

# Obsah

<b>Seznam symbolů a označení</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>1 Bilance</b>	
<i>Vladimír Václavek, Jiří Vlček</i>	
<b>A Výpočtové vztahy</b> . . . . .	<b>15</b>
1.1 Základní pojmy . . . . .	15
1.2 Způsoby vyjadřování koncentrací . . . . .	19
1.3 Formulace bilanční úlohy . . . . .	21
1.4 Doporučený postup při bilancování . . . . .	21
<b>B Příklady</b>	
P1-1 Hmotnostní bilance jednoduchého systému bez chemické reakce . . . . .	25
P1-2 Hmotnostní bilance složitějšího systému bez chemické reakce v ustáleném stavu . . . . .	27
P1-3 Látková bilance jednoduchého systému s chemickou reakcí . . . . .	29
P1-4 Látková bilance dvou variant složitějšího kontinuálního systému s chemickou reakcí v ustáleném stavu . . . . .	34
P1-5 Látková bilance jednoduchého systému s chemickou reakcí v neustáleném stavu . . . . .	37
<b>C Úlohy</b> . . . . .	<b>41</b>
<b>2 Hydrostatika</b>	
<i>Marie Turcajová, Lubomír Neužil</i>	
<b>A Výpočtové vztahy</b> . . . . .	<b>57</b>
2.1 Tekutina v poli zemské tíže . . . . .	58
2.2 Tekutina v poli odstředivé síly . . . . .	60
<b>B Příklady</b>	
P2-1 Měření rozdílu tlaků šikmým manometrem . . . . .	60
P2-2 Určení výšky a koncentrace suspenze manometrem . . . . .	63
P2-3 Určení úrovně hladiny probubláváním plynu . . . . .	66
<b>C Úlohy</b> . . . . .	<b>68</b>

### 3 Tok tekutin

*Ivan Fořt, Lubomír Neužil*

<b>A</b>	<b>Výpočtové vztahy</b>	<b>75</b>
3.1	Rovnice kontinuity	75
3.2	Rovnice Bernoulliho	76
3.3	Výtok z nádoby otvorem ve dně	77
3.4	Ztráty mechanické energie při proudění tekutiny potrubím	78
3.4.1	Součinitel tření, součinitel místního odporu, ekvivalentní průměr potrubí, ekvivalentní délka potrubí	78
3.4.2	Přímý výpočet střední rychlosti a objemového nebo hmotnostního průtoku tekutiny	80
3.4.3	Přímý výpočet průměru potrubí	81
3.5	Tlaková ztráta při průtoku tekutiny vrstvou výplně	82
3.6	Přílohy	84
<b>B</b>	<b>Příklady</b>	
P3-1	Výpočet průtoku ideální nestlačitelné tekutiny potrubní sítí	92
P3-2	Výpočet doby výtoku kapaliny ze zásobníku	94
P3-3	Výpočet délky potrubí	97
P3-4	Výpočet hmotnostního průtoku plynu potrubím	99
P3-5	Výpočet průměru potrubí pro zadaný hmotnostní průtok tekutiny	105
<b>C</b>	<b>Úlohy</b>	<b>109</b>

### 4 Doprava tekutin odstředivými čerpadly

*Jiřina Malá, Lubomír Neužil, Ivan Fořt*

<b>A</b>	<b>Výpočtové vztahy</b>	<b>122</b>
4.1	Bernoulliho rovnice	122
4.2	Příkon a účinnost čerpadla	123
4.3	Charakteristika čerpadla	124
4.3.1	Čerpadla zapojená paralelně	124
4.3.2	Čerpadla zapojená sériově	125
4.4	Charakteristika potrubí	126
4.5	Podobnost čerpadel	126
4.6	Maximální sací výška čerpadla	127
<b>B</b>	<b>Příklady</b>	
P4-1	Výpočet měrné práce, pracovní výšky a příkonu čerpacího zařízení	128
P4-2	Společné řešení charakteristiky čerpadla a potrubí; podobnost čerpadel	131
<b>C</b>	<b>Úlohy</b>	<b>136</b>

### 5 Filtrace

*Marie Turcajová, Lubomír Neužil*

<b>A</b>	<b>Výpočtové vztahy</b>	<b>144</b>
5.1	Hmotnostní bilance filtru	144
5.2	Rovnice rychlosti filtrace	145

5.3	Řešení rovnice rychlosti filtrace . . . . .	147
5.3.1	Diskontinuální filtrace probíhající konstantní rychlostí . . . . .	147
5.3.2	Diskontinuální filtrace při konstantním rozdílu tlaků . . . . .	147
5.3.3	Diskontinuální promývání filtračního koláče při konstantním rozdílu tlaků . . . . .	148
5.3.4	Diskontinuální filtrace při použití odstředivého čerpadla . . . . .	149
5.3.5	Diskontinuální a kontinuální filtrace v odstředivce . . . . .	151
5.3.6	Kontinuální filtrace bubnovým filtrem . . . . .	152
<b>B Příklady</b>		
P5-1	Stanovení filtračních konstant na pokusném filtru a doby filtrace za konstantního rozdílu tlaků . . . . .	153
P5-2	Filtrace na nuči při konstantním rozdílu tlaků . . . . .	155
P5-3	Stanovení doby filtrace a promývání na kalolisu při konstantním rozdílu tlaků . . . . .	156
P5-4	Zjištění výkonnosti kalolisu při diskontinuální filtraci za konstantní rychlosti filtrace . . . . .	158
<b>C Úlohy . . . . .</b>		
<b>6 Usazování</b>		
<i>Ján Turcaj, Lubomír Neužil</i>		
<b>A Výpočtové vztahy . . . . .</b>		
6.1	Usazování jednotlivé kulové částice . . . . .	166
6.2	Usazování jednotlivé nekulové částice . . . . .	169
6.3	Usazování polydisperzních směsí . . . . .	170
6.4	Usazováký . . . . .	171
6.4.1	Gravitační usazovák . . . . .	171
6.4.2	Usazovací odstředivka . . . . .	173
6.4.3	Cyklón . . . . .	174
6.5	Přílohy . . . . .	175
<b>B Příklady</b>		
P6-1	Výpočet usazovací rychlosti kulové částice . . . . .	176
P6-2	Výpočet průměru kulové částice z usazovací rychlosti . . . . .	179
P6-3	Výpočet výkonnosti gravitačního usazováku . . . . .	181
P6-4	Výpočet frekvence otáčení kontinuální usazovací odstředivky . . . . .	183
P6-5	Výpočet průměru částic odlučovaných cyklónem . . . . .	185
<b>C Úlohy . . . . .</b>		
<b>7 Fluidace</b>		
<i>Ján Turcaj, Lubomír Neužil</i>		
<b>A Výpočtové vztahy . . . . .</b>		
7.1	Tlaková ztráta fluidní vrstvy a některé definice . . . . .	196
7.2	Práh fluidace kulových částic . . . . .	197
7.3	Expanze rovnoměrné fluidní vrstvy kulových částic . . . . .	198
7.4	Fluidace nekulových částic . . . . .	198
7.5	Tlaková ztráta na roštu . . . . .	199

7.6	Přílohy . . . . .	200
<b>B</b>	<b>Příklady</b>	
P7-1	Výpočet mezerovitosti fluidní vrstvy z tlakové ztráty fluidní vrstvy . . . . .	202
P7-2	Výpočet prahové rychlosti fluidace kulových částic . . . . .	203
<b>C</b>	<b>Úlohy</b> . . . . .	204
<b>8</b>	<b>Míchání</b>	
	<i>Ivan Fořt, Jiří Vlček</i>	
<b>A</b>	<b>Výpočtové vztahy</b> . . . . .	211
8.1	Příkon míchadla . . . . .	211
8.2	Homogenizační účinek míchadla . . . . .	214
8.3	Čerpací účinek míchadla . . . . .	215
8.4	Modelování míchacích zařízení v automodelové hydrodynamické oblasti . . . . .	215
8.5	Přílohy . . . . .	217
<b>B</b>	<b>Příklady</b>	
P8-1	Výpočet příkonu rotačního míchadla . . . . .	219
P8-2	Modelování míchacího zařízení . . . . .	220
<b>C</b>	<b>Úlohy</b> . . . . .	222
<b>9</b>	<b>Sdílení tepla</b>	
	<i>Oldřich Holeček, Jiří Vlček</i>	
<b>A</b>	<b>Výpočtové vztahy</b> . . . . .	227
9.1	Ustálené vedení tepla v nehybném prostředí . . . . .	227
9.2	Sdílení tepla konvekcí . . . . .	230
9.2.1	Přestup tepla konvekcí beze změny skupenství . . . . .	232
9.2.1.1	Volná konvekce do neomezeného prostoru . . . . .	232
9.2.1.2	Nucená konvekce . . . . .	232
9.2.1.2.1	Systemy s teplosměnnou plochou vytvořenou z trubek . . . . .	232
9.2.1.2.2	Nádoby s míchadly . . . . .	235
9.2.2	Přestup tepla konvekcí se změnou skupenství zúčastněných látek . . . . .	236
9.2.2.1	Přestup tepla při kondenzaci . . . . .	236
9.2.2.2	Přestup tepla při varu . . . . .	237
9.2.3	Postup při výpočtu koeficientu přestupu tepla z empirických rovnic . . . . .	237
9.3	Sdílení tepla sáláním v dokonale průteplivém prostředí . . . . .	238
9.4	Složené sdílení tepla . . . . .	239
9.4.1	Ustálený prostup tepla . . . . .	239
9.4.1.1	Prostup tepla žebrovanou trubkou . . . . .	241
9.4.1.2	Kritická tloušťka izolace . . . . .	242
9.4.2	Paralelní kombinace sálání—konvekce . . . . .	242
9.5	Přílohy . . . . .	243
<b>B</b>	<b>Příklady</b>	

P9-1	Ustálené vedení tepla složenou rovinnou stěnou . . . . .	246
P9-2	Výpočet koeficientu přestupu tepla při nuceném laminárním proudění trubkou kruhového průřezu . . . . .	247
P9-3	Výpočet koeficientu přestupu tepla při turbulentním proudění trubkou kruhového průřezu . . . . .	249
P9-4	Výpočet koeficientu přestupu tepla v mezitrubkovém prostoru výměníku při přechodném režimu proudění . . . . .	251
P9-5	Výpočet koeficientu přestupu tepla v nádobě s míchadlem . . . . .	252
P9-6	Výpočet koeficientu přestupu tepla při filmové kondenzaci s laminárním tokem kondenzátu . . . . .	255
C	Úlohy . . . . .	256

## 10 Výměníky tepla

*Oldřich Holeček, Jiří Vlček*

A	Výpočtové vztahy . . . . .	265
10.1	Výpočet výměníků tepla pracujících v ustáleném stavu . . . . .	265
10.1.1	Výpočet výměníků při konstantních vlastnostech látky a konstantním koeficientu prostupu tepla . . . . .	265
10.1.1.1	Konstrukční výpočet . . . . .	266
10.1.1.2	Kontrolní výpočet výměníku . . . . .	267
10.1.2	Výpočet výměníků tepla při proměnném koeficientu prostupu tepla . . . . .	269
10.2	Neustálený prostup tepla v nádobách s míchadlem . . . . .	271
10.3	Přílohy . . . . .	272
B	Příklady . . . . .	
P10-1	Výpočet délky svazkového výměníku . . . . .	276
P10-2	Výpočet teploty tekutiny na výstupu z výměníku . . . . .	278
P10-3	Výpočet koncových teplot tekutin ve výměníku s křížovým tokem médií . . . . .	280
P10-4	Porovnání spotřeby chladicí vody při souproudém a protiproudém uspořádání téhož výměníku . . . . .	281
C	Úlohy . . . . .	283

## 11 Odpařování

*Vladimír Václavěk, Jiří Vlček*

A	Výpočtové vztahy . . . . .	290
11.1	Odpařování v jednom stupni . . . . .	290
11.1.1	Hmotnostní a entalpická bilance . . . . .	290
11.1.2	Výpočet hmotnostní a entalpické bilance odparky na entalpickém diagramu . . . . .	291
11.1.3	Určení plochy pro výměník tepla . . . . .	292
11.1.4	Optimální cyklus čištění odparky . . . . .	293
11.1.5	Tepelná ekonomie jednostupňové odparky . . . . .	293
11.2	Odpařování v několika stupních . . . . .	294
11.2.1	Hmotnostní a entalpická bilance . . . . .	294
11.2.2	Určení plochy pro výměník tepla . . . . .	295

11.3	Poznámka k technice výpočtu entalpie roztoku . . . . .	297
<b>B Příklady</b>		
P11-1	Bilance jednostupňové odparky numericky a graficky . . . . .	298
P11-2	Výpočet dvoustupňové odparky za podmínky stejných výhřevných ploch a minimální celkové výhřevné plochy . . . . .	300
<b>C Úlohy</b> . . . . .		
		306
<b>Literatura</b> . . . . .		
		311

10.1	Výpočet výměníků tepla pracujících v ustáleném stavu . . . . .	285
10.1.1	Výpočet výměníků při konstantních vlastnostech látky a konstantním proudění . . . . .	285
10.1.1.1	Konstruktivní výpočet . . . . .	286
10.1.1.2	Kontrolní výpočet výměníku . . . . .	287
10.1.2	Výpočet výměníků tepla při proměnném koeficientu přestupu tepla . . . . .	289
10.2	Nestacionární přestup tepla v nádobě s mícháním . . . . .	271
10.3	Přílohy . . . . .	272
<b>Příklady</b>		
P10-1	Výpočet délky svařkového výměníku . . . . .	278
P10-2	Výpočet teploty tekutiny na výstupu z výměníku . . . . .	278
P10-3	Výpočet koncových teplot tekutin ve výměníku s křížovým prouděním . . . . .	280
P10-4	Porovnání spotřeby chladicí vody při souřadném a křížovém proudění . . . . .	281
10.2.1	Úlohy . . . . .	282
10.2.1.1	Nádobě s mícháním . . . . .	282
10.2.1.2	Přestup tepla konvekční proudění . . . . .	282
10.2.1.3	Přestup tepla při kondenzaci . . . . .	282
10.2.1.4	Přestup tepla při varu . . . . .	282
10.2.2	Přestup tepla při proudění v dutině . . . . .	282
10.2.3	Sílení tepla . . . . .	282
11.1	Obtížnost v jednom stupni . . . . .	280
11.1.1	Hmotnostní a entalpiická bilance . . . . .	280
11.1.2	Výpočet hmotnostní a entalpiické bilance . . . . .	281
11.1.3	Určení plochy pro výměník tepla . . . . .	282
11.1.4	Optimální cyklus číselné odparky . . . . .	283
11.1.5	Teplota ekonomie jednostupňové odparky . . . . .	283
11.2	Obtížnost v několika stupních . . . . .	284
11.2.1	Hmotnostní a entalpiická bilance . . . . .	284
11.2.2	Určení plochy pro výměník tepla . . . . .	285