

---

# Sadržaj

<i>Predgovor</i>		xi
<i>Spisak oznaka</i>		xvii
<i>Spisak tabela</i>		xxv
<i>Uvod</i>		xxvii
<b>Poglavlje 1</b>	<b>Klasifikacija razmenjivača toplote, njihov izbor i primena</b>	<b>1</b>
1.1	Klasifikacija prema načinu ostvarivanja kontakta fluida pri razmeni toplote	4
1.2	Klasifikacija prema kompaktnosti površine za toplotnu razmenu	5
1.3	Klasifikacija prema konstruktivnim karakteristikama razmenjivača toplote	7
1.3.1	Cevni razmenjivači toplote	7
1.3.2	Pločasti razmenjivači toplote	14
1.3.3	Razmenjivači toplote sa istaknutim površinama	20
1.3.4	Regeneratori	27
1.4	Klasifikacija prema konfiguraciji tokova fluida	31
1.4.1	Razmenjivači toplote sa jednim prolazom fluida kroz aparat	32
1.4.2	Razmenjivači toplote sa više prolaza fluida kroz aparat	35
1.5	Klasifikacija prema broju fluida koji učestvuju u toplotnoj razmeni	39
1.6	Klasifikacija prema mehanizmu prenosa toplote	40

<b>Poglavlje 2</b>	<b>Propisi i standardi za projektovanje razmenjivača toplote</b>	41
2.1	Kodovi i standardi za posude pod pritiskom	42
2.1.1	ASME kod (The American Society of Mechanical Engineers Boiler and Pressure Vessel Code)	43
2.1.2	Evropski kodovi za posude pod pritiskom	43
2.1.3	Japanski kod za posude pod pritiskom	44
2.1.4	Tehnički propisi za posude pod pritiskom u Srbiji i Crnoj Gori	44
2.1.5	Poređenje kodova za posude pod pritiskom	46
2.1.6	Internacionalna standardizacija	47
2.1.7	Standardi	47
<b>Poglavlje 3</b>	<b>Osnovne Karakteristike Razmenjivača Toplote sa Cevnim Snopom i Omotačem (RTCSO) i njihovo specificiranje</b>	51
3.1	Klasifikacija tipova RTCSO prema TEMA standardima	53
3.1.1	Prikazivanje gabarita	54
3.1.2	Označavanje tipa aparata	54
3.2	Glavne konstruktivne karakteristike pojedinih tipova RTCSO	56
3.2.1	Razmenjivači toplote sa nepokretnom glavom zadnjeg kraja	56
3.2.2	Razmenjivači toplote sa U-cevima	60
3.2.3	Razmenjivači toplote sa plivajućom glavom zadnjeg kraja	61
3.2.4	Razmenjivači toplote sa nepokretnom glavom prednjeg kraja	70
3.2.5	Tipovi omotača	71
3.3	Izbor i specificiranje RTCSO	72
3.3.1	Razmatranje i specificiranje procesnih i termičkih uslova rada razmenjivača	74
3.3.2	Razmatranje i specificiranje osnovnih podataka za mehaničko projektovanje razmenjivača toplote	79
3.3.3	Razmatranje i specificiranje geometrijskih i konstruktivnih karakteristika razmenjivača toplote na osnovu temohidrauličkog proračuna	82
3.3.4	Specifikacioni list razmenjivača toplote	105
<b>Poglavlje 4</b>	<b>Elementi proračuna razmenjivača toplote</b>	107
4.1	Jednačine energetskog bilansa razmenjivača toplote	107
4.2	Jednačina za prolaz toplote	109
4.3	Pretpostavke i uprošćenja koja omogućavaju osnovne proračune razmenjivača toplote	111
4.4	Koeficijent prolaza toplote	112

4.4.1	Osnovne jednačine za određivanje koeficijenta prolaza toplote	112
4.4.2	Termički otpori onečišćenja	114
4.5	Bezdimenzione grupe osnovnih metoda proračuna razmenjivača toplote	116
4.5.1	Efektivnost razmenjivača toplote, $\varepsilon$	117
4.5.2	Odnosi protoka toplotnih kapaciteta fluida, $C^*$ i $R$	120
4.5.3	Termička efektivnost, $P$	120
4.5.4	Broj prenosnih jedinica, $NTU$	121
4.6	Metoda srednje logaritamske razlike temperatura	122
4.6.1	Raspodela temperature u (1-1) razmenjivačima toplote sa istostrujnim i suprotnostrujnim tokovima fluida	123
4.6.2	Srednja logaritamska razlika temperatura kod (1-1) razmenjivača toplote sa istostrujnim i suprotnostrujnim tokovima fluida	125
4.6.3	Određivanje srednjih vrednosti koeficijenta prolaza toplote $K_m$ kada je duž aparata $K_{lok} \neq const$	127
4.6.4	Srednja logaritamska razlika temperatura u (1-1) razmenjivačima toplote sa unakrsnim tokom "nemešanih" fluida	128
4.6.5	Srednja razlika temperatura u razmenjivačima toplote sa složenim konfiguracijama tokova fluida	131
	4.6.5.1 (1-2) i (2-4) razmenjivači toplote sa cevnim snopom i omotačem	131
	4.6.5.2 Razmenjivači toplote sa unakrsnim tokovima fluida	137
4.7	Metoda prenosnih jedinica	140
4.7.1	(1-1) Razmenjivači toplote	141
	4.7.1.1 Istostrujni i suprotnostrujni tok fluida.	141
	4.7.1.2 Unakrsan tok sa jednim prolazom fluida.	145
4.7.2	(1-2), odnosno (1-2n), razmenjivači toplote sa cevnim snopom i omotačem	146
4.7.3	(2-4), odnosno (n-2n, $n \neq 1$ ), razmenjivači toplote sa cevnim snopom i omotačem	146
4.7.4	Druge konfiguracije tokova fluida	147
<b>Poglavlje 5</b>	<b>Korelacione jednačine i osnovne metode za termohidraulički proračun razmenjivača toplote sa cevnim snopom i omotačem (RTCSO)</b>	<b>149</b>
5.1	Korelacije za prelaz toplote	150
5.1.1	Prelaz toplote pri strujanju kroz vodove	154
5.1.2	Prelaz toplote pri strujanju oko snopa cevi	160
5.2	Korelacije za pad pritiska	169
5.2.1	Pad pritiska pri strujanju kroz cevovode	171
5.2.2	Pad pritiska pri strujanju oko snopa cevi	174
5.2.3	Padovi pritisaka u dovodnim i odvodnim priključcima i u glavama razmenjivača	175

5.3	Razmatranje karakterističnih temperatura pri termohidrauličkim proračunima razmenjivača toplote	178
5.4	Metode termohidrauličkog proračuna RTCSO	180
5.4.1	Metoda Kern–Holland	182
5.4.1.1	Prelaz toplote pri strujanju kroz cevovode.	183
5.4.1.2	Prelaz toplote pri unakrsnom strujanju oko snopova cevi	185
5.4.1.3	Pad pritiska pri strujanju kroz cevovode	189
5.4.1.4	Pad pritiska pri unakrsnom strujanju oko snopova cevi sa pregradama	191
5.4.2	Metoda Bell–Delaware	193
5.4.2.1	Osnovne jednačine metode Bell–Delaware	195
5.4.2.2	Osnovni ulazni podaci	201
5.4.2.3	Određivanje geometrijskih karakteristika neophodnih pri izračunavanju koeficijena prelaza toplote i pada pritiska u omotaču	202
5.4.2.4	Izračunavanje koeficijenta prelaza toplote i pada pritiska u omotaču	218
<b>Poglavlje 6</b>	<b>Termohidraulički proračuni Razmenjivača Toplote sa Cevnim Snopom i Omotačem (RTCSO)</b>	<b>233</b>
6.1	Provera RTCSO	234
6.1.1	Termička provera razmenjivača toplote	234
6.1.2	Hidraulički proračuni i provera razmenjivača toplote	236
6.2	Metodologija termohidrauličke provere RTCSO	237
6.2.1	Metoda srednje logaritamske razlike temperatura	237
6.2.2	Metoda prenosnih jedinica	242
6.3	Metodologija termohidrauličke simulacije razmenjivača toplote	243
6.3.1	Metoda srednje logaritamske razlike temperatura	243
6.3.2	Metoda prenosnih jedinica	245
6.4	Projektovanje RTCSO	245
6.5	Metodologija termohidrauličkog projektovanja razmenjivača toplote	249
6.5.1	Metoda srednje logaritamske razlike temperatura	249
6.5.2	Metoda prenosnih jedinica	253
6.6	Primeri termohidrauličkog proračuna RTCSO	253
6.6.1	Metoda Kern–Holland	253
6.6.2	Metoda Bell–Delaware	265
<b>Poglavlje 7</b>	<b>Vibracije cevi u Razmenjivačima Toplote sa Cevnim Snopom i Omotačem (RTCSO)</b>	<b>279</b>
7.1	Mehanizmi eksitacije	282
7.1.1	Rasprostiranje vrtloga	289
7.1.2	Turbulentni udari	297
7.1.3	Kovitlanje elastičnih cevi	298
7.1.4	Akustične ekscitacije	302

7.2	Oštećenja usled vibracija cevi	307
7.3	Poređenje metoda	311
7.4	Primeri	312
7.4.1	Primer 1.	312
7.4.2	Primer 2.	320
<b>Poglavlje 8</b>	<b>Pločasti razmenjivači toplote</b>	<b>331</b>
8.1	Osnovne karakteristike i primena	331
8.2	Konstruktivni elementi pločastih razmenjivača	333
8.3	Osnovne metode proračuna pločastih razmenjivača toplote	337
8.3.1	Primena metode srednje logaritamske razlike temperatura na proračun pločastih razmenjivača toplote	338
8.3.2	Metoda prenosnih jedinica	341
8.3.3	Uporedni pregled metode srednje logaritamske razlike temperatura i metode prenosnih jedinica	343
8.4	Strujanje fluida kroz aparat i moguće konfiguracije tokova	344
8.5	Proračun prenosa toplote i padova pritiska	348
8.5.1	Geometrijske karakteristike ploča i kanala za proticanje fluida	348
8.5.2	Prenos toplote u pločastim razmenjivačima	352
8.5.3	Padovi pritiska u pločastim razmenjivačima toplote	353
8.6	Primer	356
<b>Literatura</b>		<b>365</b>
<b>Prilozi</b>		
Prilog A	Modul elastičnosti metalnih materijala za izgradnju komponenata razmenjivača toplote	369
Prilog B	Tipične vrednosti termičkih otpora onečišćenja i koeficijenta prolaza toplote pri strujanju različitih fluida kroz razmenjivače toplote sa cevnom snopom i omotačem	371
Prilog C	Osnovne dimenzije cevi za razmenjivače toplote	375
Prilog D	Broj i raspored cevi u cevnom pločama	379
Prilog E	Standardni prečnici omotača	385
Prilog F	Grafičke zavisnosti korekcionog faktora za srednju logaritamsku razliku temperatura $F$ , kod razmenjivača toplote sa cevnom snopom i omotačem, i razmenjivača toplote sa unakrsnim tokovima fluida	387

x

Prilog G	Grafičke zavisnosti efektivnosti $\varepsilon$ razmenjivača toplote od broja prenosnih jedinica NTU za različite konfiguracije tokova fluida	399
Prilog H	Međusobne zavisnosti termičke efektivnosti $P_1$ i korekcionog faktora $F$ od broja prenosnih jedinica $NTU_1$ i broja termalnih ploča $N_t$ , pri konstantnim vrednostima odnosa $R_1$ , za različite konfiguracije tokova fluida	407
<b>Indeks pojmova</b>		<b>415</b>