

	PREDHOVOR . . . . .	3
1.	ÚVOD . . . . .	9
2.	FYZIKÁLNE VLASTNOSTI TEKUTÍN . . . . .	11
2.1.	Merná hmotnosť . . . . .	11
2.2.	Stlačiteľnosť . . . . .	11
2.3.	Tepelná rozťažnosť . . . . .	12
2.4.	Väzkosť tekutín . . . . .	12
2.5.	Povrchové napätie . . . . .	13
2.6.	Absorbácia plynov . . . . .	16
2.7.	Ideálna kvapalina . . . . .	17
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	17
3.	HYDROSTATIKA . . . . .	18
3.1.	Tlak a jeho vlastnosti . . . . .	18
3.2.	Eulerova rovnica hydrostatiky . . . . .	20
3.3.	Rovnica rovnotlakej hladiny . . . . .	25
3.4.	Relatívny kľud kvapalín v gravitačnom poli Zeme . . . . .	26
3.4.1.	Kvapalina v kľude . . . . .	26
3.4.2.	Všeobecný translačný pohyb kvapaliny . . . . .	28
3.4.3.	Rovnomerný otáčavý pohyb kvapaliny s nádobou okolo osi . . . . .	29
3.5.	Sily od tlaku kvapaliny na plochy . . . . .	34
3.5.1.	Sila na rovinnú plochu . . . . .	34
3.5.2.	Sily na krivé plochy . . . . .	38
3.6.	Sily na telesá . . . . .	40
3.6.1.	Archimédov zákon . . . . .	40
3.6.2.	Základné podmienky stability plávania . . . . .	41
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	43
4.	ZÁKLADNÉ POZNATKY Z KINEMATIKY TEKUTÍN . . . . .	44
4.1.	Popis pohybu tekutiny . . . . .	44
4.2.	Základné kinematické pojmy . . . . .	46
4.3.	Rovnica kontinuity . . . . .	47
4.3.1.	Rovnica kontinuity pre prúdovú trubicu . . . . .	47
4.3.2.	Rovnica kontinuity pre priestorové prúdenie . . . . .	48
4.4.	Všeobecný pohyb tekutiny . . . . .	50
4.5.	Vírivý pohyb tekutiny . . . . .	52
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	54
5.	ZÁKLADNÉ ROVNICE HYDRODYNAMIKY . . . . .	55
5.1.	Bernoulliho rovnica pre prúdnicu . . . . .	55
5.2.	Eulerova rovnica hydrodynamiky . . . . .	58
5.3.	Integrácia Eulerovej rovnice po prúdnici . . . . .	60
5.4.	Bernoulliho rovnica pre prúdenie v stojacom potrubí . . . . .	62
5.5.	Bernoulliho rovnica pre relatívne prúdenia . . . . .	63
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	65
6.	PRÚDENIE SKUTOČNÝCH KVAPALÍN . . . . .	66
6.1.	Reynoldsov pokus a druhy prúdenia . . . . .	66
6.1.1.	Kritéria podobnosti prúdenia . . . . .	67
6.1.2.	Rozmerová analýza . . . . .	72
6.2.	Bernoulliho rovnica pre prúdenie skutočnej kvapaliny . . . . .	74
6.3.	Laminárne prúdenie . . . . .	75
6.3.1.	Laminárne prúdenie v kruhovom potrubí . . . . .	75
6.3.2.	Laminárne prúdenie medzi rovnobežnými stenami . . . . .	78



6.3.3.	Laminárne prúdenie po šiknej stene . . . . .	80
6.3.4.	Laminárne prúdenie v klinovej medzere . . . . .	82
6.3.5.	Poznámka k laminárnemu prúdeniu . . . . .	84
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	85
6.4.	Turbulentné prúdenie . . . . .	85
6.4.1.	Matematický popis turbulentného prúdenia . . . . .	86
6.4.2.	Turbulentné šmykové napätie . . . . .	88
6.4.3.	Priebeh rýchlosti v blízkosti steny . . . . .	90
6.4.4.	Logaritmický zákon rozloženia rýchlosti . . . . .	92
6.4.5.	Nikuradzeho pokusy . . . . .	94
6.4.6.	Mocninový zákon rozloženia rýchlosti . . . . .	98
6.4.7.	Medzná vrstva . . . . .	100
6.4.8.	Hrúbka medznej vrstvy . . . . .	104
6.4.9.	Impulzová rovnica medznej vrstvy . . . . .	105
6.4.10.	Odpor rovinatej dosky . . . . .	107
6.4.11.	Odpor v potrubiach nekruhového prierezu . . . . .	108
6.4.12.	Kinetická energia a hybnosť prúdu . . . . .	110
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	113
7.	USTÁLENÉ PRÚDENIE (Základné technické problémy) . . . . .	114
7.1.	Zisťovanie rýchlosti a prietoku . . . . .	114
7.2.	Výtok kvapaliny otvorom . . . . .	117
7.2.1.	Výtok malým otvorom do ovzdušia . . . . .	117
7.2.2.	Výtok kvapaliny veľkým otvorom . . . . .	119
7.2.3.	Prepady . . . . .	121
7.2.4.	Doba výtoku . . . . .	121
7.2.5.	Výtok pri súčasnom prítoku . . . . .	123
7.3.	Miestne odpory pri prúdení . . . . .	125
7.3.1.	Strata náhlým rozšírením . . . . .	125
7.3.2.	Vstupná strata . . . . .	127
7.3.3.	Odpory v ohyboch . . . . .	129
7.3.4.	Poznámka k miestnym odporom . . . . .	130
7.4.	Ustálené prúdenie v potrubí . . . . .	130
7.4.1.	Gravitačné potrubie . . . . .	131
7.4.2.	Potrubie s čerpadlom . . . . .	132
7.4.3.	Hospodárny priemer potrubia . . . . .	133
7.4.4.	Spájanie potrubia . . . . .	134
7.4.5.	Základy grafického riešenia potrubia . . . . .	136
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	138
8.	NEUSTÁLENÉ PRÚDENIE . . . . .	139
8.1.	Bernoulliho rovnica pre neustálené prúdenie nestlačiteľnej kvapaliny v gravitačnom poli Zeme . . . . .	139
8.1.1.	Kmitavý pohyb kvapaliny v U trubici . . . . .	140
8.1.2.	Neustálený výtok potrubím . . . . .	143
8.1.3.	Vynútený pohyb v potrubí za piestovým čerpadlom . . . . .	144
8.1.4.	Tlak kvapaliny pred ventilom pri jeho zatvorení . . . . .	146
8.2.	Hydraulický ráz . . . . .	147
8.2.1.	Rýchlosť tlakových vln v pružnom potrubí . . . . .	148
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	152
9.	USTÁLENÉ PRÚDENIE V OTÁČAJÚCOM SA KANÁLI . . . . .	153
9.1.	Bernoulliho rovnica pre ustálené relatívne prúdenie väzkej kvapaliny . . . . .	153
9.2.	Eulerova pracovná rovnica čerpadla . . . . .	155
9.3.	Eulerova pracovná rovnica turbíny . . . . .	156
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	157
10.	DYNAMICKÉ ÚČINKY PRÚDU NA OBEKÁNE ŠTENY . . . . .	157
10.1.	Silový účinok prúdu na koleno . . . . .	157
10.2.	Sila na rovinnú dosku . . . . .	158
10.3.	Sila na krivú plochu . . . . .	159
10.4.	Reakcia vytekajúceho paprška . . . . .	160
10.5.	Práca získaná z pohyblivej dosky . . . . .	161
10.6.	Peltonova turbína . . . . .	162
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	163
11.	PRÚDENIE IDEÁLNEJ KVAPALINY . . . . .	164
11.1.	Vírivé prúdenie ideálnej kvapaliny . . . . .	164



11.1.1.	Cirkulácia . . . . .	164
11.1.2.	Stokesova veta . . . . .	165
11.1.3.	Vlastnosti vírového vlákna . . . . .	166
11.1.4.	Thomsonova veta . . . . .	168
11.2.	Potenciálne prúdenie v priestore . . . . .	169
11.2.1.	Potenciál rýchlosti . . . . .	169
11.2.2.	Lagrangeov integrál . . . . .	170
11.3.	Potenciálne prúdenie v rovine . . . . .	171
11.3.1.	Základné rovnice rovinného potenciálneho prúdenia . . . . .	172
11.3.2.	Prúdová funkcia a komplexný potenciál . . . . .	173
11.3.3.	Základné prúdové útvary . . . . .	176
11.3.3.1.	Paralelné prúdenie . . . . .	176
11.3.3.2.	Zdroj a prepád . . . . .	177
11.3.3.3.	Potenciálny vír . . . . .	180
11.3.4.	Superpozícia prúdenia . . . . .	183
11.3.4.1.	Pramen a paralelný prúd . . . . .	184
11.3.4.2.	Dvojica a dipól . . . . .	185
11.3.4.3.	Obtekanie elipsy a kružnice . . . . .	188
11.3.5.	Konformné zobrazenie . . . . .	194
11.3.5.1.	Obtekanie rohov . . . . .	196
11.3.5.2.	Žukovského transformácia . . . . .	199
11.3.5.3.	Zákon Kutta-Žukovského . . . . .	201
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	203
12.	OBTEKANIE TELIES SKUTOČNOU KVAPALINOU . . . . .	204
12.1.	Odpor . . . . .	204
12.1.1.	Odpor trecí . . . . .	204
12.1.2.	Odpor tvarový . . . . .	205
12.1.3.	Celkový odpor . . . . .	205
12.2.	Vznik vztlakovej sily . . . . .	207
12.3.	Charakteristiky leteckých profilov . . . . .	208
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	210
13.	VŠEOBECNÉ ROVNICE POPISUJÚCE PRÚDENIE SKUTOČNÝCH TEKUTÍN . . . . .	211
13.1.	Laminárne priestorové prúdenie . . . . .	211
13.1.1.	Šmykové napätia a ich vlastnosti . . . . .	211
13.1.2.	Tlak v tekutine . . . . .	213
13.1.3.	Navier Stokesova rovnica . . . . .	215
13.2.	Turbulentné priestorové prúdenie . . . . .	216
13.2.1.	Reynoldssova rovnica . . . . .	217
	Kontrolné otázky a úlohy . . . . .	220
14.	NESEWTONSKÉ KVAPALINY . . . . .	221
14.1.	Rozdelenie nenevtonských kvapalín . . . . .	221
14.2.	Kvapaliny so stacionárnym reogramom . . . . .	222
14.3.	Kvapaliny s nestacionárnym reogramom . . . . .	223
	Tabuľky . . . . .	224
	Použité označenia . . . . .	225
	Literatúra . . . . .	230