

## OBSAH

Seznam hlavních označení . . . . .	5
<b>1. Úvod do hydrotechnického výzkumu . . . . .</b>	<b>9</b>
1.1 Analytické a experimentální řešení hydrodynamických problémů . . . . .	9
1.2 Účel hydrotechnického výzkumu a jeho spojení s praxí . . . . .	12
<b>2. Teorie podobnosti v hydrotechnickém výzkumu . . . . .</b>	<b>15</b>
2.1 Všeobecné úvahy . . . . .	15
2.2 Výklad rozměrové analýzy . . . . .	16
2.2.1 Soustavy jednotek v hydrodynamice . . . . .	16
2.2.2 Zásady rozměrové analýzy a jejího použití v hydrotechnickém výzkumu . . . . .	18
2.2.3 Rayleighova metoda rozměrové analýzy . . . . .	19
2.2.4 Buckinghamova metoda rozměrové analýzy ( $\pi$ -teorém) . . . . .	22
2.3 Základní pojmy a definice v teorii podobnosti . . . . .	25
2.4 Obecný zákon mechanické podobnosti v hydrodynamice . . . . .	27
2.4.1 Odvození zákona mechanické podobnosti v hydrodynamice metodou rozměrové analýzy . . . . .	27
2.4.2 Odvození zákona mechanické podobnosti v hydrodynamice ze základních rovnic Navierových—Stokesových . . . . .	32
2.4.3 Mechanická podobnost přibližná . . . . .	37
2.5 Froudův zákon podobnosti . . . . .	39
2.6 Reynoldsův zákon podobnosti . . . . .	42
2.7 Weberův a Cauchyho zákon podobnosti a kavitační číslo . . . . .	44
2.7.1 Zákon Weberův . . . . .	44
2.7.2 Zákon Cauchyho . . . . .	46
2.7.3 Kavitační číslo . . . . .	47
2.8 Mezní podmínky podobnosti a metody řešení podobnosti komplexních jevů . . . . .	49
2.8.1 Mezní podmínky při použití zákonů podobnosti v hydrodynamice . . . . .	49
2.8.2 Metody řešení podobnosti komplexních jevů . . . . .	54
<b>3. Pracovní metody . . . . .</b>	<b>56</b>
3.1 Přípravné práce . . . . .	56
3.2 Technika modelování . . . . .	58
3.2.1 Hlavní typy hydrotechnických modelů . . . . .	58
3.2.2 Umístění modelů v laboratoři . . . . .	59
3.2.3 Materiál na stavbu modelů . . . . .	60
3.2.4 Výroba a stavba modelů . . . . .	62
3.2.5 Napájecí a odpadní zařízení modelů . . . . .	65
3.3 Postup při experimentálním výzkumu a jeho vyhodnocování . . . . .	68
3.3.1 Postup při experimentálním řešení složitých jevů trojrozměrného proudění . . . . .	68



3.3.2	Postup výzkumu při doplňování a ověřování teoretických vzorců klasické hydrodynamiky . . . . .	69
3.3.3	Postup při experimentálním výzkumu teoreticky dosud nevyřešených nebo jen částečně vyřešených hydrodynamických jevů . . . . .	70
3.3.4	Závěrečná zpráva . . . . .	72
<b>4.</b>	<b>Laboratorní zařízení, měřicí metody a přístrojová technika . . . . .</b>	<b>74</b>
4.1	Laboratorní zařízení . . . . .	74
4.2	Měřicí metody a přístrojová technika . . . . .	79
4.3	Měření polohy hladiny a reliéfu dna . . . . .	79
4.3.1	Měření ustálené hladiny . . . . .	79
4.3.2	Měření polohy kolísající hladiny . . . . .	81
4.3.3	Měření reliéfu dna . . . . .	81
4.4	Měření a regulace průtoku . . . . .	82
4.4.1	Měření průtoku . . . . .	82
4.4.2	Regulace průtoku . . . . .	84
4.5	Měření rychlosti vodního proudu . . . . .	85
4.6	Měření hydrodynamického tlaku . . . . .	88
4.7	Měření charakteristik směsí . . . . .	90
<b>5.</b>	<b>Modelový výzkum tlakových systémů . . . . .</b>	<b>92</b>
5.1	Výzkum potrubí . . . . .	92
5.1.1	Ztráty třením v potrubí . . . . .	92
5.1.2	Mezní vrstva a drsné i hladké potrubí . . . . .	95
5.1.3	Součinitel drsnosti v průmyslových potrubích . . . . .	100
5.1.4	Vliv tvaru průřezu potrubí na součinitel drsnosti . . . . .	104
5.1.5	Místní ztráty v potrubí . . . . .	105
5.1.6	Problémy podobnosti při průtoku potrubím a štolami pod tlakem . . . . .	106
5.1.7	Současné hlavní směry výzkumu v tlakových systémech . . . . .	111
5.2	Výzkum vyrovnávacích komor . . . . .	111
5.2.1	Rozbor metod modelování výkyvů hladiny ve vyrovnávacích komorách . . . . .	113
5.2.2	Výzkum stability vyrovnávací komory . . . . .	118
5.2.3	Příklady výzkumu vyrovnávacích komor v ČSSR . . . . .	118
5.3	Výzkum hydraulického rázu v tlakových potrubích . . . . .	119
5.3.1	Předmět a cíl výzkumu a podmínky podobnosti . . . . .	119
5.3.2	Modelovací technika při výzkumu hydraulického rázu . . . . .	122
5.4	Výzkum synchronních ventilů a tlakových tlumičů energie . . . . .	124
5.4.1	Výzkum synchronních ventilů vysokotlakých turbín . . . . .	124
5.4.2	Tlakové tlumiče energie . . . . .	125
<b>6.</b>	<b>Modelový výzkum říčních koryt a úprav toků . . . . .</b>	<b>127</b>
6.1	Úkoly výzkumu říčních tratí . . . . .	127
6.2	Podobnost modelů říčních tratí . . . . .	129
6.2.1	Podobnost průběhu hladin . . . . .	129
6.2.2	Podobnost začátku pohybu splavenin . . . . .	139
6.2.3	Podobnost množství pohybujících se splavenin . . . . .	141
6.2.4	Shrnutí podmínek podobnosti a určení základních měřítek . . . . .	143
6.3	Ztráty třením a zákony pohybu splavenin . . . . .	147
6.3.1	Součinitel drsnosti v otevřených korytech . . . . .	147
6.3.2	Zákony pohybu splavenin . . . . .	153
6.4	Výzkum úprav toků . . . . .	162



6.5 Modelový výzkum jímacích objektů a stavebních postupů na vodních dílech . . . . .	169
6.5.1 Výzkum jímacích objektů . . . . .	169
6.5.2 Výzkum stavebních postupů u vodních děl . . . . .	173
6.6 Výzkum zanášení zdrží . . . . .	176
<b>7. Modelový výzkum jezů, přehrad a vodních elektráren . . . . .</b>	<b>180</b>
7.1 Úkoly výzkumu a kritéria podobnosti . . . . .	180
7.2 Výzkum nízkotlakových vodních děl . . . . .	182
7.2.1 Výzkum koncepčního řešení . . . . .	182
7.2.2 Výzkum nízkotlakových vodních elektráren vedle jezů . . . . .	184
7.2.3 Modelový výzkum ledových jevů . . . . .	187
7.3 Modelový výzkum přepadů a přelivů . . . . .	191
7.3.1 Výzkum přelivných ploch jezů a korunových přelivů přehrad . . . . .	192
7.3.2 Výzkum šachtových přelivů . . . . .	198
7.3.3 Výzkum postranních (bočních) přelivů a jejich spádišť a skluzů . . . . .	204
7.4 Výzkum výpustí přehrad, propustků a shybek . . . . .	214
7.4.1 Výzkum výpustí přehrad . . . . .	214
7.4.2 Výzkum uzávěrů výpustí . . . . .	220
7.4.3 Výzkum propustků a shybek . . . . .	223
7.5 Výzkum tlumení energie a vývarů . . . . .	224
7.5.1 Výzkum tlumení energie a vývarů pod korunovými přelivy přehrad . . . . .	224
7.5.2 Výzkum tlumení energie a vývarů pod skluzy bočních přelivů . . . . .	236
7.5.3 Výzkum tlumení energie a vývarů pod výpustmi přehrad a u výtoků ze štol . . . . .	237
7.5.4 Výzkum podjezí . . . . .	240
7.5.5 Výzkum výmolů za vývarem . . . . .	243
7.6 Výzkum pohyblivých konstrukcí vodních staveb . . . . .	247
7.6.1 Výzkum tvarů jezových uzávěrů . . . . .	247
7.6.2 Výzkum hydrodynamického tlaku . . . . .	248
7.6.3 Výzkum chvění . . . . .	249
<b>8. Modelový výzkum plavebních zařízení na vnitrozemských vodních cestách . . . . .</b>	<b>253</b>
8.1 Úkoly výzkumu plavebních zařízení . . . . .	253
8.2 Výzkum řešení plavebních zařízení v komplexu vodního díla . . . . .	254
8.2.1 Výzkum umístění plavebních komor . . . . .	254
8.2.2 Úprava vjezdu do horních rejd plavebních komor na kanalizovaných řekách . . . . .	256
8.2.3 Úprava vjezdu do přístavů a do průplavů odbočujících ze splavné řeky . . . . .	259
8.3 Výzkum translačních vln a opatření proti jejich nepříznivému účinku na lodě a plavbu . . . . .	259
8.3.1 Předmět a cíl výzkumu a kritéria podobnosti . . . . .	259
8.3.2 Modelový výzkum translačních vln a opatření na jejich omezení . . . . .	264
8.4 Hydrotechnický výzkum plavebních komor . . . . .	266
8.4.1 Předmět a cíl výzkumu . . . . .	266
8.4.2 Metody hydrotechnického výzkumu plavebních komor . . . . .	268
8.4.3 Příklady výzkumu plavebních komor . . . . .	273
8.5 Hydrotechnický výzkum lodních zdvihadel a železnic . . . . .	287
8.5.1 Problémy při výzkumu . . . . .	287
8.5.2 Výzkum lodních železnic . . . . .	288
<b>9. Modelový výzkum průmyslových, zdravotně vodohospodářských a melioračních zařízení . . . . .</b>	<b>289</b>
9.1 Úkoly výzkumu a některé otázky podobnosti . . . . .	289
9.2 Metody laboratorního výzkumu usazovacích nádrží a podobnost pohybu suspendovaných částic . . . . .	292
9.3 Výzkum oddělovačů deště a usazovacích nádrží . . . . .	296



9.3.1 Výzkum oddělovačů deště . . . . .	296
9.3.2 Výzkum usazovacích nádrží a lapačů písku . . . . .	298
<b>10. Modelový výzkum mořských staveb . . . . .</b>	<b>303</b>
<b>11. Výzkum na vzduchových modelech . . . . .</b>	<b>306</b>
<b>12. Hydrotechnické laboratoře v ČSSR a Mezinárodní sdružení pro hydraulický výzkum . . . . .</b>	<b>312</b>
12.1 Hydrotechnické laboratoře v ČSSR . . . . .	312
12.2 Mezinárodní sdružení pro hydraulický výzkum (AIRH — IAHR) . . . . .	314
<b>Resumé . . . . .</b>	<b>317</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>321</b>
<b>Rejstřík . . . . .</b>	<b>331</b>