

Obsah

	PŘEDMLUVA	9
	PŘEHLED POUŽITÝCH OZNAČENÍ	10
1	ÚVOD	15
1.1	Předmět a základní metody mechaniky tekutin	15
1.2	Historický vývoj mechaniky tekutin	16
1.3	Molekulární stavba hmoty	22
1.4	Rozdělení tekutin	23
1.5	Síly působící na tekutinu	24
1.6	Stavové veličiny	24
1.6.1	Tlak	24
1.6.2	Teplota	25
1.7	Základní fyzikální jednotky a veličiny	26
2	FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI TEKUTIN	29
2.1	Hustota a měrný objem	29
2.2	Stlačitelnost tekutiny a rychlost zvuku	30
2.3	Základní zákony dokonalých plynů	32
2.3.1	Stavová rovnice dokonalých plynů	32
2.3.2	Vnitřní energie plynu a objemová práce	33
2.3.3	Adiabatické proudění	34
2.4	Viskozita tekutin	34
2.4.1	Vnitřní tření tekutin	35
2.4.2	Vliv teploty a tlaku na viskozitu kapalin	36
2.4.3	Vliv teploty a tlaku na viskozitu tekutin	40
2.5	Povrchové napětí kapalin	42
2.6	Teplotní roztažnost kapalin	45
3	HYDROSTATIKA	48
3.1	Zákon o šíření tlaku v kapalinách	48
3.2	Eulerova rovnice hydrostatiky a tlaková funkce	50
3.3	Pascalův zákon a hydraulický lis	53
3.4	Tlakové hladiny (hladinové plochy, hladiny)	54
3.4.1	Nestlačitelná kapalina za působení tíže zemské	56
3.4.2	Stlačitelná kapalina za působení tíže zemské	58
3.4.3	Stlačitelná tekutina za působení tíže zemské	59
3.5	Tlakové síly kapaliny na plochy	60
3.5.1	Tlakové síly na rovinné plochy	61

3.5.2	Tlakové síly na křivé plochy	66
3.5.3	Vztlak a plavání těles	70
3.6	Relativní klid kapaliny	71
3.6.1	Přímočarý rovnoměrně zrychlený pohyb nádoby s kapalinou	71
3.6.2	Rovnoměrně otáčivý pohyb nádoby s kapalinou kolem svislé osy	74
3.6.3	Rovnoměrně otáčivý pohyb nádoby s kapalinou kolem vodorovné osy	76
4	PROUDĚNÍ TEKUTIN – ZÁKLADNÍ ROVNICE A JEJICH APLIKACE	78
4.1	Rozdělení proudění a základní pojmy	78
4.2	Rovnice kontinuity	84
4.2.1	Rovnice kontinuity pro jednorozměrné proudění	84
4.2.2	Rovnice kontinuity pro prostorové proudění	87
4.3	Eulerova rovnice hydrodynamiky	90
4.4	Bernoulliho rovnice pro dokonalou kapalinu	92
4.4.1	Torricelliho výraz pro výtokovou rychlost	96
4.5	Měření rychlostí a průtoků kapalin	98
4.5.1	Měření místní rychlosti a rychlostní profil	98
4.5.2	Určení střední rychlosti a průtoku z rychlostního profilu	100
4.5.3	Měření střední rychlosti a průtoku	102
4.5.4	Další metody měření rychlosti	104
4.6	Bernoulliho rovnice pro dokonalé plyny	105
4.6.1	Změna hustoty proudícího plynu	106
4.6.2	Rychlost plynu v závislosti na průtočném průřezu	107
4.6.3	Parametry plynu při proudění v závislosti na Machově čísle	108
4.7	Hybnostní věta v mechanice tekutin	110
4.7.1	Silový účinek proudu na desky a tělesa v klidu a pohybu	112
4.7.2	Silový účinek proudu na potrubí	115
4.7.3	Silové účinky proudu v lopatkových mřížích	116
5	POTENCIÁLNÍ PROUDĚNÍ V ROVINĚ	119
5.1	Potenciál rychlosti a proudová funkce	119
5.2	Laplaceova rovnice	122
5.3	Cirkulace a Stokesova věta	124
5.4	Vírové vlákno a Biotův–Savartův zákon	127
5.5	Vlastnosti vírového vlákna	130
5.6	Základní druhy potenciálního proudění	132
5.6.1	Rovnoměrný přímočarý proud	132
5.6.2	Zdroj a propad	133
5.6.3	Potenciální vír	135
5.7	Komplexní potenciál	137
5.7.1	Vlastnosti komplexního potenciálu	138
5.7.2	Komplexní potenciál základních druhů potenciálního proudění v rovině	139
5.7.3	Obtékání koutů, rohů a desek	141
5.8	Skládání potenciálního proudění	145
5.8.1	Propad a potenciální vír	146
5.8.2	Zdroj a propad	148
5.8.3	Dipól	151
5.8.4	Přímočarý rovnoměrný proud a zdroj	154

5.8.5	Přímočarý rovnoměrný proud se zdrojem a propadem	155
5.8.6	Obtékání válce	158
5.8.7	Obtékání válce s cirkulací proudu	161
5.8.8	Žukovského věta o vztlaku	166
5.9	Konformní zobrazení a metoda singularit	169
5.9.1	Konformní zobrazení	169
5.9.2	Metoda singularit	176
5.10	Elektrická analogie potenciálního proudění	179
5.10.1	Rovinné elektrické pole	179
5.10.2	Přímá a nepřímá elektrická analogie	180
6	PROUDĚNÍ SKUTEČNÝCH TEKUTIN	184
6.1	Druhy proudění skutečné tekutiny	184
6.2	Navierova – Stokesova rovnice	188
6.3	Laminární proudění	194
6.3.1	Laminární proudění v kruhovém potrubí	194
6.3.1.1	Rozběhová dráha laminárního proudu v potrubí	197
6.3.2	Laminární proudění mezi rovnoběžnými stěnami	198
6.3.3	Laminární proudění ve válcové mezeře	201
6.3.4	Laminární stékání po svislé stěně	202
6.3.5	Laminární proudění v klínové mezeře	204
6.4	Turbulentní proudění tekutiny	208
6.4.1	Turbulence a turbulentní smykové napětí	209
6.4.2	Rychlostní profil turbulentního proudu	212
6.4.2.1	Logaritmický rychlostní profil	212
6.4.2.2	Mocninový rychlostní profil	219
6.4.3	Rozběhová dráha turbulentního proudu v potrubí	222
6.4.4	Střední rychlosti nerovnoměrného rychlostního profilu	223
6.5	Bernoulliho rovnice pro skutečnou kapalinu	226
6.6	Hydraulické odpory	228
6.6.1	Třecí odpory v potrubích a kanálech	229
6.6.1.1	Součinitel tření pro hladké potrubí	230
6.6.1.2	Vliv drsnosti obtékaného povrchu	232
6.6.1.3	Závislost tlakové ztráty v potrubí na střední rychlosti	238
6.6.1.4	Nekruhové průtočné průřezy	239
6.6.2	Místní odpory	243
6.6.2.1	Změna průtočných průřezů	245
6.6.2.2	Změna směru proudění	254
6.6.2.3	Odpory v armaturách	257
6.7	Hydraulický výpočet potrubí	258
6.7.1	Jednoduché potrubí	258
6.7.2	Paralelní a okružní potrubí	262
6.7.2.1	Paralelní potrubí	262
6.7.2.2	Okružní síť s odběrem	263
6.7.3	Základy grafického řešení	264
6.8	Výtok kapaliny z nádob	267
6.8.1	Výtok malým otvorem	267
6.8.2	Výtok velkým otvorem	272
6.8.3	Výtok ponořeným otvorem	274

6.8.4	Výtok při současném přítoku	276
6.8.5	Vyprazdňování nádob	278
6.9	Přepady	279
6.9.1	Dokonalý přepad s volným proudem	281
6.9.2	Nedokonalý přepad	281
6.10	Neustálené proudění v potrubí	282
6.10.1	Bernoulliho rovnice pro neustálené proudění nestlačitelné kapaliny	282
6.10.1.1	Rozběh proudu v potrubí při výtoku z nádoby	284
6.10.1.2	Vynucený kmitavý pohyb	287
6.10.1.3	Volný kmitavý pohyb v trubici	288
6.10.2	Hydraulický ráz	293
6.10.2.1	Totální hydraulický ráz	293
6.10.2.2	Částečný hydraulický ráz	297
6.11	Proudění v rotujícím kanále	298
6.11.1	Bernoulliho rovnice pro rotující kanál	299
6.11.2	Eulerova rovnice čerpadlová a turbínová	303
6.11.3	Měrná energie a výkon čerpadla	306
6.12	Proudění v korytech	306
6.12.1	Rovnoměrný průtok	307
6.12.2	Nerovnoměrný průtok	310
6.13	Obtékání a odpor těles	312
6.13.1	Prandtlova rovnice pro mezní vrstvu	315
6.13.2	Třecí odpor na desce	318
6.13.3	Tlakový odpor	322
6.13.4	Úplav	324
6.13.5	Obtékání leteckých profilů	327
7	FYZIKÁLNÍ PODOBNOST V MECHANICE TEKUTIN	335
7.1	Podobnostní čísla	335
7.2	Určení podobnostních čísel pro experiment	340
7.2.1	Bezrozměrová analýza (π -teorém)	342
	LITERATURA	347
	ČSN	350
	REJSTŘÍK	351