

Obsah

1	ÚVOD	16
2	ZÁKLADNÍ ZÁKONY TEORIE TEKUTIN	17
2.1	Fyzikální vlastnosti tekutin	18
2.1.1	Rozdělení tekutin	18
2.1.2	Jednotky mechaniky tekutin	19
2.1.3	Měrné veličiny tekutin	20
2.1.4	Stlačitelnost tekutin	22
2.1.5	Teplotní změna objemu a hustoty	25
2.1.6	Viskozita tekutin	27
2.1.7	Povrchové napětí a kapilarita	28
2.1.8	Kavitace	29
2.2	Základy statiky tekutin	30
2.2.1	Hydrostatický tlak	30
2.2.2	Statický tlak, přetlak, podtlak	32
2.2.3	Tlak na šikmou stěnu	32
2.2.4	Tlak na zakřivenou plochu, Archimédův zákon	33
2.3	Základní zákony plynů a par	34
2.3.1	Rovnice stavu	34
2.3.2	Změny stavu	35
2.3.3	Směs plynů	37
2.3.4	Páry	39
2.3.5	Vlhký vzduch	39
2.4	Proudění tekutin	41
2.4.1	Charakteristika proudění tekutin	41
2.4.2	Průtok, kontinuita průtoku	42
2.4.3	Druhy energie přenášené v tekutinových mechanismech	42
2.4.4	Zákon o zachování energie, Bernoulliho rovnice	43
2.4.5	Impulsová věta	45
2.4.6	Proudění reálných tekutin	48
2.4.7	Odpory při přenosu tlakové energie	50
2.4.8	Řazení odporů	51
2.4.9	Odpor proti pohybu úseků přímého potrubí	56
2.4.10	Místní hydraulické odpory	59
2.4.11	Výsledná ztráta	59
2.4.12	Clony a trysky	60

2.4.13	Proudění štěrbinami	63
2.4.14	Hydraulický ráz	66
	Literatura	67
3	KAPALINY V HYDRAULICKÝCH MECHANISMECH	68
3.1	Druhy kapalin	68
3.1.1	Kapaliny pro speciální účely	69
3.2	Provozní vlastnosti kapalin	69
3.2.1	Viskozita kapalin	69
3.2.2	Stlačitelnost kapalin	75
3.2.3	Tepelná roztažnost	76
3.2.4	Hustota oleje	78
3.2.5	Mazací vlastnosti	78
3.2.6	Bod tuhnutí	78
3.2.7	Bod vzplanutí	79
3.2.8	Barva oleje	79
3.2.9	Odolnost proti tvoření emulzí	79
3.3	Chemické vlastnosti tlakových kapalin	80
3.3.1	Chemická stálost	80
3.3.2	Chemické působení	81
3.3.3	Působení na lidský organismus	81
3.3.4	Slučitelnost kapalin	82
3.3.5	Obsah popela	82
3.3.6	Usazeniny a voda	83
3.3.7	Skladovací životnost	83
3.3.8	Kapaliny pro zvláštní účely	83
3.4	Vliv vlastností kapaliny na funkci hydraulických zařízení	83
3.5	Vliv provozních podmínek na vlastnosti kapaliny	84
3.6	Požadavky na kapaliny pro hydraulická zařízení	85
3.7	Čištění a zařízení k čištění kapalin	86
	Literatura	86
4	HYDROSTATICKÉ PŘEVODNÍKY	88
4.1	Rozdělení hydrostatických převodníků, základní výpočty	89
4.1.1	Hydrogenerátor	89
4.1.2	Hydromotor	91
4.2	Zubové hydrostatické převodníky	92
4.2.1	Princip a výpočet zubových převodníků	92
4.2.2	Zubové převodníky s vnějším ozubením	101
4.2.3	Zubové převodníky s vnitřním ozubením	110
4.3	Lamelové hydrostatické převodníky	115
4.3.1	Princip a výpočet lamelových převodníků	116

4.3.2	Lamelové převodníky s nevyváženým rotorem	119
4.3.3	Lamelové převodníky s vyváženým rotorem	121
4.3.4	Lamelové převodníky s lamelami ve statoru	125
4.4	Pístové hydrostatické převodníky	127
4.4.1	Princip a výpočet pístových převodníků	127
4.4.2	Axiální pístové hydrostatické převodníky	135
4.4.3	Radiální pístové hydrostatické převodníky	142
4.4.4	Pístové hydrostatické převodníky s písty v řadě	146
4.5	Šroubové hydrostatické převodníky	147
4.5.1	Princip a výpočet šroubových převodníků	147
4.5.2	Dvouvřetenové a třívřetenové šroubové převodníky	149
4.6	Speciální hydrostatické převodníky	152
4.7	Hydrostatické převody	160
4.7.1	Princip a výpočet hydrostatických převodů	160
4.7.2	Ovládání hydrostatických převodníků	165
4.7.3	Regulace hydrostatických převodníků	169
4.7.4	Základní způsoby řízení	175
4.7.5	Hydrostatické převodové soustavy s větvením výkonu	179
	Literatura	189
5	TEKUTINOVÉ MOTORY PRO VRATNÝ PŘÍMOČARÝ A NATÁČIVÝ POHYB	190
5.1	Společné a rozdílné znaky hydraulických a pneumatických přímočarých motorů	190
5.2	Tekutinové motory pro vratný přímočarý a natáčivý pohyb	191
5.2.1	Přímočaré motory s jednostrannou pístnicí	191
5.2.2	Přímočaré motory s oboustrannou pístnicí	192
5.2.3	Přímočaré motory několikastupňové	192
5.2.4	Motory s kyvným pohybem	194
5.2.5	Rotující motory s přímočarým pohybem (upínací válce)	195
5.2.6	Membránové přímočaré motory	195
5.3	Konstrukce a hlavní části tekutinových přímočarých motorů	195
5.3.1	Konstrukce tekutinových přímočarých motorů	196
5.3.2	Hlavní části tekutinových přímočarých motorů	197
5.3.3	Způsoby upevnění přímočarých motorů	199
5.3.4	Těsnění v tekutinových přímočarých motorech	200
5.3.5	Tlumení v koncích zdvihu	202
5.3.6	Řízení rychlosti pneumatických přímočarých motorů brzdícím motorem	203
5.3.7	Přímočaré hydromotory s mechanickým převodem na vratný otáčivý pohyb	204
5.3.8	Příklady použití pneumatických přímočarých motorů	204
5.4	Výpočet tekutinových přímočarých motorů	206

5.4.1	Výpočet přímočarých hydromotorů	206
5.4.2	Výpočet přímočarých pneumatických motorů	206
	Literatura	212
6	PNEUMATICKÉ GENERÁTORY A MOTORY	213
6.1	Pneumatické generátory	214
6.1.1	Rozdělení kompresorů	215
6.1.2	Termodynamické základy stlačování vzduchu	218
6.1.3	Určení hlavních rozměrů kompresoru	223
6.1.4	Spotřeba mechanické energie	224
6.1.5	Rozvody kompresorů	229
6.1.6	Rotační kompresory	231
6.1.7	Řízení výkonnosti kompresorů	233
6.1.8	Chlazení kompresorů	237
6.2	Volba kompresoru	238
6.2.1	Potřebná výkonnost kompresoru	238
6.2.2	Stanovení provozního tlaku	239
6.2.3	Požadavky na jakost stlačeného vzduchu	239
6.2.4	Provoz kompresorů	242
6.3	Pneumatické motory	244
6.3.1	Použití a rozdělení pneumatických motorů	244
6.3.2	Základy teorie pneumatických motorů	245
6.3.3	Pístové pneumatické motory	252
6.3.4	Zubové pneumatické motory	255
6.3.5	Křídlové pneumatické motory	262
6.3.6	Řízení pneumatických motorů	265
6.3.7	Provoz pneumatických motorů	267
	Literatura	268
7	ZÁSOBNÍKY TEKUTIN A MULTIPLIKÁTORY	269
7.1	Nádrže	270
7.1.1	Velikost nádrže	271
7.1.2	Tepelný výpočet nádrží	272
7.1.3	Konstrukce nádrží	279
7.1.4	Příslušenství nádrží	281
7.1.5	Agregáty	282
7.1.6	Chlazení kapaliny	285
7.1.7	Konstrukce chladičů	287
7.2	Akumulátory	290
7.2.1	Závažový akumulátor	291
7.2.2	Pružinový akumulátor	292
7.2.3	Plynové akumulátory	293

7.2.4	Příslušenství plynových akumulátorů	308
7.2.5	Použití plynových akumulátorů	310
7.3	Multiplikátory	317
	Literatura	324
8	ŘÍDICÍ PRVKY TEKUTINOVÝCH MECHANISMŮ	325
8.1	Prvky pro hrazení průtoku	328
8.1.1	Jednosměrné ventily	329
8.1.2	Hydraulické zámky	336
8.1.3	Šoupátkové rozváděče	337
8.1.4	Sedlové rozváděče	358
8.1.5	Vestavné ventily	359
8.1.6	Ventilové rozváděče	366
8.1.7	Pneumatické rozváděče	368
8.2	Prvky pro řízení průtoku tekutin	372
8.2.1	Clony a trysky	374
8.2.2	Škrťací ventily	378
8.2.3	Škrťací ventily se stabilizací	380
8.2.4	Děliče průtoku	391
8.2.5	Zpožďovací a brzdicí ventily	393
8.2.6	Proporcionální ventily pro řízení průtoku	395
8.3	Prvky pro řízení tlaku	407
8.3.1	Tlakové ventily	408
8.3.2	Redukční ventily	414
8.3.3	Připojovací ventily	419
8.3.4	Odpojovací ventily	421
8.3.5	Proporcionální tlakové ventily	423
8.3.6	Pneumatický redukční ventil	425
	Literatura	425
9	VEDENÍ TEKUTIN A SPOJOVACÍ ČÁSTI	426
9.1	Vedení	426
9.1.1	Výpočet vnitřního průměru vedení	426
9.1.2	Volba průtokové rychlosti	426
9.1.3	Tlakové ztráty	428
9.2	Trubky	428
9.2.1	Materiál trubek	428
9.2.2	Výpočet tloušťky stěn trubek	429
9.2.3	Ohýbání trubek	430
9.2.4	Uchycení volných délek trubek	432
9.3	Trubkové spoje	432
9.3.1	Přírubové spojení trubek	432

9.3.2	Šroubení pro tvarované konce trubek	432
9.3.3	Šroubení pro hladké konce trubek	434
9.3.4	Závitové spoje	435
9.3.5	Pájení a svařování trubek	436
9.3.6	Tvarovky	436
9.4	Hadice	436
9.4.1	Hadice z pružného materiálu	436
9.4.2	Kovové ohebné hadice	437
9.4.3	Objemová pružnost hadic	437
9.4.4	Nejmenší poloměr ohybu hadic	437
9.5	Spojování ohebných hadic	438
9.5.1	Koncovky pro ohebné hadice	438
9.5.2	Spojky hadic	439
9.5.3	Montáž hadic	440
9.6	Pohyblivé spoje	440
9.6.1	Posuvné spojení	440
9.6.2	Otočné spoje	441
9.6.3	Kloubové spoje	441
9.6.4	Jiné pohyblivé spoje	441
9.6.5	Blokové spojení	442
9.7	Zásady pro montáž a údržbu potrubí	442
9.7.1	Hydraulické potrubí	442
9.7.2	Potrubí pro stlačený vzduch	444
	Literatura	444
10	TĚSNĚNÍ V TEKUTINOVÝCH MECHANISMECH	445
10.1	Materiály těsnění	445
10.2	Těsnění nepohyblivých součástí – statická těsnění	451
10.3	Ucpávky	452
10.4	Těsnicí manžety	453
10.4.1	Manžety U	453
10.4.2	Manžety V (stříškové)	455
10.4.3	Manžety jazýčkové	457
10.4.4	Manžety miskové	458
10.4.5	Manžety kloboučkové	458
10.4.6	Speciální manžety	459
10.5	Těsnicí kroužky	459
10.5.1	Těsnicí kroužky kruhového průřezu (kroužky O)	459
10.5.2	Těsnicí kroužky s pravoúhlým průřezem	461
10.5.3	Speciální kroužky	461
10.5.4	Sady těsnění pro písty a pístnice	462
10.5.5	Těsnění pro pneumatické přímočaré motory	463
10.5.6	Kovové těsnicí kroužky	463

10.6	Těsnění pro rotační pohyby	464
10.6.1	Radiální těsnění	464
10.6.2	Axiální řešení	464
10.7	Průtokové a mechanické ztráty těsněním	465
10.7.1	Průtokové ztráty kapaliny	465
10.7.2	Průtokové ztráty vzduchu	466
10.7.3	Ztráty třením	466
10.7.4	Příčiny poruch pružných těsnění	466
10.8	Membrány a měchy	466
10.9	Směrnice pro skladování pryžových výrobků	468
	Literatura	468
11	ČIŠTĚNÍ A ČISTIČE	469
11.1	Čističe v hydraulických mechanismech	469
11.1.1	Druhy čističů	469
11.1.2	Uspořádání čističů v hydraulických soustavách	472
11.1.3	Hromadné čištění	473
11.2	Úprava vzduchu v pneumatických zařízeních	474
	Literatura	476
12	ZÁKLADNÍ OBVODY TEKUTINOVÝCH ZAŘÍZENÍ	477
12.1	Charakteristika hydraulických a pneumatických obvodů	477
12.1.1	Hlavní funkční části tekutinových obvodů	478
12.2	Základní obvody pro přímočarý a otáčivý pohyb	478
12.2.1	Obvody pro přímočaré pohyby	478
12.2.2	Obvody pro otáčivé pohyby	480
12.2.3	Otevřené a uzavřené obvody	480
12.3	Obvody pro přímočaré pohyby s řízením rychlosti	483
12.3.1	Obvody se škrcením proudu kapaliny	483
12.3.2	Obvody se škrcením proudu plynu (vzduchu)	485
12.3.3	Stabilizace rychlosti v hydraulických obvodech se škrcením	486
12.3.4	Obvody s regulačními hydrogenerátory a s přímočarými hydromotory	487
12.3.5	Zapojení pro rychloposuvy	490
12.4	Obvody s několika hydrogenerátory	493
12.5	Obvody s několika přímočarými motory	494
12.6	Obvody se střídavým proudem nositele energie (SPN)	497
	Literatura	500
13	ŘÍZENÍ PRACOVNÍCH CYKLŮ	501
13.1	Prvky pro automatické řízení pracovního cyklu	501
13.2	Mechanicky řízené pracovní cykly	505
13.2.1	Narážkové systémy	505

13.2.2	Narážkové bubny	507
13.3	Hydraulicky řízené pracovní cykly	507
13.3.1	Řízení tlakovými signály při stoupnutí tlaku	507
13.3.2	Řízení tlakovými signály při poklesu tlaku	508
13.3.3	Zařízení pro krátkodobé impulsy	510
13.4	Elektrohydraulicky řízené pracovní cykly	510
13.4.1	Pracovní cykly s měnitelným programem	511
13.4.2	Pracovní cykly s plynulým průběhem cyklu podle záznamu	512
13.5	Pneumatickohydraulicky řízené pracovní cykly	512
13.5.1	Pneumatickohydraulické číslicové polohování	513
13.6	Pneumaticky řízené pracovní cykly	514
13.7	Kopírovací zařízení	514
13.7.1	Jednosouřadnicové kopírovací zařízení	514
13.7.2	Dvousouřadnicové kopírovací zařízení	516
13.8	Servomechanismy	517
13.8.1	Servoventily	517
13.8.2	Jednostupňové servoventily	518
13.8.3	Dvoustupňové servoventily	519
13.8.4	Servoventily třístupňové	521
13.8.5	Rotační hydraulické servopohony	522
13.8.6	Přímočaré hydraulické servopohony	522
13.9	Logické prvky a obvody	523
13.9.1	Logické prvky	523
13.9.2	Základní funkce logických prvků	526
13.9.3	Jednoduché obvody s použitím logických prvků	528
	Literatura	529
14	ZKOUŠENÍ PRVKŮ A SOUSTAV TEKUTINOVÝCH MECHANISMŮ	530
14.1	Druhy měření a jejich význam	530
14.2	Měřicí a registrační přístroje	534
14.2.1	Měření tlaku	534
14.2.2	Měření průtoku	536
14.2.3	Měření rychlosti a otáček	542
14.2.4	Měření dráhy	545
14.2.5	Měření síly	547
14.2.6	Měření momentu	548
14.2.7	Měření výkonu	550
14.2.8	Měření teploty	551
14.2.9	Sdružené snímače	553
14.2.10	Registrační přístroje	554
14.3	Zkušebny a jejich zařízení	556
14.3.1	Základní koncepce zkušebny	557

14.3.2	Zkušební a měřicí stanoviště	558
14.4	Zkoušení hydraulických prvků a soustav	562
14.4.1	Hydrogenerátory	564
14.4.2	Rotační hydromotory	567
14.4.3	Přímočaré hydromotory	568
14.4.4	Ventily pro řízení tlaku	569
14.4.5	Ventily pro řízení průtoku	572
14.4.6	Rozváděče	574
14.4.7	Měření hydraulických soustav	574
14.4.8	Měření hluku	577
14.4.9	Měření a zkoušení kapalin	579
14.5	Zkoušení pneumatických prvků a soustav	580
14.5.1	Měření kompresoru	581
14.5.2	Zkoušení rotačních pneumatických motorů	582
14.5.3	Zkoušení pneumatických přímočarých motorů	582
14.5.4	Zkoušení pneumatických řídicích prvků	583
14.5.5	Zkoušení vedení a jeho částí	584
14.6	Metoda měření a jeho vyhodnocování	585
	Literatura	586
15	POKYNY PRO MONTÁŽ, OBSLUHU A ÚDRŽBU HYDRAULICKÝCH MECHANISMŮ	587
15.1	Montáž	587
15.1.1	Montáž přístrojů	587
15.1.2	Montáž potrubí	588
15.2	Uvedení obvodu do provozu	589
15.2.1	Ověření funkcí před uvedením do chodu	589
15.2.2	Plnění, rozběh, oživení a odvzdušnění obvodu	590
15.2.3	Vyměňování a doplňování kapaliny	592
15.3	Netěsnosti v obvodech	593
15.4	Vliv vzduchu	593
15.5	Kavitace, eroze, koroze	595
15.6	Mechanické poruchy	596
15.7	Hluk a chvění	596
15.7.1	Primární zdroje hluku	597
15.7.2	Sekundární hlučnost	598
15.8	Závady hydraulických soustav, jejich příčiny a odstraňování	599
15.9	Bezpečnost práce	610
16	MONTÁŽ, OBSLUHA A ÚDRŽBA PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ	611
16.1	Mazání a odvodnění vzduchu	611
16.2	Montáž vedení, řídicích prvků a pneumatických rotačních motorů	613

16.3	Uvedení pneumatického mechanismu do provozu	614
16.4	Netěsnosti v pneumatickém mechanismu	615
16.5	Hluk pneumatického mechanismu	616
16.6	Závady pneumatických prvků a jejich odstranění	616
	Literatura	617