechanismu</u>	61
4.4.2.1	<u>Jednočinný pneumotor s konstantní velikostí protitlaku</u>	62
4.4.2.2	<u>Dvočinný pneumotor</u>	64
4.5	<u>VÝPOČET ÚSTROJÍ S PRACOVNÍMI PROSTORAMI KONSTANTNÍCH A PROMĚNNÝCH OBJEMŮ</u>	65
4.5.1	<u>Ústrojí s pracovními prostory konstantních objemů</u>	65
4.5.2	<u>Ústrojí s pracovními prostory proměnných objemů</u>	73
4.5.2.1	<u>Jednočinný pneumotor</u>	77
4.5.2.2	<u>Jednočinný pneumotor s vratnou pružinou</u>	78
4.5.2.3	<u>Dvočinný mechanismus s počátečním tlakovým spádem vzduchu působícím na píst</u>	79
4.5.2.4	<u>Dvočinný mechanismus bez počátečního tlakového spádu vzduchu působícího na píst</u>	81

<u>5.</u>	<u>MODELOVÁNÍ PNEUMATICKÝCH MOTORŮ</u>	81
5.1	PNEUMATICKÉ PŘÍMOČARÉ MOTORY	82
5.1.1	Vysokorychlostní pneumatický pohon	82
5.1.1.1	Předpoklady pro sestavení modelu	83
5.1.1.2	Zjednodušený matematický model	83
5.1.1.2.1	Základní model	84
5.1.1.2.2	Úplný model vysokorychlostního pneumatického pohonu	86
5.1.1.3	Výsledky simulačních experimentů	88
5.2	ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET BEZ ZAHRNUTÍ TERMODYNAMICKÝCH JEVŮ	90
5.2.1	Změna stavu plynu v zásobníku	90
5.2.2	Výpočet pneumatického mechanismu	91
5.2.2.1	Plnění pístnicového prostoru vzduchem	92
5.2.2.2	Výtok vzduchu z nepístnicového prostoru pneumotoru	93
5.2.2.3	Výtok a plnění při změně objemu komory	93
5.3	VÝPOČET PŘÍMOČARÉHO PNEUMOTORU SE ZAHRNUTÍM TERMODYNAMICKÝCH JEVŮ	94
5.3.1	Výpočet průtoků	95
5.3.2	Přestup tepla	96
5.3.3	Střední rychlost vzduchu v pracovním prostoru	100
5.3.4	Diferenciální rovnice tlaku v pracovním prostoru pneumotoru	101
5.3.5	Transformace diferenciální rovnice tlaku v pracovním prostoru na diferenciální tvar	103
5.3.6	Diferenční rovnice dvojitinného pneumotoru	104
5.4	VÝPOČET ROTAČNÍCH PNEUMATICKÝCH MOTORŮ	108
5.4.1	Lamelové pneumotory	110
5.4.1.1	Mechanické charakteristiky pneumatických lamelových motorů	113
5.4.1.2	Nástin výpočtu hlavních parametrů lamelového motoru	117
5.4.2	Zubové pneumatické motory	118
5.4.3	Pneumotory s rotačními písty	120
5.4.3.1	Ztráty netěsností a škrcením	120
5.4.3.2	Spotřeba stlačeného vzduchu	122
5.4.4	Rotační pístové pneumotory	123
<u>6.</u>	<u>MODELOVÁNÍ VYBRANÝCH ŘÍDICÍCH PRVKŮ</u>	125
6.1	PNEUMATICKÉ ROZVÁDĚČE A VENTILY	125
6.1.1	Parametry pro stanovení průtokových vlastností rozváděčů ventilů	125
6.1.1.1	Definice parametrů	125
6.1.2	Přepočty parametrů	127

6.2	EXPERIMENTÁLNÍ ZJIŠŤOVÁNÍ VÝTOKOVÝCH CHARAKTERISTIK DVOJICE TRYSKA KRUHOVÉHO PRŮŘEZU – KLAPKA	130
6.3	PROUDĚNÍ VE ŠTĚRBINÁCH	132
7.	TŘECÍ SÍLY V PŘÍMOČARÝCH PNEUMOTORECH.....	134
7.1	JEV TŘENÍ	134
7.2	NELINEARITY TŘENÍ	135
	Stick-slip efekt	135
	Vliv směru pohybu	135
	Třecí zpoždění	135
7.3	MĚŘENÍ TŘECÍCH SIL PŮSOBÍCÍCH V PŘÍMOČARÝCH PNEUMOTORECH.....	136
8.	MODELOVÁNÍ TŘECÍCH SIL PŘÍMOČARÝCH PNEUMOTORŮ.....	140
8.1	ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET TŘECÍCH ODPORŮ	140
8.2	MATEMATICKÉ MODEL Y TŘECÍCH ODPORŮ.....	140
	Karnoppův model	141
	Armstrongův model.....	142
9.	SIMULAČNÍ SOFTWARE A JEHO APLIKACE.....	143
9.1	SSP – SIMULAČNÍ PROGRAM PRO PNEUMATIKU.....	143
9.1.1	Obecné poznámky k programu SSP	143
9.1.2	Hlavní nabídka programu SSP	143
9.1.3	Vedlejší nabídky programu SSP.....	144
9.1.4	Měření průtokových charakteristik pneumatických odporů proti pohybu	145
9.2.	SIMULAČNÍ SYSTÉM MATLAB – SIMULINK.....	147
9.2.1	Simulační model y pneumatických prvků v programu SIMULINK	147
9.2.2	Programový soubor Simpneu	148
9.2.3	Ukázky použití programového souboru Simpneu	150
9.3	SIMULAČNÍ PROGRAM BGSP PRO PNEUMATIKU ZALOŽENÝ NA POUŽITÍ VAZEBNÝCH GRAFŮ	151
9.3.1	Spojovací prvky.....	152
9.3.2	Prvek kapacity	153
9.3.3	Prvek odporu.....	153
9.3.4	Simulace pneumatických systémů s použitím programu BGSP	154
9.3.4.1	Modelování systému.....	154
9.3.4.2	Rozšíření programu BGSP	154
9.3.4.3	Porovnání výsledků simulace s experimentem.....	154

9.4.	<u>MATEMATICKÝ MODEL A SIMULACE PNEUMATICKÉHO PÉROVÁNÍ</u>	157
9.5	<u>DYNAMICKÁ ANALÝZA PNEUMATICKÝCH SYSTÉMŮ POMOCÍ PROGRAMOVÉHO SOUBORU HYPNEU</u>	158
9.5.1	Technika “ Visual Modeling”.....	158
9.5.2	Dynamické modelování pneumatických systémů	159
10.	<u>ANIMAČNÍ A KONTROLNÍ SOFTWARE</u>	163
10.1	<u>PNEUSIM</u>	163
10.2	<u>FLUIDSIM-P</u>	169
10.2.1	Prostředí programu FluidSIM-P	169
10.2.2	Popis prvků obvodu v příkladu.....	170
10.2.3	Příklad aplikace	172
	<u>PŘÍKLAD</u>	174
	Tabulka výsledných hodnot.....	174
10.3	<u>AUTOMATION STUDIO</u>	175
	<u>UKÁZKA PRVKŮ POUŽITÝCH V PŘÍKLADU</u>	179

<u>LITERATURA</u>	180
-------------------------	-----