





# **RASHLADNI** **uređaji i instalacije**

**MONTAŽA, PUŠTANJE U RAD, ODRŽAVANJE I POPRAVKE**



**RASHLADNI UREĐAJI I INSTALACIJE**  
**Montaža, puštanje u rad,**  
**održavanje i popravke**

**Mr Stevan Šamšalović, dipl. inž.**

**IZDAVAČ**

*Savez mašinskih i elektrotehničkih  
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS)  
Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd  
2012. god.*

**UREDNIK**

*Dr Milovan Živković, dipl. inž.*

**RECENZENTI**

*Prof. dr Franc Kosi, dipl. inž.  
Slobodan B. Tešić, dipl. inž.*

**SLOG**

*„Kvartet V“, Beograd*

**ŠTAMPA**

*„Paragon“, Beograd*

**TIRAŽ**

*800 primeraka*

CIP – Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд  
621.56/.59

ШАМШАЛОВИЋ, Стеван, 1940-

Rashladni uređaji i instalacije : montaža, puštanje u rad, održavanje i popravke / [Stevan Šamšalović]. – Beograd : #Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (#SMEITS), 2012 (Beograd : Paragon). – 350 str. : ilustr. ; 24 cm

Podatak o autoru preuzet iz kolofona. – Tiraž 800. – Napomene uz tekst. – Bibliografija: str. 345-346. – Registar.

ISBN 978-86-81505-62-5

a) Раскладна техника b) Раскладни уређаји

– Одржавање

COBISS.SR-ID 189749516

---

# Sadržaj

<b>Predgovor</b> .....	11
<b>1. Uvod</b> .....	13
<b>2. Osnovni teorijski pojmovi iz tehnike hlađenja</b> .....	15
2.1. Toplota i hladnoća .....	15
2.2. Temperatura .....	15
2.2.1. Merenje temperature .....	16
2.2.2. Temperaturske skale .....	16
2.3. Mehaničke veličine .....	19
2.3.1. Sila .....	19
2.3.2. Masa .....	19
2.3.3. Energija i rad .....	19
2.3.4. Snaga .....	20
2.4. Specifična težina .....	20
2.5. Specifična gustina .....	21
2.6. Specifična zapremina .....	21
2.7. Pritisak .....	22
2.7.1. Merenje pritiska .....	23
2.7.2. Preračunavanje pritisaka .....	26
2.8. Količina toplote .....	26
2.8.1. Rashladni učinak .....	26
2.8.2. Specifična toplota .....	26
2.9. Dejstvo toplote na telo .....	27
2.9.1. Dejstvo toplote na čvrsta tela .....	27
2.9.2. Dejstvo toplote na tečna tela .....	27
2.9.3. Dejstvo toplote na gasovita tela .....	28
2.9.4. Promene vode pri zagrevanju .....	28
2.10. Razmena toplote .....	29
2.10.1. Razmena toplote provođenjem .....	29
2.10.2. Razmena toplote prenošenjem .....	29
2.10.3. Razmena toplote zračenjem .....	30
2.10.4. Kombinovana razmena toplote .....	30
2.11. Zasićeno stanje rashladnih fluida .....	31

2.11.1. Pothlađena tečnost . . . . .	31
2.11.2. Zavisnost između pritiska i temperature pri zasićenom stanju . . . . .	31
2.11.3. Kritičan pritisak . . . . .	32
2.12. Vlažan vazduh . . . . .	32
2.12.1. Apsolutna i relativna vlažnost. . . . .	32
2.12.2. Tačka rose . . . . .	32
2.12.3. Isparavanje vode u vazduhu. . . . .	32
2.12.4. Hlađenje isparavanjem . . . . .	33
2.12.5. Higrometri i psihrometri . . . . .	33
<b>3. Princip rada rashladnih sistema . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>4. Primena rashladnih sistema. . . . .</b>	<b>39</b>
4.1. Rashladni sistemi i priprema hrane . . . . .	40
4.2. Hlađenje u klimatizaciji. . . . .	54
<b>5. Rashladni fluidi . . . . .</b>	<b>57</b>
5.1. Klasifikacija rashladnih fluida . . . . .	58
5.2. Vrste rashladnih fluida . . . . .	59
5.3. F rashladni fluidi . . . . .	61
5.3.1. R134a . . . . .	61
5.3.2. R22 . . . . .	62
5.3.3. R123. . . . .	62
5.4. Mešavine . . . . .	63
5.4.1. R404A. . . . .	63
5.4.2. R407C. . . . .	64
5.4.3. R410A. . . . .	64
5.5. Prirodni fluidi . . . . .	64
5.5.1. R717 (amonijak) . . . . .	64
5.5.2. R290, R690, R1270 i R170 . . . . .	66
5.6. Upotreba rashladnih sredstava . . . . .	66
5.7. Zamena postojećih rashladnih fluida . . . . .	67
5.8. Rukovanje rashladnim fluidima. . . . .	69
5.9. Rashladni fluidi i ulje . . . . .	75
5.10. Rashladni fluidi i vlaga . . . . .	76
5.11. Skladištenje rashladnih fluida . . . . .	78
<b>6. Kompresori . . . . .</b>	<b>81</b>
6.1. Podela kompresora . . . . .	81
6.1.1. Rotacioni kompresori. . . . .	81
6.1.2. Vijčani kompresori. . . . .	82
6.1.3. Skrol kompresori. . . . .	83
6.1.4. Centrifugalni kompresori . . . . .	84
6.1.5. Klipni kompresori . . . . .	84
6.2. Opis rada klipnog kompresora . . . . .	84

6.3. Karakteristike osnovnih tipova klipnih kompresora . . . . .	90
6.4. Regulacija učinka kompresora . . . . .	92
6.5. Višestepeni kompresori . . . . .	93
<b>7. Kondenzatori . . . . .</b>	<b>95</b>
7.1. Kondenzatori hlađeni vodom . . . . .	95
7.1.1. Protivstrujni kondenzatori . . . . .	95
7.1.2. Dobošasti kondenzatori . . . . .	95
7.1.3. Koaksijalni kondenzatori . . . . .	97
7.2. Kondenzatori hlađeni vazduhom . . . . .	97
7.3. Kondenzatori hlađeni isparavanjem vode . . . . .	98
7.3.1. Atmosferski kondenzatori . . . . .	98
7.3.2. Evaporativni kondenzatori . . . . .	99
7.4. Izbor i proračun kondenzatora . . . . .	100
7.5. Regulacija vazdušnih kondenzatora . . . . .	102
<b>8. Isparivači . . . . .</b>	<b>105</b>
8.1. Isparivači sa direktnom ekspanzijom . . . . .	105
8.2. Preplavljeni isparivači . . . . .	106
8.3. Isparivači za hlađenje vazduha . . . . .	106
8.4. Isparivači za hlađenje tečnosti . . . . .	109
8.5. Izračunavanje rashladne površine isparivača . . . . .	110
8.6. Položaj isparivača za hlađenje vazduha . . . . .	112
8.7. Otapanje isparivača . . . . .	113
8.7.1. Metode otapanja . . . . .	114
8.7.2. Otapanje vodom . . . . .	115
8.7.3. Otapanje električnom energijom . . . . .	116
8.7.4. Otapanje toplim gasom . . . . .	116
<b>9. Pomoćni aparati . . . . .</b>	<b>119</b>
9.1. Skupljači tečnosti . . . . .	121
9.2. Odvajači tečnosti . . . . .	122
9.3. Odvajači ulja . . . . .	123
9.4. Odvajači nekondenzujućih gasova . . . . .	124
9.5. Sušaći za tečne rashladne fluide . . . . .	125
9.6. Pothlađivači tečnosti . . . . .	127
9.7. Međuhladnjaci . . . . .	129
9.8. Vidna stakla . . . . .	129
<b>10. Cevovodi i armature . . . . .</b>	<b>131</b>
10.1. Cevovodi . . . . .	131
10.1.1. Materijali i dimenzije cevovoda . . . . .	144
10.1.2. Elementi za spajanje . . . . .	145
10.1.3. Elementi za nošenje cevovoda . . . . .	145
10.2. Armatura . . . . .	145

10.2.1. Ventili . . . . .	145
10.3. Izolacija . . . . .	148
<b>11. Automatika . . . . .</b>	<b>151</b>
11.1. Regulacioni organi . . . . .	152
11.1.1. Kapilarna cev . . . . .	152
11.1.2. Automatski regulacioni ventil . . . . .	152
11.1.3. Termostatski ekspanzioni ventil . . . . .	154
11.1.4. Razdelnik tečnosti . . . . .	157
11.2. Termostati . . . . .	158
11.2.1. Sobni termostat . . . . .	160
11.2.2. Isparivački termostat . . . . .	160
11.2.3. Termostat za tečnost . . . . .	161
11.3. Presostati . . . . .	161
11.3.1. Presostat visokog pritiska . . . . .	161
11.3.2. Presostat niskog pritiska . . . . .	162
11.3.3. Diferencijalni presostat . . . . .	164
11.4. Magnetni ventili . . . . .	165
11.5. Ventil konstantnog pritiska . . . . .	165
11.6. Termostatski regulatori temperature . . . . .	166
11.7. Ventil za vodu . . . . .	167
11.8. Regulatori posebne namene . . . . .	167
11.9. Servoventil . . . . .	168
11.10. Električni regulatori nivoa . . . . .	169
11.10.1. Termostatski regulator nivoa . . . . .	170
11.11. Elektronski uređaji za automatsko upravljanje rashladnim sistemima . . . . .	171
<b>12. Elektrooprema . . . . .</b>	<b>173</b>
<b>13. Prikaz osnovnih vrsta instalacije . . . . .</b>	<b>175</b>
13.1. Kućni frižideri . . . . .	175
13.2. Komercijalni ormani, vitrine i pultovi . . . . .	176
13.3. Male rashladne komore . . . . .	179
13.4. Velike hladnjače . . . . .	182
13.5. Instalacija za hlađenje tečnosti . . . . .	185
13.6. Kaskadna instalacija . . . . .	190
<b>14. Ulje u rashladnim instalacijama . . . . .</b>	<b>191</b>
14.1. Cirkulacija ulja u instalaciji . . . . .	191
14.2. Povratak ulja u kompresor . . . . .	192
<b>15. Montaža . . . . .</b>	<b>195</b>
15.1. Mašinska prostorija . . . . .	195
15.2. Cevni vodovi . . . . .	198



15.3. Isparivači . . . . .	201
15.4. Automatika. . . . .	201
15.5. Rashladni agregati . . . . .	205
<b>16. Puštanje u rad . . . . .</b>	<b>207</b>
16.1. Čišćenje instalacije . . . . .	207
16.2. Priprema instalacije za puštanje u rad. . . . .	208
16.3. Ispitivanje na pritisak . . . . .	209
16.4. Ispitivanja na pritisak azotom i vakuumiranje instalacije . . . . .	209
16.5. Ispitivanje na pritisak rashladnim fluidom . . . . .	211
16.6. Punjenje instalacije rashladnim fluidom . . . . .	212
16.7. Ispitivanje na pritisak i punjenje sasvim malih instalacija . . . . .	213
16.8. Nedovoljno punjenje . . . . .	214
16.9. Prepunjena instalacija. . . . .	215
16.10. Ispuštanje vazduha. . . . .	215
16.11. Prvo puštanje instalacije u rad. . . . .	216
16.12. Buka i način njenog otklanjanja. . . . .	217
16.13. Ulje za podmazivanje . . . . .	217
16.14. Filter na usisu . . . . .	218
<b>17. Rukovanje i održavanje. . . . .</b>	<b>219</b>
17.1. Puštanje kompresora u rad . . . . .	219
17.2. Pojave u toku rada . . . . .	220
17.3. Promena režima rada . . . . .	225
17.4. Redovno održavanje instalacije. . . . .	226
17.5. Zaustavljanje instalacije. . . . .	228
<b>18. Kvarovi i popravke . . . . .</b>	<b>229</b>
18.1. Suviše visok pritisak na potisu. . . . .	229
18.2. Nizak pritisak na potisu . . . . .	231
18.3. Približno isti pritisci na usisu i potisu . . . . .	232
18.4. Suviše nizak pritisak na usisu i u isparivaču . . . . .	235
18.5. Kompresor ostaje bez ulja . . . . .	239
18.6. Mehurovi u vidnom staklu na tečnom vodu. . . . .	240
18.7. Ekspanzioni ventil zamrznut spolja . . . . .	240
18.8. Kompresor lupa. . . . .	240
18.9. Ulje u karteru se jako peni . . . . .	242
18.10. Zaptivača propušta rashladni fluid . . . . .	242
18.11. Kompresor radi ali isparivač ne hladi. . . . .	242
18.12. Kompresor se svaki čas uključuje i isključuje. . . . .	243
18.13. Kompresor se uključuje i radi iako hlađenje nije potrebno. . . . .	244
18.14. Temperatura u komori visoka, a instalacija se ne uključuje. . . . .	244
18.15. Kompresor se isključuje pre nego što je postignuta željena temperatura. . . . .	245
18.16. Kompresor se ne isključuje iako je u komori postignuta temperatura koja se želi . . . . .	246

18.17. Primeri karakterističnih kvarova . . . . .	246
18.18. Kvarovi na agregatu za hlađenje vode . . . . .	260
18.19. Kvarovi na uređajima za domaćinstvo . . . . .	270
18.20. Kvarovi na komercijalnim rashladnim uređajima . . . . .	272
18.21. Kvarovi na split klimatizacionim jedinicama . . . . .	275
<b>19. Mere sigurnosti u radu rashladnih instalacija . . . . .</b>	<b>281</b>
19.1. Rashladni fluid – amonijak (R717) . . . . .	282
19.2. Rashladni fluidi – freoni. . . . .	287
<b>20. Alat i pribor . . . . .</b>	<b>289</b>
20.1. Oprema za punjenje i pražnjenje. . . . .	294
20.2. Pribor za merenje. . . . .	295
<b>PRILOZI . . . . .</b>	<b>297</b>
<b>Rashladni učinak komercijalnih rashladnih vitrina</b> <b>(temperatura okoline 25 °C) . . . . .</b>	<b>299</b>
<b>Smernice za izbor komponenata za rashladne komore . . . . .</b>	<b>303</b>
<b>Izbor dimenzija kapilare za kompresore L'Unité hermetique . . . . .</b>	<b>315</b>
<b>Upoređena tabela kompresora raznih proizvođača . . . . .</b>	<b>318</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>345</b>
<b>Indeks pojmova. . . . .</b>	<b>347</b>

---

# Predgovor

*„Značaj i važnost primene veštačke hladnoće treba da zna svaki, treba da prodre u masu, jer samo kada to sve shvati i primi masa, može veštačka hladnoća doneti one velike koristi koje se od nje s pravom mogu očekivati“ – napisao je Đorđe M. Stanojević u svojoj knjizi „Industrija hladnoće“, izdatoj 1909. godine, po povratku sa Prvog međunarodnog kongresa o hlađenju i uoči osnivanja Međunarodnog društva (kasnije instituta) za hlađenje.*

*Ovim rečima i svojom knjigom prof. Stanojević je, autoritetom naučnika i istraživača, istakao ogromnu ulogu hlađenja u životu čoveka. Ta uloga, koja je pradavno uočena i korišćena u obliku prirodnog hlađenja, veštačkim hlađenjem, koje se naglo razvija od prve polovine 19. veka, ostvaruje se u nezamenljivoj formi u mnogim oblastima ljudske delatnosti – od medicine, prehrambenih delatnosti, pripreme hrane i njenog transporta i produžavanja trajnosti, preko stvaranja uslova ugodnosti, očuvanja zdravlja, klimatizacije, do farmaceutske i mnogih drugih industrija. Danas je hlađenje sveprisutno u našem svakodnevnom životu, pa je razumljiva neophodnost upoznavanja i ovladavanja tehnikama i tehnologijama primene hlađenja i rashladnih uređaja i instalacija.*

*Imajući u vidu važnost pravilnog, efikasnog i ekološki povoljnog rada uređaja i instalacija u održavanju dostignutog tehnološkog standarda, posebno u vremenu energetske i ekonomske krize, svako napisano delo koje nam pomaže u regularnom i optimalnom korišćenju i upotrebi rashladne tehnike, dobro će doći i onima koji počinju da ovladavaju ovim delatnostima, kao i onima koji se njima već bave.*

*Ovu knjigu je autor dugo pisao i napisao sa željom da čitaocima saopšti informacije i podatke koji će im pomoći u radu na montaži, puštanju u rad i održavanju i popravkama rashladnih uređaja i instalacija. Da li je i u kojoj meri ta želja u ovom priručniku ostvarena, oceniće čitaoci odnosno oni kojima je on namenjen.*

*Autor izražava zahvalnost Slobodanu Tešiću koji mu je svojim zapažanjima i sugestijama pomogao u pisanju poslednje verzije knjige.*

*U Beogradu,  
februara 2012.*

AUTOR



---

## Uvod

Ova knjiga je namenjena stručnjacima raznih profila koji se bave problematikom rashladnih uređaja, od projektanata i montera, do korisnika i servisera rashladnih instalacija. Ona se ne bavi teorijskim osnovama procesa hlađenja, već joj je svrha da upozna čitaoce sa onim podacima koji će im omogućiti da donesu prave odluke i pomoći im pri detekciji određenih problema.

Česta pojava u eksploataciji je da rashladne instalacije, pored dobro zamišljenih projektnih rešenja i uspešne realizacije, ne odgovaraju postavljenim zahtevima i ne zadovoljavaju potrebe krajnjeg korisnika. Jedan od bitnih uzroka tih pojava je nedostatak stručne literature koja sadrži informacije potrebne licima koja se bave izvođenjem, upravljanjem ili održavanjem rashladnih uređaja i instalacija. Fakultetski udžbenici, nažalost, nisu dovoljna stručna literatura za oblasti koje se odnose na montažu ili puštranje u rad instalacija. Nedostaje literatura namenjena onima koje rade na održavanju, kao i serviserima. Veoma je malo literature na našem jeziku, ne samo iz oblasti rashladne tehnike, već i iz kompletne oblasti termotehničkih nauka koja obrađuje „životne“ probleme montera i osoblja zaduženog za opsluživanje postrojenja u praksi i njihovo održavanje u optimalnom stanju u eksploataciji. Činjenica je da su dobra volja i entuzijazam pojedinaca koji rade na održavanju i popravkama rashladnih sistema učinili da u praksi možemo naći dobro obučene radnike koji uspešno održavaju značajan broj sistema. Sticanje praktičnog znanja umnogome zavisi i od usputnih informacija, koje nije ni dovoljno ni sistematizovano znanje.

Neretko su velika rashladna postrojenja, sa velikom količinom akumulirane opasne materije, koja ugrožava životnu sredinu i okolno stanovništvo, često prepuštena brizi ljudi bez dovoljno znanja o ovoj veoma složenoj i zahtevnoj oblasti. Već to dovoljno govori da taj kadar treba što bolje stručno osposobiti. Primenjena protokola iz Montreala i Kjota obavezuje i našu zemlju da ubrza obuku kadrova koji rukuju opasnim materijama, pre svega radi zaštite ozonskog omotača i smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte.

Ambicija autora nije bila da u ovoj knjizi ponudi rešenja svih problema, već da istakne i ukaže na najvažnije i najkarakterističnije momente iz prakse i da uz to predloži neka od mogućih rešenja.

Projektant u knjizi neće naći podatke potrebne za proračun i izradu tehničke dokumentacije, ali će u poglavljima 5, 9, 10, 11, 13, 15 i 19 naći neke sugestije kojima se problemi montera i izvođača mogu svesti na najmanju moguću meru.

Oni koji se bave održavanjem rashladnih sistema mogu naći savete u poglavljima 14, 17, 18 i 19 koji im mogu koristiti u praktičnom radu.

Serviseri, oni sa velikim praktičnim iskustvom, početnici ili oni koji se tek pripremaju za rad na održavanju rashladnih instalacija ili za popravke rashladnih uređaja i instalacija, naći će u svim delovima knjige informacije koje im mogu koristiti.

Obavezna zamena starih rashladnih fluida novim vrstama uvek sobom nosi opasnost od zagađenja životne sredine, opasnost po rukovaoca ili opasnost od oštećenja instalacije ili robe uskladištene u nekom rashladnom postrojenju.

Serviseri i rukovaoci moraju znati da se problemima u radu jedne instalacije, sistema ili uređaja mora pristupiti bez improvizacije, u skladu sa propisanim i proverenim procedurama i uputstvima proizvođača. Primeri dobre prakse će im takođe dobro doći kao i praktična literatura zasnovana na verifikovanim činjenicama i rezultatima, kojoj, autor se iskreno nada, pripada i ova knjiga.

## Osnovni teorijski pojmovi iz tehnike hlađenja

### 2.1. Toplota i hladnoća

Toplota predstavlja energiju kretanja sitnih čestica molekula i atoma od kojih je sastavljeno telo. Toplota je kao i svaka druga energija neuništiva. Ona se može prenositi i pretvarati iz jednog oblika u drugi. Može se dobiti raznim hemijskim procesima, od kojih je najčešće sagorevanje, kao i pretvaranjem električne energije u toplotnu.

Stroga definicija hladnoće ne bi se mogla postaviti. Ovaj pojam služi za sticanje saznanja o nečemu što nije toplo u odnosu na naša čula. Ako kažemo da je nešto hladno, mislimo da je manje toplo nego što očekujemo, nego što je u normalnim prilikama, ili je manje toplo od okoline.

Hlađenje je proces oduzimanja toplote. Da bi se jedna materija mogla ohladiti, dovodi se u vezu sa drugom hladnijom materijom. Tada toplota sa tela više temperature prelazi na telo niže temperature.

Prirodna hladnoća se pojavljuje u raznim vidovima i odavno se našla u primeni. Izvorska voda, na primer, korišćena je u letnjem periodu za hlađenje, a led iz zimskog perioda čuvao se u pogodnim prostorijama i koristio leti, takođe za hlađenje. Razvojem čovečanstva i stvaranjem većih naselja, pojavila se potreba za čuvanjem veće količine namirnica u dužem periodu. Prirodno hlađenje nije više moglo da zadovolji sve potrebe, pa se tragalo za veštačkim načinom hlađenja. Veštačko hlađenje danas ima vrlo široku primenu, a najviše se koristi u uređajima za čuvanje i smrzavanje namirnica. Veštačko hlađenje veoma mnogo se koristi i u sistemima za klimatizaciju, u prehrambenoj industriji (pivo, vino, mesne prerađevine), farmaceutskoj industriji, hemijskoj industriji i drugim granama industrije, zatim u medicini, farmaciji, laboratorijama i istraživačkoj delatnosti itd.

### 2.2. Temperatura

Za temperaturu se kaže da je merilo toplotnog stanja neke materije, a time i merilo sposobnosti prelaza toplote sa jednog tela na drugo.

Toplotna kinetička teorija pokazuje da se molekuli materije stalno kreću. Što je materija toplija, to je kretanje molekula intenzivnije. Molekuli čvrste materije se kreću oko jednog ravnotežnog položaja. Pri zagrevanju čvrstog tela do tačke topljenja, molekuli napuštaju ovaj utvrđeni položaj, a dovođenjem dodatne toplote

(do temperature isparavanja) molekuli tečnosti se potpuno slobodno kreću i kruže slobodno u prostoru.

Pri temperaturi od  $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0\text{ K}$ ), odnosno pri apsolutnoj nuli, više nema odvođenja toplote, pošto kretanje molekula sasvim prestaje, što znači da je apsolutna nula najniža moguća temperatura koja se može postići.

### 2.2.1. Merenje temperature

Zagrevanje ili hlađenje neke materije prate određene pojave i promene koje se koriste za merenje njenog toplotnog stanja, odnosno temperature. Najčešće se koristi toplotno širenje odnosno izduženje. Poznato je da se prilikom povećanja temperature povećava zapremina materije i obrnuto. Neke tečnosti pri povišenju temperature prati relativno veliko i stalno povećanje zapremine. Primer ovakve tečnosti je živa, koja se najčešće koristi u termometrima koji mere temperature do  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Za merenje temperatura do  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  koriste se termometri sa alkoholom, a temperature do  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  mere se termometrima sa pentanom. U upotrebi su i bimetalni i otpornički termometri.

### 2.2.2. Temperaturske skale

Stepeni Celzijusove skale ( $^{\circ}\text{C}$ ) i stepeni Farenhajtove skale ( $^{\circ}\text{F}$ ) (tabela 2.1) najčešće su primenjivane jedinice za izražavanje temperature u svetu. Celzijusova skala se koristi u evropskim zemljama, dok se Farenhajtova skala primenjuje u Sjedinjenim Američkim Državama, Velikoj Britaniji i u još nekoliko zemalja. Postoji i Reomirova skala ( $^{\circ}\text{R}$ ), ali je ona retko u upotrebi.

**Tabela 2.1. Tabela preračunavanja temperature**

$^{\circ}\text{C}$		$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$		$^{\circ}\text{F}$
-67,8	-90	-130	1,7	35	95,0
27,2	-80	-112	2,2	36	96,8
-56,7	-70	-94,0	2,8	37	98,6
-51,1	-60	-76,0	3,3	38	100,4
-45,6	-50	-58,0	3,9	39	102,2
-45,0	-49	-56,2	4,4	40	104,0
-44,4	-48	-54,4	5,0	41	105,8
-43,9	-47	-52,6	5,6	42	107,6
-43,3	-46	-50,8	6,1	43	109,4
-42,8	-45	-49,0	6,7	44	111,2
-42,2	-44	-47,2	7,2	45	113,0
-41,7	-43	-45,4	7,8	46	114,8
-41,1	-42	-43,6	8,3	47	116,6
-40,6	-41	-41,8	8,9	48	118,4
-40	-40	-40	9,4	49	120,2
-39,4	-39	-38,2	10,0	50	122,0
-38,9	-38	-36,4	10,6	51	123,6
-38,3	-37	-34,6	11,1	52	125,6



°C		°F	°C		°F
-37,8	-36	-32,8	11,7	53	127,4
-37,2	-35	-31,0	12,2	54	129,2
-36,7	-34	-29,2	12,8	55	131,0
-36,1	-33	-27,4	13,3	56	132,8
-35,6	-32	-25,6	13,9	57	134,6
-35,0	-31	-23,8	14,4	58	136,4
-34,4	-30	-22,0	15,0	59	138,2
-33,4	-29	-20,2	15,6	60	140,0
-33,3	-28	-18,4	16,1	61	141,
-32,8	-27	-16,6	16,7	62	143,6
-32,2	-26	-14,8	17,2	63	145,4
-31,7	-25	-13,0	17,8	64	147,2
-31,1	-24	-11,2	18,3	65	149,0
-30,6	-23	-9,4	18,9	66	150,8
-30,0	-22	-7,6	19,4	67	152,6
-29,3	-21	-5,8	20,0	68	154,4
-28,9	-20	-4,0	20,6	69	156,2
-28,3	-19	-2,2	21,1	70	158,0
-27,8	-18	-0,4	21,7	71	159,8
-27,2	-17	-1,4	22,2	72	161,6
-27,7	-16	3,2	22,8	73	163,4
-26,1	-15	5,0	23,3	74	165,2
-25,6	-14	6,8	23,9	75	167,0
-25,0	-13	8,6	24,4	76	168,8
-24,4	-12	10,4	25,0	77	170,6
-23,9	-11	12,2	25,6	78	172,4
-23,3	-10	14,0	26,1	79	174,2
-22,8	-9	15,8	26,7	80	176
-22,2	-8	17,6	27,2	81	177,8
-21,7	-7	19,4	27,8	82	179,6
-21,1	-6	21,2	28,3	83	181,4
-20,6	-5	23,0	28,9	84	183,2
-20,0	-4	24,8	29,4	85	185,0
-19,4	-3	26,6	30,0	86	186,8
-18,9	-2	28,4	30,6	87	188,6
-18,3	-1	30,2	31,1	88	190,4
-17,6	0	32,0	31,7	89	192,2
-17,2	1	33,8	32,2	90	194,0
-16,7	2	35,6	32,8	91	195,8
-16,1	3	37,4	33,3	92	197,6
-15,6	4	39,2	33,9	93	199,4
-15,0	5	41,0	34,4	94	201,2

°C		°F	°C		°F
-14,4	6	42,8	35,0	95	203,0
-14,8	7	44,6	35,6	96	204,8
-13,3	8	46,4	36,1	97	206,6
-12,8	9	48,2	36,7	98	208,4
-12,2	10	50,0	37,2	99	210,2
-11,7	11	51,8	37,8	100	212,0
-11,1	12	53,6	38,3	101	213,8
-10,6	13	55,4	38,9	102	215,6
-10,0	14	57,2	39,4	103	217,4
-9,4	15	59,0	40,0	104	219,2
-8,9	16	60,8	40,6	105	221,0
-8,3	17	62,6	41,1	106	222,8
-8,9	16	60,8	41,7	107	224,6
-8,3	17	62,6	42,2	108	226,4
-7,8	18	64,4	42,8	109	228,9
-7,2	19	66,2	43,3	110	230,0
-6,7	20	68,0	43,9	111	231,8
-6,1	21	69,8	44,4	112	233,6
-5,6	22	71,6	45,0	113	235,4
-5,0	23	73,4	45,6	114	237,2
-4,4	24	75,2	46,1	115	239,0
-3,9	25	77,0	46,7	116	240,8
-3,3	26	78,8	47,3	117	242,6
-2,8	27	80,6	47,8	118	244,4
-2,2	28	82,4	48,3	119	246,2
-1,7	29	84,2	48,9	120	248,0
-1,1	30	86,0	49,4	121	249,8
-0,6	31	87,6	50,0	122	251,6
0	32	89,6	50,6	123	253,4
0,6	33	91,4	51,1	124	255,2
1,1	34	93,2	51,7	125	257,0

Nula na Celzijusovoj skali odgovara nivou žive u termometru koji ona zauzme kad se termometar uroni u vodu u kojoj su formirani komadi leda. 100 °C odgovara nivou žive u termometru koji ona zauzme kad se termometar uroni u ključalu vodu. Razmak između ova dva položaja je podeljen na sto jednakih delova, a rastojanje između podeljaka definiše jedan stepen Celzijusove skale.

Celzijusova skala je pogodna za dekadni sistem mera i primenjuje se u zemljama u kojima se ovaj sistem koristi. Druge dve skale se koriste u anglosaksonskom sistemu mera.

U praksi se, pored instrumenata sa Celzijusovom skalom, koriste i instrumenti sa Farenhajtovom skalom. Preračunavanje stepeni Celzijusa u Farenhajtove stepene i obratno vrši se na sledeći način:

$$^{\circ}\text{C} \rightarrow ^{\circ}\text{F} : T (^{\circ}\text{C}) \frac{9}{5} + 32$$

$$^{\circ}\text{F} \rightarrow ^{\circ}\text{C} : [T (^{\circ}\text{F}) - 32] \frac{5}{9}$$

U tu svrhu mogu se koristiti tabele ili dijagrami, kao što je prikazano u tabeli 2.1 (preračunavanje prema ovoj tabeli uvek polazi od srednje kolone). Ako se u levoj koloni očitavaju Celzijusovi stepeni, u srednjoj koloni se nalaze stepeni Farenhajta. Obratno, ako se u desnoj koloni očitavaju stepeni Farenhajta, u srednjoj koloni se očitavaju stepeni Celzijusa.

U tehnicima se veoma često koristi skala izražena u stepenima kelvina (K), pri čemu je  $-273^{\circ}\text{C} = 0\text{ K}$ .

## 2.3. Mehaničke veličine

### 2.3.1. Sila

Sila predstavlja uzrok promene stanja kretanja ili promene stanja mirovanja nekog tela. Drugim rečima, ona predstavlja svaki uzrok koji ima tendenciju da telo inicira stanje kretanja da zaustavi telo koje se već kreće, ili da mu menja pravac kretanja. Sila takođe može da izazove promenu veličine i oblika tela. Veličina sile koja prouzrokuje promenu stanja tela zavisi od mase tog tela i ubrzanja.

Najrasprostranjeniji i najpoznatiji primer pojma sile je težina. Težina tela je sila kojom zemlja privlači to telo. Najčešća oznaka za silu je  $F$ , od engleske reči *force* (sila).

U MKS sistemu jedinica mera za silu je njutn. Odnos između njutna (N) i kilograma (kg) je  $1\text{ N} = 1\text{ kgm/s}^2$ .

### 2.3.2. Masa

U svakodnevnom životu masu, koja je jedna od osobina tela, često zamenjujemo pojmom težine, iako su to dve različite fizičke veličine: masa je apsolutna vrednost, dok težina zavisi od gravitacije; masa se meri vagom, a težina dinamometrom; masa se izražava u kilogramima (kg), a težina u njutnima (N).

Merna jedinica za masu, 1 kg, odgovara masi etalona tega koji se čuva u Muzeju etalona i mera u Sevru, u blizini Pariza.

### 2.3.3. Energija i rad

Energija je sposobnost tela ili mase da obavi rad. Može se reći da su rad i energija ekvivalentni pojmovi, iako opseg i sadržaj tih pojmova nisu identični. U suštini, **promena energije** jednaka je **izvršenom radu**, pa se stoga i izražavaju istom mernom jedinicom – džulom [J]. Obavljanje rada se može manifestovati na mnogo načina, kao promena položaja, promena brzine, promena temperature itd.

Energija se ne može uništiti, ona prelazi iz jednog oblika u drugi, s jednog tela na drugo i uvek u skladu sa Zakonom o održanju energije. Postoje mnogi oblici energije koji se dalje dele u podgrupe:

- kinetička – makrokretanje,

- potencijalna – postoji ukoliko se materija nalazi u polju neke potencijalne sile,
- unutrašnja – vezana za kretanje molekula ili drugih mikročestica,
- električna energija – vezana za kretanje elektrona,
- magnetno-statička – vezana za kretanje fotona,
- hemijska – kretanje podatomskih čestica (elektrona) koje održavaju veze između molekula,
- elektromagnetna – kretanje fotona elektromagnetnog zračenja,
- nuklearna – kretanje podatomskih čestica (elektrona) koje održavaju veze atoma i podatomskih čestica,
- energija elastičnih deformacija itd.

Izračunavanje energije je jedan od bitnijih zadataka u tehnici, s obzirom da se na taj način dobijaju informacije o mogućem radu koji se može dobiti. Znanje o procesima i načinima pretvaranja različitih oblika energije u mehanički rad su kamen temeljac tehnološkog napretka i razvoja ljudske civilizacije.

Prema definiciji, rad sile jednak je proizvodu projekcije sile na pravac puta i pređenog puta. Jedinica za rad u Međunarodnom sistemu jedinica je džul (J), koji predstavlja:

$$J = (\text{kg m}^2)/\text{s}^2$$

$J = 1 \text{ Nm}$ . Veća jedinica od J je kJ.

#### 2.3.4. Snaga

Snaga je izvršeni rad u jedinici vremena ili promena energije u jedinici vremena. Oznaka za snagu je P (od engleske reči power). Formula za izračunavanje snage glasi:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{\Delta E}{T},$$

gde je A – rad (J), t – vreme (s), a  $\Delta E$  – promena energije (J/s).

Iz ove formule sledi jedinica za snagu:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s.}$$

Vat (W) je osnovna jedinica za snagu u međunarodnom sistemu mera MKS, a izvedena jedinica od vata, 1000 puta veća, jeste kilovat (kW).

$$1000 \text{ W} = 1000 \text{ J/s}; 1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s.}$$

Izvršeni **rad** izražava se proizvodom snage i vremena rada, odakle je i izvedena jedinica za rad – kilovatčas (kWh).

#### 2.4. Specifična težina

**Specifična težina**  $\gamma$  je težina jedinične zapremine, pa se zato ponekad zove jedinična težina:

$$\gamma = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g$$

gde su:

$m$  – masa tela,

$g$  – gravitaciono ubrzanje Zemlje,

$V$  – zapremina tela,

$\rho$  – gustina.

Osnovna jedinica za specifičnu težinu u Međunarodnom sistemu jedinica je  $\text{N/m}^3$ .

Proizvod mase i ubrzanja predstavlja težinu i može se prikazati na sledeći način:

$$G = m \cdot g$$

odnosno:

$$\gamma = \frac{G}{V}.$$

Specifična težina je direktno srazmerna **gustini**, prema navedenoj formuli, međutim one nisu sinonimi, a sličnost ovih pojmova je adekvatna odnosu **mase** i **težine**. Gustina tela ne zavisi od gravitacije, dok specifična težina zavisi. Na primer gustina vode i na Zemlji i na Mesecu je  $1000 \text{ kg/m}^3$ , dok je specifična težina na Zemlji (na mestima gde je gravitaciono ubrzanje  $9,807 \text{ m/s}^2$ )  $9,807 \text{ kN/m}^3$ , a na Mesecu je zbog slabije gravitacije približno šest puta manja.

## 2.5. Specifična gustina

Specifična *gustina* je odnos **mase** i **zapremine** nekog tela.

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

U ovoj formuli  $\rho$  (ro) označava gustinu,  $m$  označava masu tela, a  $V$  njegovu **zapreminu**. Jedinica za specifičnu gustinu je –  $\text{kg/m}^3$ .

Gustine elemenata i čistih jedinjenja su karakteristične konstante, ali pošto zavise od temperature, navode se zajedno sa temperaturom na kojoj su određene.

Na gustinu neke materije utiču sastav, temperatura, agregatno stanje, alotropski oblik, električno polje itd. Jedan od prvih zadataka fizičke hemije je bio da na osnovu merenja makroskopskih osobina materije sazna nešto o njenoj mikroskopskoj građi.

## 2.6. Specifična zapremina

Specifična zapremina predstavlja zapreminu jedinice težine neke materije. Specifična zapremina tečnosti se obično izražava u litrima po kilopondu  $\text{l/kp}$ , a za gasove u  $\text{m}^3/\text{kp}$ .

## 2.7. Pritisak

Pritisak predstavlja veličinu sile koja deluje na jedinicu površine i izračunava se deljenjem ukupne sile sa površinom na koju ona deluje:

$$p = \frac{F}{P},$$

gde su:

$p$  – pritisak,

$F$  – sila,

$P$  – površina na koju sila deluje.

Jedinica za pritisak je paskal, Pa ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ).

Pritisak je, u većini slučajeva, pojam vezan za fluide (tečnosti i gasove), međutim taj pojam se susreće i u fizici čvrstih tela, kao kontaktni pritisak između čvrstih tela u dodiru.

Za bolje razumevanje pritiska potrebno je objasniti uzrok njegove pojave kod fluida.

**Pritisak fluida** je pritisak u nekoj tački unutar fluida, kao što su voda ili vazduh.

Pojava pritiska u fluidu se dešava u otvorenim sistemima (kao što su okean, bazen ili atmosfera), ili u zatvorenim sistemima (vodovod ili gasovod). Pritisak u otvorenim sistemima obično se može definisati kao pritisak u „statičnim“ uslovima (čak i u okeanima, gdje postoje talasi i struje), jer ta kretanja stvaraju zanemarljivu promenu pritiska. Takva stanja se poklapaju sa principima statike fluida. Pritisak u bilo kojoj tački fluida koji se ne kreće naziva se **hidrostatički pritisak**. Hidrostatički pritisak zavisi od gustine tečnosti ( $\rho$ ) i visine stuba tečnosti ( $h$ ):

$$p = \rho \times g \times h$$

Zatvorena tela u fluidu su „statična“, ako se fluid ne kreće, ili „dinamična“, kada se fluid može kretati u cevi ili pomoću kompresije vazduha. Pritisak u zatvorenim sistemima, u kojima se tečnost kreće i poklapa sa principima dinamike fluida, naziva se **dinamički pritisak** (ponekad se naziva *pritisak brzine*). Dinamički pritisak je usko povezan sa kinetičkom energijom fluidne čestice, jer su obe veličine proporcionalne masi čestice (preko gustine) i kvadratu brzine.

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2,$$

gde su (u SI jedinicama):

$q$  – dinamički pritisak, Pa,

$\rho$  – gustina fluida,  $\text{kg/m}^3$ ,

$v$  – brzina fluida, m/s.

Kod gasova će uvek postojati pritisak (dinamički pritisak) ukoliko je posmatrana masa gasa ograničena čvrstim zidovima. Čestice gasa se u prostoru slobodno i haotično kreću, sudarajući se među-

**Tabela 2.2. Vrednost atmosferskog pritiska na različitim visinama**

Visina	$P_{\text{atm}}$
[m]	[kPa]
(nivo mora) 0	101,325
1500	84,8
3000	69,0

sobno i sa zidovima kojima je gas omeđen. Pri svakom sudaru, čestica prenosi neki impuls sile na zidove. Ukupna sila u jedinici vremena jednaka je zbiru svih sila prenesenih svim udarima na posmatranu površinu zida koji su se desili u posmatranom vremenu.

Jedinice za pritisak su:

- bar (100.000 Pa),
- standardna atmosfera – atm (101.325 Pa),
- tehnička atmosfera – at (98.067 Pa),
- mmHG – milimetri živinog stuba (133,3 Pa),
- mmVS – milimetri vodenog stuba (9,81 Pa).

### 2.7.1. Merenje pritiska

Pri merenju pritiska potrebno je definisati u odnosu na koji referentni pritisak se izražavaju rezultati.

*Atmosferski pritisak* je apsolutni pritisak usled delovanja atmosfere i zavisi od nadmorske visine, temperature, vlage itd. i označava se sa  $p_{atm}$ .

Apsolutni ili „stvarni“ pritisak meri se od apsolutne nule i ukazuje na molekularnu aktivnost gasa. Apsolutni pritisak je uvek  $p_{aps} \geq 0$ .

U većini inženjerskih razmatranja pretpostavlja se da je vrednost atmosferskog pritiska konstantna i da iznosi 100 kPa.

Manometarski pritisak, koji se često naziva i hidrostatički, ili samo pritisak, izražava se sa:

$$p_{MAN} = p = p_{aps} - p_{atm}$$

Izražava se u kPa ili u bar, gde je 1 bar = 100 kPa.

Tehnička atmosfera, prema definiciji za pritisak, može se predstaviti i kao  $N/m^2$ . Vazdušni pritisak na morsku površinu iznosi  $1,033 \text{ kp/cm}^2 = 760 \text{ mmHG} = 10332 \text{ mmVS}$ .

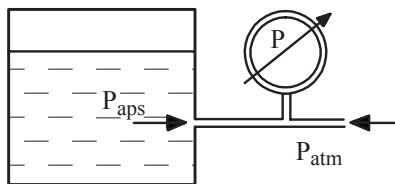
U Međunarodnom sistemu jedinica, pritisak apsolutnog vakuuma je definisan sa 0 bar te je, shodno tome, atmosferski pritisak (na nivou mora) definisan kao 1,0 bar.

Za merenje pritiska koriste se manometri. Manometri mere relativni pritisak, odnosno pritisak u odnosu na atmosferski. Atmosferski pritisak na manometru odgovara nulloj vrednosti.

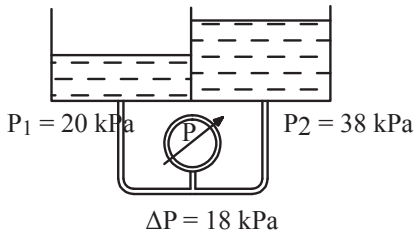
*Vakuom* je negativni pritisak, odnosno razlika apsolutnog pritiska koji je manji od atmosferskog i atmosferskog. Najveći mogući vakuum je  $-p_{atm}$ .

*Diferencijalni pritisak* je razlika dva pritiska (ili dva apsolutna pritiska). Diferencijalni pritisak meri i običan otvoreni manometar.

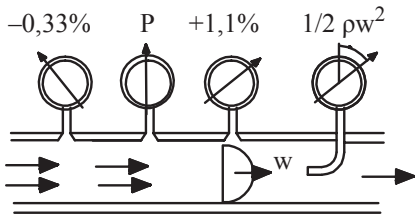
*Ukupan pritisak* ili *zaustavni pritisak* je zbir statičkog i dodatnog pritiska usled zauzimanja delića fluida koji se kretao brzinom  $v$  na mestu gde se meri pritisak, pa je  $p_u = p + [1/2] v^2$ . Uslov je da delić fluida potpuno stane, tj. da bude  $v = 0$  na mestu gde se meri pritisak.



**Slika 2.1. Otvoreni manometar meri razliku dva apsolutna pritiska: sa desne strane deluje samo atmosferski pritisak, a sa leve strane zbir atmosferskog i hidrostatičkog**



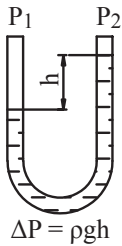
**Slika 2.2. Manometar koji meri razliku pritisaka, mora imati označenu „pozitivnu“ i „negativnu“ stranu**



**Slika 2.3. U zavisnosti od oblika priključka manometra na cev kojom struji fluid, meri se hidrostatički pritisak, umanjen ili uvećan za određeni iznos zaustavnog pritiska**

pritisak nula (idealni barometar), kao što je to prikazano na slici 2.5.

Za merenje standardnog atmosferskog pritiska od  $p_{atm} = 101,325 \text{ kPa}$ , ako se kao tečnost koristi voda, visina stuba  $H$  bi bila:



$$H = \frac{p_{atm}}{r \cdot g} = \frac{101,325}{1 \cdot 9,81} = 10,55 \text{ m},$$

što nije zgodno za svakodnevnu upotrebu. Ako se za merenje upotrebi živa čija je specifična gustina  $\rho_z = 13,52 \text{ kg/dm}^3$ , tada bi visina stuba bila  $H = 762,3 \text{ mm}$ .

**Slika 2.4. Manometar sa U cevi i fluidom poznate gustine  $\rho$**

Pored smanjenja dužine barometra, upotrebom žive se smanjuju i greške nastale iz pretpostavke o idealnom vakuumu iznad tečnosti. Naime, u prostoru iznad tečnosti nije apsolutni pritisak nula, već je jednak apsolutnom pritisku pare za korišćenu tečnost. Za temperaturu od  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , pritisak živine pare je  $p_v = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ kPa}$  i ne zavisi mnogo od temperature, dok je za vodu skoro 10.000 puta veći i menja se sa temperaturom.

Pri nabavci mehaničkih manometara, treba voditi računa o tome da radni pritisak, onaj koji će se najčešće meriti, bude oko polovine merne skale.

**Manometar sa tečnošću** meri razliku pritisaka na spojevima U cevi kao razliku nivoa tečnosti poznate gustine  $\rho$ :

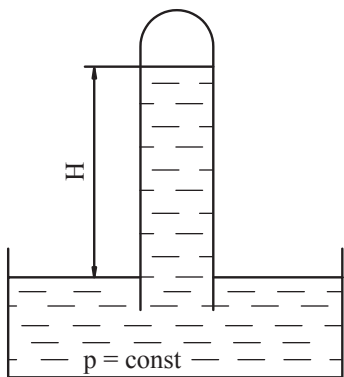
Za pritiske ispod jedne atmosfere koriste se manometri sa živom, a za jako male pritiske manometri sa vodom.

**Mikromanometri** su takođe manometri sa tečnošću. Mikromanometri po konstrukciji mogu biti mehanički, optički i električni.

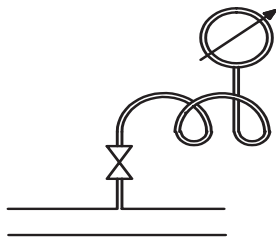
Zahvaljujući svojoj konstrukciji mikromanometri preciznije očitavaju nivoe tečnosti, pa je greška pri merenju visine stuba korišćene tečnosti mala, često do  $\Delta h = 0,02 \text{ mm}$ .

**Barometar** služi za merenje atmosferskog pritiska (slika 2.6). Sastoji se od staklene cevi zatvorene sa gornje strane, koja se ispuni tečnošću, potopi u sud sa istom tečnošću i pažljivo podigne u vertikalni položaj. Ako je cev dovoljno dugačka, u zatvorenom prostoru iznad tečnosti će se pojaviti deo u kome nema vazduha i u kome je apsolutni pritisak





**Slika 2.5. Barometar za merenje atmosferskog pritiska**



**Slika 2.6. „Amortizer“ za vibracije, savijena elastična cev, produžava životni vek mehaničkim manometrima**

*Opšta napomena za merenje razlike pritiska*

Pri merenju  $\Delta p$  treba paziti da se ne preoptereći manometar:  $p_1$  i  $p_2$  mogu biti veliki pritisci, dok je mereno  $\Delta p$  malo!

Kako priključiti diferencijalni manometar, a da se prilikom montaže ne preoptereći? Rešenje je prikazano na slici 2.8. **Ventil broj 3** (bypass ventil koji pravi hidraulički kratak spoj na diferencijalnom manometru) treba **u fazi spajanja pretvarača i otvaranja ventila 1 i 2 držati otvoren**. Tek kada se pripreme svi priključci, zatvoriti ventil broj 3 i tada započeti merenje  $\Delta p$ .

Radni elemenat kod manometra sa membranom je membrana koja se deformiše pod dejstvom sile jednake proizvodu pritiska i površine membrane. Deformacija membrane je u opštem slučaju nelinearna

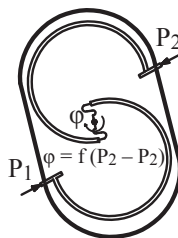
Treba izbegavati upotrebu manometra na pritiscima blizu maksimalnog mernog opsega. U suprotnom, doći će do trajne deformacije elastične Burdonove cevi.

Mehanički manometri su osetljivi na vibracije. Stari iskusni majstori znaju da se manometri ugrađuju preko „amortizera“, bakarne ili čelične cevčice, kao na slici 2.6.

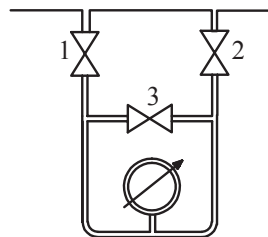
Tamo gde su posebno jake vibracije, manometri se pune silikonskim uljem za prigušenje.

Mehaničkim manometrom je moguće merenje i diferencijalnog pritiska (slika 2.7).

Takvi manometri su po pravilu dosta skuplji od običnih, zbog komplikovanije mehanike.



**Slika 2.7. Merenje diferencijalnog pritiska zahteva dve Burdonove cevi**



**Slika 2.8. Diferencijalni manometar zahteva dodatni sistem ventila da bi se priključio na realan sistem**

funkcija pritiska, ali se manometri koriste u uskom opsegu deformacija gde se smatra da je pretvarač linearan.

### 2.7.2. Preračunavanje pritisaka

U praksi se mogu koristiti manometri kod kojih su jedinice za pritisak prikazane u anglosaksonskom sistemu mera. U ovom sistemu jedinica za silu je funta skraćeno lb (1lb = 0,4536 kg), a za površinu kvadratni col, skraćeno sqin ili in<sup>2</sup> (1 in = 25,4 mm). Prema tome jedinica za pritisak u ovom sistemu je lb/sqin. Ova jedinica se često obeležava sa psi.

$$1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi},^{*)}$$

$$1 \text{ lb/in}^2 = 1 \text{ psi} = 6895 \text{ Pa},$$

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} = 750 \text{ mmHg} = 9.865 \text{ mmVS}.$$

## 2.8. Količina toplote

Toplota je vrsta energije. Toplotna energija akumulirana u nekom telu zove se količina toplote koju je to telo primilo. Kvantitativna mera promene unutrašnje energije pri toplotnoj razmeni naziva se količina toplote.

$$Q = c \cdot m \Delta t.$$

Toplotni kapacitet brojno je jednak količini toplote koju je potrebno da primi ili otpusti telo da bi mu se temperatura promenila za jedan stepen.

$$c = \frac{Q}{\Delta t}.$$

Specifični toplotni kapacitet brojno je jednak količini toplote koju je potrebno da primi ili otpusti telo jedinične mase, da bi mu se temperatura promenila za jedan stepen:

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}.$$

### 2.8.1. Rashladni učinak

Rashladni učinak je praktično toplotna snaga. Kao što je već rečeno, snaga je rad izvršen u jedinici vremena. Prema tome jedinica za rashladni učinak je kW. Često stavljanje znaka jednakosti između pojmova rashladni učinak i rashladni kapacitet je greška, jer je merna jedinica za učinak kW ili kJ/h, a merna jedinica za kapacitet je kWh ili kJ.

### 2.8.2. Specifična toplota

Specifična toplota je toplota potrebna da se zagreje jedan kilogram materijala za jedan stepen kelvina, a zavisi od vrste materijala. U Međunarodnom sistemu

---

\*) psi = pound (0,4536 bp) po inču (2,54 cm).

jedinica specifična toplota se izražava u J/kgK (kJ/kgK). Za homogena tela, specifična toplota jednaka je toplotnom kapacitetu po jedinici mase tela.

Toplota potrebna za podizanje temperature vode za jedan stepen kelvina, specifična toplota vode ( $c_{\text{H}_2\text{O}}$ ), iznosi približno 4181 J/kgK.

## 2.9. Dejstvo toplote na telo

Pri dovođenju toplote nekom telu, na njemu se dešavaju određene promene koje zavise od prirode materije i njenog toplotnog stanja.

Količina toplote koja se doda ili oduzme nekoj materiji, uz promenu temperature, zove se osetna toplota i može se izračunati pomoću jednačine:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2),$$

gde su:

$Q$  – količina toplote u kJ,

$G$  – masa materijala u kg,

$c$  – specifična toplota u kJ/kgK,

$t_1$  – početna temperatura u °C,

$t_2$  – krajnja temperatura u °C.

Pod određenim uslovima materija ne menja temperaturu iako joj se i dalje dodaje toplota, npr. kada materija menja agregatno stanje. Ova toplota se naziva latentna (skrivena) toplota.

### 2.9.1. Dejstvo toplote na čvrsta tela

Pri zagrevanju čvrstih tela povećaju se zapremina i temperatura tela, odnosno pri odvođenju toplote – hlađenju, njihova zapremina i temperatura se smanjuju (pri stalnom pritisku). Izduženje jedne dimenzije tela, ili tzv. linearno izduženje, karakteriše se koeficijentom linearnog širenja  $\alpha$ . Koeficijent linearnog širenja je broj koji pokazuje koliko se izduži štap dužine 1 m kada se zagreje za 1 °C.

Dužina štapa posle zagrevanja za  $t$  °C je:

$$l = l_0 (1 + \alpha \cdot t),$$

gde je  $l_0$  – dužina štapa pri 0 °C, a  $\alpha$  – koeficijent linearnog širenja u zavisnosti od vrste materijala.

Zapreminsko širenje tela se karakteriše zapreminskim koeficijentom širenja  $\beta$ , koji predstavlja povećanje zapremine 1 m<sup>3</sup> pri povišenju temperature za 1 °C. Zapremina tela posle zagrevanja za  $t$  °C:

$$V = V_0 (1 + \beta \cdot t).$$

Koeficijent zapreminskog širenja približno je tri puta veći od linearnog.

### 2.9.2. Dejstvo toplote na tečna tela

Tečne materije se takođe šire pri dovođenju toplote. Jedan od nekoliko izuzetaka je voda. Pri hlađenju zapremina vode se smanjuje sve do temperature od +4 °C, kada je voda najgušća. Ako se voda dalje hladi, zapremina joj se povećava. Za-

premina leda dobijenog od određene količine zapremine vode veća je za približno 8,5%. Ova osobina vode izaziva znatne sile koje dovode do prskanja sudova u kojima se voda zamrzne.

### 2.9.3. Dejstvo toplote na gasovita tela

Zbog molekularne strukture, pri grejanju ili hlađenju gasova, promena zapremine je veća nego kod čvrstih i tečnih tela. Stanje gasa karakterišu temperatura, zapremina i pritisak.

Promene stanja nekog gasa se mogu vršiti na više načina koji su definisani termodinamičkim zakonima. Dovođenje toplote gasu može biti pri stalnom pritisku ili pri stalnoj zapremini. Za isti porast temperature potrebno je dovesti više toplote ako se zagrevanje vrši pri stalnom pritisku. Pri dovođenju toplote pri stalnom pritisku, vrši se mehanički rad i povećava unutrašnja energija gasa, što se manifestuje povišenjem temperature. Toplota dovedena pri stalnoj zapremini troši se samo na povećanje unutrašnje energije.

Potrebna toplota se može izračunati prema sledećim jednačinama:

$$q_p c_p (t_2 - t_1) = i,$$

$$q_v c_v (t_2 - t_1) = u,$$

gde su:

$q_p$  i  $q_v$  – količina toplote [kJ/kg] pri stalnom pritisku odnosno zapremini za jedan kg mase,

$c_p$  i  $c_v$  – specifične toplote pri stalnom pritisku, odnosno zapremini,

$t_1$  i  $t_2$  – temperature pre odnosno posle grejanja.

Količina toplote dovedena pri stalnom pritisku naziva se entalpijom i obeležava se slovom  $i$ , a toplota pri stalnoj zapremini se obeležava slovom  $u$  i naziva se unutrašnja energija. Jedinica za entalpiju i unutrašnju energiju je kJ/kg. Pri proračunu u tehničar hlađenja često se koristi entalpija kao veličina koja se očitava iz parnih tabela rashladnih fluida.

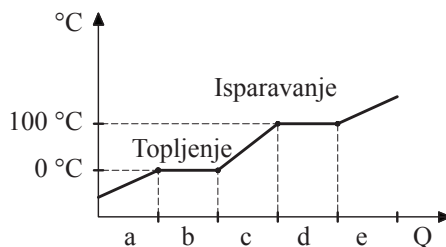
### 2.9.4. Promene vode pri zagrevanju

Poznato je da se voda pojavljuje u tri agregatna stanja – čvrstom, tečnom i gasovitom.

Počne li se sa dovođenjem toplote ledu, kao što se vidi na slici 2.9, temperatura će rasti do početka topljenja (0 °C). Dovedena toplota je osetna toplota. Kada počne topljenje, i pored dovođenja toplote, temperatura se ne menja dok se ne istopi sav led. Ova toplota je latentna toplota. Od tog trenutka, daljim dovođenjem toplote temperatura raste sve do 100 °C, kada voda počinje da ključa (osetna toplota). Tada temperatura ponovo prestaje da raste, sve dok ne ispari i poslednja kap vode (latentna toplota). Na taj način voda prelazi u gasovito stanje, odnosno paru. Ako se para počne hladiti, proces će teći u suprotnom smeru sve dok se voda ne zamrzne. U tom slučaju, potrebno je odvesti istu količinu toplote koja je bila potrebna da bi se led pretvorio u paru.

U području gde sa povećanjem toplote raste i temperatura (osetna toplota), količina toplote izračunava se po ranije datom obrascu. U području gde se ne za- paža promena temperature prili- kom odvođenja ili dovođenja to- plote uvodi se pojam toplote mr- žnjenja ili toplote topljenja i to- plote kondenzacije. Zajednički na- ziv za ove vrste toplote je latentna (skrivena) toplota.

Pri promeni agregatnih stanja rashladnih fluida, proces je sličan onom kod vode, samo se odigra- va pri drugim temperaturama i pritiscima. Na primer, freon 134a na atmosferskom pritisku se zamrzne na temperaturi  $-101\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a isparava na  $-26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Slika 2.9. Promene u vodi pri zagrevanju; a – čvrsto stanje, b – tečno i čvrsto stanje, c – tečno stanje, d – mešavina tečnosti i pare, e – parno stanje**

## 2.10. Razmena toplote

Kao što se nivo vode izjednačuje u dva otvorena spojena suda, tako se kod dva tela sa različitim temperaturama izjednačuju njihove temperature. Pri tome, toplota sa toplijeg tela prelazi na hladnije.

Toplota prodire kroz sve materijale. Postoje materije koje loše provode toplotu, koje se zovu izolatori toplote, i materije koje dobro provode toplotu, tzv. provodnici toplote. Postoje tri načina izmene toplote provođenjem (kondukcijom), prenošenjem ili (konvekcijom) i zračenjem (radijacijom).

### 2.10.1. Razmena toplote provođenjem

Razmena toplote *provođenjem* se vrši kada se toplotna energija prenosi direktnim kontaktom između molekula jednog tela ili između molekula jednog ili više tela koji su u dobrom termičkom kontaktu. I u jednom i u drugom slučaju molekuli predaju svoju energiju susednim molekulima. Prenošnje energije sa jednog na drugi molekul je slično kao kod kuglica na bilijarskoj tabli gde se udarac prenosi sa jedne kuglice na drugu. Na primer, ako se jedan kraj metalne šipke zagreva, toplotna energija će se preneti na drugi hladniji kraj, sa molekula na molekul.

Količina provedene toplote u jedinici vremena (kroz neki zid) je direktno proporcionalna razlici temperatura, a obrnuto proporcionalna debljini zida. Uz to, značajnu ulogu igra još i vrsta materijala. Dobri provodnici toplote su metali i oni se primenjuju za izradu razmenjivača toplote, dok se loši provodnici ili izolatori koriste za oblaganje prostorija koje se hlade. Uopšte uzevši, čvrste materije su bolji provodnici toplote od tečnih, a tečne od gasovitih. Vazduh je, na primer, jedan od najlošijih provodnika toplote.

### 2.10.2. Razmena toplote prenošenjem

Razmena toplote prenošenjem obavlja se preko čestica gasovitog ili tečnog fluida koje se kreću pri strujanju. Pri prirodnoj cirkulaciji, uzrok strujanja je razlika u

težini hladnijeg prema toplijem fluidu, a pri veštačkoj cirkulaciji strujanje proizvodi neka mešalica, pumpa ili ventilator. I u jednom i u drugom slučaju čestice prenose toplotu sa jedne površine na drugu. Pošto čestice predaju toplotu, vraćaju se na toplo telo i tako se proces ponavlja. Na isti način se toplota prenosi i u obrnutom smeru. Ova razmena se naziva i konvekcijom.

### 2.10.3. Razmena toplote zračenjem

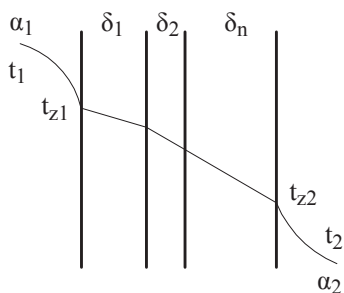
Razmena toplote zračenjem obavlja se u formi kretanja talasa slično svetlosnim talasima. Pri tome se toplota prenosi sa jednog tela na drugo bez posrednika, pa se toplota na ovaj način može prenositi i kroz vakuum. Svako telo može primiti ili odavati energiju preko talasa ako postoji temperaturska razlika. Kada između dva tela ne postoji temperaturska razlika, onda nema razmene energije.

Količina toplote koju primi ili oda neko telo zračenjem zavisi od stanja njegove površine. Tela koja imaju svetlo obojenu i glatku površinu slabije apsorbuju i zrače toplotu od onih koja imaju hrapavu i tamnu površinu.

### 2.10.4. Kombinovana razmena toplote

U praksi su retki slučajevi u kojima postoji samo jedan način razmene toplote. Daleko češće se može sresti kombinovana razmena toplote putem provođenja, prenošenja i zračenja.

U praksi tehnike hlađenja zračenje se uglavnom zanemaruje, odnosno pri račununu se uzimaju u obzir samo prenošenje i provođenje. Neki put se uzima u obzir samo jedan način razmene toplote, a ostali se zanemaruju, ako je njihov uticaj zanemarljivo mali u odnosu na ukupnu razmenu toplote.



**Slika 2.10. Razmena toplote kroz ravan zid**

Na slici 2.10 prikazan je primer razmene toplote kroz ravan zid između dva fluida čije su temperature konstantne  $t_1$  i  $t_2$ . U ovom slučaju količina razmenjene toplote može se izračunati pomoću jednačine:

$$Q = k \cdot P (t_2 - t_1),$$

gde su:

- $Q$  – razmenjena količina toplote na čas u kJ/h,
- $t_1$  i  $t_2$  – temperature toplijeg odnosno hladnijeg fluida u °C,
- $P$  – površina preko koje se vrši razmena toplote u  $m^2$ ,
- $k$  – koeficijent prolaza toplote u  $W/m^2K$ .

Koeficijent prolaza toplote predstavlja količinu toplote koja se razmeni preko jednog metra kvadratnog površine za jedan sat pri temperaturskoj razlici od jednog stepena Celzijusa i izražava se formulom:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

gde su:

$\alpha_1$  – koeficijent prelaza toplote sa strane fluida 1, izražen u  $W/m^2K$ ,

$\delta$  – debljina jednog ili više zidova u m,

$\lambda$  – koeficijent provođenja toplote jednog ili više zidova u  $W/mK$ ,

$\alpha_2$  – koeficijent prelaza toplote sa strane fluida 2, izražen u  $W/m^2K$ .

Koeficijent provođenja toplote nekog materijala određuje se eksperimentalno ili proračunom, koji daje približne vrednosti. Koeficijent provođenja toplote predstavlja količinu toplote izraženu u W koja prođe za jedan čas sa jedne strane (površine) zida na suprotnu stranu, kada između njih postoji temperaturska razlika od  $1\text{ }^\circ\text{C}$ .

I koeficijenti prelaza toplote  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  određuju se eksperimentalno ili proračunom. Koeficijenti prelaza toplote predstavljaju količinu toplote izraženu u W koja se razmeni na jednom kvadratnom metru površine za jedan čas, kada između te površine i fluida postoji temperaturska razlika od  $1\text{ }^\circ\text{C}$ .

## 2.11. Zasićeno stanje rashladnih fluida

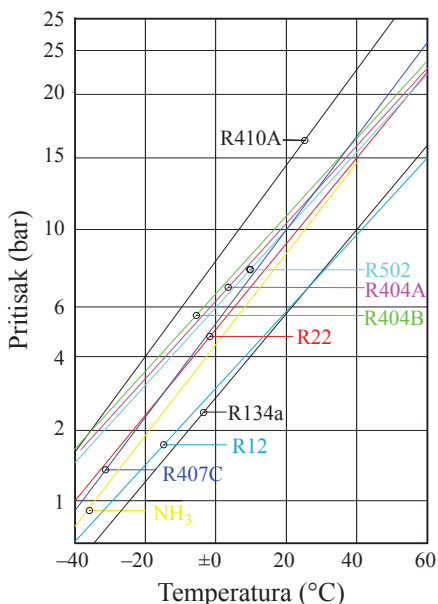
Pri zagrevanju mešavine parnog i tečnog stanja nekog rashladnog fluida, pri određenom pritisku nema promene temperature dok ne ispari sva tečnost. Svakom pritisku odgovara određena temperatura isparavanja za odgovarajući rashladni fluid. Ove vrednosti pritiska i temperature nazivaju se temperatura zasićenja i pritisak zasićenja. U zasićenom području, temperatura i pritisak nisu više međusobno nezavisne veličine stanja, već jedna uvek određuje drugu.

### 2.11.1. Pothlađena tečnost

Ako rashladni fluid ima nižu temperaturu od temperature zasićenja, kaže se da je pothlađen. Na primer, ako se kondenzovana tečnost u kondenzatoru ohladi ispod temperature kondenzacije, ona je pothlađena.

### 2.11.2. Zavisnost između pritiska i temperature pri zasićenom stanju

Zavisnost između pritiska i temperature pri zasićenom stanju kod rashladnih fluida prikazuje se dijagramski (slika 2.11) ili tabelarno (prilog). Ta zavisnost se obeležava i na manometrima za rashladni fluid. Ove vrednosti pritiska i temperature nazivaju se pritisak zasićenja i temperatura zasićenja. Pri očitavanju iz tabele ili dijagrama obratiti pažnju da li je prikazana i zavisnost temperature od apsolutnog ili relativnog pritiska.



Slika 2.11. Zavisnost pritiska i temperature zasićenja raznih rashladnih fluida

### 2.11.3. Kritičan pritisak

Kritičan pritisak je najniži pritisak na kome se para još može pretvoriti u tečno stanje pri kritičnoj temperaturi, što znači da je kritičan pritisak pritisak zasićenja pri kritičnoj temperaturi. U kritičnoj tački para trenutno prelazi u tečnost.

## 2.12. Vlažan vazduh

Vazduh je mešavina gasova i vodene pare. Vazduh, pored vodene pare, sadrži zapreminski približno 78% azota, 21% kiseonika, a 1% sačinjavaju gasovi kao što su ugljen-dioksid, vodonik, argon, helijum, neon itd. Sadržaj gasova u vazduhu je praktično nepromenljiv. Međutim, količina vodene pare u vazduhu se menja u zavisnosti od mesta i vremenskih uslova.

### 2.12.1. Apsolutna i relativna vlažnost

Sadržaj vodene pare u vazduhu naziva se vlažnost. **Apsolutna** vlažnost vazduha u bilo kojim uslovima definisana je kao stvarna masa pare izražena u  $\text{kg/m}^3$  vazduha. Pošto je sadržaj pare relativno mali, često se izražava u  $\text{g/m}^3$ . Svakoju temperaturi vazduha odgovara određena maksimalna količina vodene pare koju vazduh može da primi. Ukoliko se u vazduhu nađe više vlage od količine koju vazduh može da apsorbira, ona se izdvaja u obliku magle ili kapljica.

**Relativna** vlažnost se izražava u procentima i predstavlja količnik između količine pare koju vazduh sadrži i one koju bi vazduh mogao da sadrži pri datoj temperaturi. Na primer  $1 \text{ m}^3$  vazduha može da sadrži najviše 17,15 g vodene pare pri temperaturi od  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Kada je količina pare u vazduhu maksimalna, kaže se da je vazduh zasićen ili da mu je relativna vlažnost 100%. Ako npr.  $1 \text{ m}^3$  vazduha sadrži 11,2 g vlage pri temperaturi od  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$  (apsolutna vlažnost) u tabeli za vlažan vazduh može se videti da bi vazduh na toj temperaturi mogao da sadrži  $12,74 \text{ g/m}^3$ , pa je relativna vlažnost jednaka:

$$\phi = \frac{11,2 \cdot 100}{12,74} = 88\%.$$

### 2.12.2. Tačka rose

Vodena para u vazduhu je na vrlo niskom pritisku i prelazi u zasićeno stanje pri određenoj temperaturi vazduha. Ovo stanje se naziva zasićeno stanje vazduha ili tačka rose. Tačka rose ili temperatura rose zavisi od sadržaja vlage u vazduhu i svaka količina vlage koja može da se pojavi u vazduhu ima svoju tačku rose. Na primer, kada bi se vazduh sa sadržajem vlage 11,2 g ohladio na temperaturu od  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ , u njemu bi se pojavila magla, odnosno vazduh bi postao zasićen.

### 2.12.3. Isparavanje vode u vazduhu

Relativna vlažnost određuje sposobnost vazduha da apsorbira vlagu. Ako je relativna vlažnost vazduha mala, kaže se da je vazduh suv i obratno, velika vlažnost znači vlažan vazduh. Treba naglasiti da relativna vlažnost ne zavisi samo od sadržaja vodene pare u vazduhu, već i od temperature vazduha.



U hlađenoj prostoriji vazduh struji na isparivač čija je temperatura niža od temperature u prostoriji, a kako je temperatura isparivača obično niža od tačke rose, na njemu se taloži vlaga.

Kada se vazduh sa isparivača vrati u prostoriju, ponovo se zagreje i smanji mu se relativna vlažnost. Smanjenje relativne vlažnosti je utoliko veće ukoliko je razlika temperature u prostoriji i temperature isparavanja veća i obrnuto. Pri hlađenju namirnica, pored temperature i relativna vlažnost igra važnu ulogu.

#### **2.12.4. Hlađenje isparavanjem**

Poznato je da je za ključanje vode potrebna toplota. Pri isparavanju vode u vazduhu potrebna je takođe toplota, iako voda ne ključa. Ova pojava je od davnina korišćena za hlađenje pitke vode, namirnica i dr. Kada se čovek leti pokvasi mlakom vodom, iako je vazduh topao, nastaje osveženje. To dolazi otuda što voda isparava na čoveku oduzimajući mu toplotu.

U tehničarima hlađenja ova pojava se koristi u atmosferskim i evaporativnim kondenzatorima. U kulama za hlađenje vode, pošto jedan deo vode ispari, voda hladi sebe samu. Hlađenje isparavanjem naročito je isplativo na mestima gde nema dovoljno vode i gde je voda skupa.

#### **2.12.5. Higrometri i psihrometri**

Za merenje relativne vlažnosti koriste se instrumenti koji mogu biti tipa higrometra ili psihrometra i dr. U higrometru se koristi ljudska kosa koja menja svoju dužinu sa promenom relativne vlažnosti. Promena dužine se prenosi preko odgovarajućeg mehanizma na skazaljku.

Ako se higrometar duže vremena nalazio u suvoj prostoriji, pa se prenese u vlažnu sredinu, pogrešno će pokazivati relativnu vlažnost. Posle odstojevanja nekoliko časova u novoj sredini, ponovo će početi da pokazuje tačne vrednosti. Higrometar meri vlažnost od 0% do 100% pri temperaturi od 0 °C do +80 °C. Na njega vrlo šteteno deluju nečistoće iz vazduha, a naročito amonijak.

Psihrometar se sastoji od dva ista termometra. Jedan se vlaži tako što se obloži fitiljem od gaze umočene u vodu. U zavisnosti od relativne vlažnosti, destilisana voda će kod termometra više ili manje isparavati oduzimajući mu toplotu. Zbog toga će postojati temperaturska razlika između suvog i vlažnog termometra, tzv. psihometrijska razlika.



## Princip rada rashladnih sistema

Hlađenje je proces odvođenja toplote. Proces odvođenja toplote podrazumeva da postoje toplotni izvor više temperature i toplotni ponor čija je temperatura niža od temperature ponora, čime je određen smer protoka toplote. To znači da u rashladnom sistemu mora postojati telo dovoljno niske temperature da bi se ostvario kontinualni proces hlađenja tela više temperature.

Svaka tečnost, ako joj se dovodi toplota, počinje da ključa na određenoj temperaturi i isparava, tj. prelazi u parno stanje. Među rukovaocima rashladnih uređaja odomaćen je izraz „gas“ za paru rashladnog fluida. Voda na atmosferskom pritisku ključa na temperaturi od 100 °C, i pri tome oduzima toplotu od nekog toplotnog izvora, čija je temperatura viša od temperature ključanja vode. Svaka tečnost ključa, tj. isparava na određenoj temperaturi, neka na nižoj, a neka na višoj. Temperatura ključanja je u funkciji pritiska i menjaće se za jednu određenu tečnost u zavisnosti od vrednosti pritiska. Voda na velikoj nadmorskoj visini, na kojoj je pritisak vazduha niži u odnosu na nivo mora, ključa na temperaturi nižoj od 100 °C. Pri dovoljno niskom pritisku, voda bi proključala i na sobnoj temperaturi. Postoje tečnosti koje pri atmosferskom pritisku isparavaju na vrlo niskim temperaturama. Ako je temperatura isparavanja tečnosti niža od temperature okolnog vazduha, odvođenje toplote vazduha odvijaće se prirodnim putem, a vazduh će se pri tome hladiti.

U kompresorskim rashladnim uređajima proces hlađenja se odvija na taj način što kroz cevi struji tečnost čija je temperatura isparavanja niža od temperature vazduha oko cevi ili tečnosti koja se nalazi oko cevi. Tečnost koja isparava je rashladni fluid, a snop cevi u kojima rashladni fluid isparava formiraju isparivač.

Bez obzira na vrstu fluida koji se koristi u rashladnim sistemima, njegova cena nije zanemarljiv deo investicije i zbog toga se ne može dozvoliti da se njegova para ispušta u atmosferu i na taj način ugrožava životna sredina te da se deo fluida nepovratno gubi. Potrebno je ostvariti takav proces u kome će količina rashladnog fluida biti nepromenjena sve vreme rada sistema. To će jedino biti moguće ako se gasoviti rashladni fluid, posle izlaska iz isparivača, kondenzuje i vraća u isparivač. Za prevođenje gasovitog rashladnog fluida u tečno stanje, koristi se proces obrnut isparavanju, tj. proces u kome gas prelazi u tečnost – proces kondenzacije. Pri procesu kondenzacije, suprotno procesu isparavanja, od rashladnog fluida se odvodi toplota, čime se stvaraju uslovi za kondenzaciju, tj. rashladni fluid iz gasovitog prelazi u tečno stanje. Međutim, ako je pritisak gasa viši, biće viša i temperatura kondenzacija. U procesu kondenzacije za odvođenje toplote od rashladnog fluida neophodni su vazduh ili voda niže temperature koji hlade RS, koji ga pothla-

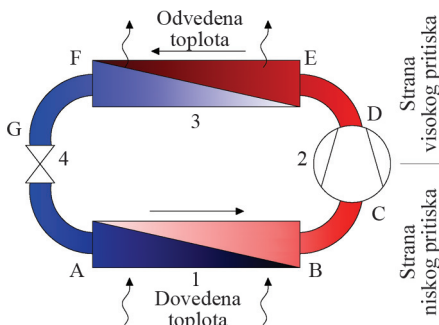
đuju i omogućuju da pređe u tečno stanje. U kompresorskim rashladnim uređajima rashladni fluid koji je u gasnom stanju odvodi se u kondenzator, u kome prolazi kroz cevi oko kojih struje vazduh ili voda. U kondenzatoru se RS kondenzuje i napušta kondenzator u tečnom stanju.

Da bi se ovaj proces doveo do kraja, potrebno je savladati još jednu prepreku. Kada rashladni fluid u isparivaču pređe u gasovito stanje, njegova temperatura jednaka je temperaturi isparavanja, tj. on je toliko hladan da se više ne može hladiti u kondenzatoru, pošto nam ne stoje na raspolaganju voda ili vazduh sa temperaturom nižom od temperature gasa. To znači da temperatura gasa mora biti viša od temperature vazduha ili vode koja nam stoje na raspolaganju za hlađenje kondenzatora.

Da bismo to postigli, moramo povisiti pritisak pare (gasa), čime ćemo dobiti i višu temperaturu kondenzacije, što se rešava pozicioniranjem kompresora između isparivača i kondenzatora, u kome se sabijanjem gasa povišavaju i pritisak i temperatura. Iz kompresora gasoviti rashladni fluid se odvodi u kondenzator u kome se, pomoću vazduha ili vode, hladi i prelazi u tečno stanje.

Prilikom hlađenja u kondenzatoru, rashladnom fluidu je oduzeta sva toplota koju je primio u isparivaču i od rada kompresora. Pritisak tečnog rashladnog fluida po izlasku iz kondenzatora, još uvek je visok, tj. jednak pritisku pare na izlazu iz kompresora. Na tako visokom pritisku tečnost ne može da isparava na niskoj temperaturi potrebnoj za hlađenje.

Stoga, pre dovodjenja tečnog rashladnog fluida u isparivač, potrebno je smanjiti pritisak, što se postiže postavljanjem ventila specijalne konstrukcije između kondenzatora i isparivača. Prilikom prolaska kroz taj ventil, tečnost se „prigušuje“ (pritisak opada) i tako se stvaraju uslovi isparavanja na niskoj temperaturi.



**Slika 3.1. Principijelna šema rashladne instalacije**

Ovo kretanje rashladnog fluida prikazano je šematski na slici 3.1.

Rashladni fluid ulazi u isparivač u tečnom stanju (A), isparava i pri tome oduzima toplotu vazduhu (tečnosti) oko isparivača hladeći ga. Iz isparivača, rashladni fluid u gasovitom (parnom) stanju odlazi u kompresor (C) u kome se pritisak i temperatura povećavaju, tako da iz kompresora izlazi sa visokim pritiskom i visokom temperaturom. Iz kompresora rashladni fluid odlazi u kondenzator (E) gde se hladi, pri čemu mu se oduzima toplota koju je primio u isparivaču, uvećana za rad kompresora.

Toplota kondenzacije predaje se vazduhu, vodi ili nekom drugom telu.

Kao posledica hlađenja u kondenzatoru, rashladni fluid prelazi u tečno stanje i u tom obliku izlazi iz kondenzatora i odlazi u prigušni ventil („ekspanzioni ventil“) (G). U prigušnom ventilu pritisak se smanjuje i sada tečni rashladni fluid odlazi u isparivač, gde ponovo isparava i oduzima toplotu fluidu oko isparivača.

Instalacija, opisana i prikazana na šemi sasvim je uprošćena i u praksi se praktično i ne pojavljuje.

Opisani elementi – isparivač, kompresor, kondenzator i ekspanzioni ventil osnovni su delovi svake instalacije, pored kojih, u zavisnosti od složenosti ili namene, postoje i mnogi drugi delovi koji doprinose poboljšanju njenog rada.

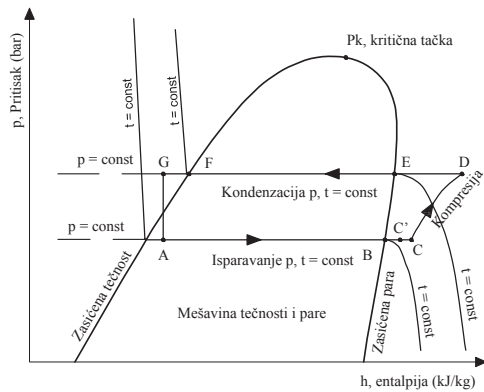
Deo instalacije od potisnog priključka kompresora preko kondenzatora do ekspanzionog ventila, u kome se rashladni fluid nalazi pod visokim pritiskom, naziva se deo visokog pritiska.

Deo instalacije od izlaza iz ekspanzionog ventila preko isparivača do ulaza u cilindar kompresora, u kome se rashladni fluid nalazi pod niskim pritiskom, naziva se deo niskog pritiska.

Ceo proces u rashladnom sistemu može se prikazati u  $p$ - $i$  dijagramu (slika 3.2) u kome se mogu očitavati vrednosti pojedinih veličina stanja rashladnog fluida.

Svaki rashladni fluid definisan je posebnim dijagramom. U prilogu ove knjige nalaze su parne tabele i Molijerovi dijagrami za neke najčešće korišćene rashladne fluide.

Stanje rashladnog fluida može se prikazati kao tačka u Molijerovom  $p$ - $h$  dijagramu. Horizontalne linije su linije konstantnog pritiska ( $p$ ) a vertikalne konstantne entalpije ( $h$ ). Dijagram je podeljen u tri dela koji su međusobno podeljeni krivama zasićenja. Deo levo od krive zasićenja tečnosti naziva se zona pothlađene tečnosti. U bilo kojoj tački u pothlađenom delu, rashladni fluid je u tečnom stanju i njegova temperatura je ispod temperature zasićenja koja odgovara tom pritisku.



**Slika 3.2.  $p$ - $i$  dijagram stanja rashladnog fluida**

Deo desno od krive zasićenja pare je zona u kojoj je rashladni fluid u parnom stanju. Centralni deo između ove dve krive je zona promene faze u kom delu se vrši promena faze od tečne do parne (faza isparavanja), ili od parne do tečne (faza kondenzacije). U bilo kojoj tački, između ove dve krive, rashladni fluid je mešavina tečne i parne faze.

Tačka u kojoj se spajaju krive zasićenja tečne i parne faze je kritična tačka. Pritisak i temperatura u toj tački nazivaju se „kritični pritisak“ i „kritična temperatura“.

Nezavisno od vrste rashladnog fluida proces u  $p$ - $i$  dijagramu se odvija na identičan način tako što su pojedine veličine stanja različite u zavisnosti od vrste rashladnog fluida.

Proces počinje u tački (C) (slika 3.1) u kojoj kompresor usisava paru rashladnog fluida iz isparivača na pritisku isparavanja  $p_i$ , i temperaturi isparavanja  $t_i$ . Pritisak i temperatura unutar krive, između tačaka A i B, konstantni su jer u toj oblasti

dolazi do promene stanja rashladnog fluida od tečnog (stanje A) do gasovitog (stanje B) – latentna toplota isparavanja. Para rashladnog fluida se pregreva u isparivaču (B – C') i cevovodu (C' – C) i u kompresor dolazi sa višom temperaturom od temperature isparavanja ali na istom pritisku.

Proces kompresije završava se u tački (D), posle čega je rashladni fluid potisnut u kondenzator. U kondenzatoru se odvođenje toplote odvija u tri faze:

1. Prva faza je hlađenje pare rashladnog fluida od temperature fluida na izlazu iz kompresora (D), koja je znatno viša od temperature kondenzacije, do temperature kondenzacije (E). Proces hlađenja pare se odvija bez promene pritiska.

2. Druga faza je odvođenje toplote od rashladnog fluida, pri čemu para rashladnog fluida prelazi u tečno stanje bez promene temperature i pritiska. Ova faza se odvija između tačaka (E) i (F). Ova faza je slična procesu isparavanja ali u suprotnom smeru (od gasovite do tečne faze) pri konstantnom pritisku i konstantnoj temperaturi.

3. Treća faza može i ne mora da se odvija u kondenzatoru, a predstavlja proces pri kome se tečnost (kondenzat rashladnog fluida) pothlađuje na pritisku jednakom pritisku kondenzacije od tačke (F) do (G) pri konstantnom pritisku ali na nižoj temperaturi od temperature kondenzacije. Pothlađivanje tečnog rashladnog fluida utiče na povećanje efikasnosti rashladnog ciklusa.

Proces ekspanzije odvija se u ekspanzioniom ventilu od tačke (G) do (A) kojom prilikom se obara pritisak rashladnog fluida sa pritiska kondenzacije do pritiska isparavanja. Dovođenje toplote u isparivaču vrši se od tačke (A) do tačke (B) odnosno (C').

Sa dijagrama može se očitati za svaki rashladni proces teoretska snaga kompresora kao razlika entalpija u tačkama (D) i (C). Dovedena doplota isparivaču definisana je razlikama entalpija između tačaka (C') i (A), dok je odvedena toplota u kondenzatoru određena razlikom entalpija između tačaka (D) i (G). Proces ekspanzije vrši se pri konstantnoj entalpiji.

## Primena rashladnih sistema

U početku primene mehaničkog hlađenja, oprema je bila velikih dimenzija, skupa i ne previše efikasna. Bilo je potrebno danonočno dežurstvo kvalifikovanog osoblja da bi sistem bio neprekidno u pogonu, što je uslovljavalo ograničenu primenu hlađenja samo na velike sisteme.

Za svega nekoliko decenija rashladna industrija je postala vrlo značajan i neizbežan deo svakodnevnog života, naročito zahvaljujući razvoju proizvodnje električne energije, a posebno ulaskom u eru elektronike. Danas je nezasmislivo čuvanje prehrambenih proizvoda za sve veći broj stanovnika sveta bez hlađenja.

Da bismo lakše proučili načine i uslove primene procesa hlađenja, podelićemo ovu oblast u pet osnovnih grupa, iako među njima ne postoje oštre granice:

- hlađenje u domaćinstvu,
- komercijalno hlađenje,
- industrijsko hlađenje,
- hlađenje u transportim sredstvima,
- hlađenje u tehnološkim procesima i
- hlađenje u sistemima za klimatizaciju.

Sigurno da je najekonomičniji način čuvanja hrane hlađenjem. Za hlađenje hrane potrebno je 15 kWh energije po jednoj toni proizvoda, za smrzavanje 100 kWh/t, za pasterizaciju 130 kWh/t, za sterilizaciju 225 kWh/t, a za sušenje čak 660 kWh/t [1].

**Hlađenje u domaćinstvu** je ograničeno na male sisteme, kao što su kućni frižideri i zamrzivači. Međutim, zbog velikog broja jedinica koje su širom sveta u upotrebi, ova grupa predstavlja značajan deo rashladne industrije.

Kućne jedinice su obično malih dimenzija, snage do 800 W, pretežno sa hermetik kompresorima. Zbog svoje jednostavnosti i visoke pouzdanosti, ova vrsta rashladne opreme ne zahteva skoro nikakav nadzor i uz kvalitetno rukovanje, vek trajanja im je vrlo dug.

**Komercijalno hlađenje** se odnosi na primenu rashladnih uređaja u maloprodajnim objektima, restoranima, hotelima, manjim hladnjačama. U ovu grupu spadaju samouslužne vitrine sa radnim temperaturama od 15 °C (vitrine za voće, povrće, pića i dr.) do -25 °C (vitrine za sladoled, smrznute proizvode i sl.) kao i rashladne



**Slika 4.1. Frižider za domaćinstvo**

komore za čuvanje prehrambenih proizvoda. Rashladni sistemi za ovu vrstu opreme mogu biti ugrađeni u svaku jedinicu posebno, ili mogu biti na jednom mestu. U zavisnosti od rashladnog učinka, u uređaje se ugrađuju hermetik ili poluhermetik kompresorski agregati, a sve ređe otvoreni kompresori.

**Industrijsko hlađenje** je često povezano sa komercijalnim hlađenjem i razlika među njima nije jasno definisana. Industrijski rashladni uređaji su, po pravilu, sa većim instalisanim snagama od onih koji se koriste u komercijalne svrhe. Tipična industrijska primena je na velikim postrojenjima za pripremu, preradu i pakovanje hrane (meso, riba, živina, smrznuta hrana, pivo i sl.), u hladnjačama srednjeg i velikog skladišnog kapaciteta i slično. U Evropi, u industrijskoj upotrebi još uvek značajnu i rasprostranjenu ulogu ima amonijak kao rashladno sredstvo. U amonijskim rashladnim sistemima preovladavaju kompresorski agregati sa otvorenim i poluhermetik kompresorima.

**Hlađenje u transportnim sredstvima** preklapa se delimično sa komercijalnim hlađenjem. Međutim, obe ove specijalizovane oblasti dovoljno su obimne da bi bile razmatrane nezavisno jedna od druge. Hlađenje u transportnim sredstvima se odnosi na sva transportna sredstva (najčešće za prevoz hrane), u kojima se održava temperatura niža od temperature okoline. Rashladni sistemi u transportnim sredstvima su nešto specifičniji u odnosu na klasično stacionarno hlađenje. Njihova specifičnost se ogleda u rešenju pogona kompresora, u načinu regulacije radne temperature, u izboru opreme u cilju pouzdanosti i u vrsti transporta (drumski saobraćaj, brodski saobraćaj, kontejnerski prevozi i dr.). Posebno je karakteristično rešenje pogona kompresora – pogon direktno sa glavnog pogonskog motora vozila, pogon preko nezavisnog SUS motora, pogon klasičnim elektromotorom, pogon hidromotorom i dr. Zbog pomenutih specifičnosti, pri bilo kakvoj intervenciji na rashladnom sistemu, potrebno je pažljivo slediti uputstva proizvođača opreme.

**Hlađenje u tehnološkim procesima** se odnosi na grane industrije u kojima tehnološki procesi zahtevaju hlađenje (farmacija, prerada plastike i dr.). Zbog svojih specifičnosti ova oblast se često posebno obrađuje u okviru tehnoloških operacija.

**Klimatizacija** se bavi obradom vazduha u cilju zadovoljavanja osećaja ugodnosti ljudi (komforna klimatizacija), ili za potrebe tehnoloških procesa (industrijska klimatizacija). U sistemima klimatizacije potrebno je regulisati, pored temperature vazduha i njegovu vlažnost, kretanje i filtriranje vazduha. Hlađenje se u klimatizaciji ostvaruje primenom direktnih ili indirektnih rashladnih sistema. Direktni sistemi su oni u kojima tretirani vazduh dolazi direktno u kontakt sa elementima rashladnog sistema (npr. isparivač rashladnog fluida u klima-komori). Indirektni sistemi su oni u kojima se sekundarni fluid (npr. voda ili glikol) termički obrađuje u posebnom agregatu (agregat za hlađenje vode, tzv. čiler), a zatim razvodi po jedinicama klimatizacionog sistema. U oba slučaja princip rada i upravljanja rashladnim sistemom su slični ili često identični.

## 4.1. Rashladni sistemi i priprema hrane

U prethodno navedenim oblastima hlađenja pretežno je bilo reči o hlađenju hrane. Tretiranje hrane hlađenjem obrađivano je veoma često u literaturi [2], pa se sade nećemo posebno baviti tom problematikom.



**Čuvanje kvarljivih proizvoda hlađenjem** uključuje primenu niske temperature u cilju eliminisanja ili usporavanja dejstva uzročnika kvarenja. Iako niska temperatura nije efikasna kao visoka temperatura u uništavanju uzročnika kvara namirnica, čuvanje na niskim temperaturama u velikoj meri smanjuje aktivnost enzima i mikroorganizama i obezbeđuje praktičan način čuvanja kvarljivih proizvoda. Ne čuvaju se sve namirnice na istoj temperaturi, već ona zavisi od vrste proizvoda.

U smislu čuvanja, prehrambeni proizvodi mogu da se grupišu u dve osnovne kategorije – one koji su živi u trenutku distribuisanja i čuvanja i one koji nisu. Nežive hranljive materije, kao što su meso, živina i riba podložnije su zagađenju mikrobima i brže se kvare od živih zbog čega obično zahtevaju strože uslove čuvanja. Što je niža temperatura na kojoj se proizvod čuva, to je period čuvanja duži.

Čuvanje hlađenjem može da se podeli u tri osnovne kategorije: 1) kratkotrajno ili privremeno čuvanje, 2) dugotrajno čuvanje i 3) čuvanje u smrznutom stanju. Za kratkotrajno i dugotrajno čuvanje proizvod se hladi i čuva na temperaturi nešto iznad njegove tačke mržnje, dok smrznuti proizvodi zahtevaju zamrzavanje i čuvanje na temperaturi između  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Kratkotrajno ili privremeno čuvanje se obično kombinuje sa neposrednim čuvanjem u maloprodajnim objektima, gde se očekuje veliki promet proizvoda. U zavisnosti od vrste proizvoda period kratkotrajnog čuvanja može biti u rasponu od 1 do 2 dana, pa sve do nekoliko nedelja.

Dugotrajno čuvanje se primenjuje u velikoprodaji i u komercijalnim skladištima. Period čuvanja zavisi od vrste proizvoda i od stanja proizvoda pri unosu u skladište.

U tabeli 4.1 su navedene optimalne temperature čuvanja različitih proizvoda i u većini slučajeva su nešto više od temperature mržnje proizvoda. Detaljnije o čuvanju i skladištenju prehrambenih proizvoda može se naći u literaturi [1] koja detaljnije obrađuje ovu problematiku.

Uticao loše odabrane temperature čuvanja smanjuje kvalitet proizvoda i skraćuje vek očuvanja. Neke vrste voća i povrća su posebno osetljive na temperaturu



**Slika 4.2. Komercijalna rashladna vitrina**



**Slika 4.3. Linija samouslužnih vitrina**

skladištenja (kada su na temperaturi ispod ili iznad njihove kritične temperature) i podložne su bolestima čuvanja.

**Tabela 4.1. Osnovni parametri skladištenja prehrambenih proizvoda**

Namirnica	Temperatura (°C)	Relativna vlažnost (%)	Očekivani rok skladištenja
<b>Voće</b>			
Avokado	+5/+10	90	2–4 n.
Ananas, zeleni zreo	10/15,6 4,4/7,2	85–90 85–90	2–4 n. 2–4 n.
Badem u ljusci	±0/7	60–70	10–12 n.
Banane zelene zrele	11,7/14,4 13,9/15,6	90 90	10–20 d. 5–10 d.
Borovnice	–1,1/0	85–90	2–3 n.
Breskve	–0,5/0	80–85	2–4 n.
Brusnice	2,2/4,4	85–90	1–3 n.
Višnje	–0,5/0	85–90	do 10 d.
Voće suvo u pak. smrznuto	0 –23/–18	70 80–90	9–12 m. 6–12 m.
Voćni sokovi	–23/–15	80–90	2–8 m.
Grejpfrut	0/15	85–90	4–12 m.
Grožđe	–1/0	85–90	3–6 m.
Guava	7,2/10	90	3 ned.
Datule	–18	–	do 1 god.
Dinje	7,2/10	85–90	1–4 ned.
Dunje	–0,6/0	80–85	2 m.
Jabuka	–1/0	85–90	2–7 m.
Jagode	–0,5/0	85–90	do 7 d.
Kafa, zelena	–1/+0	70–75	3–6 m.
Kakao, zrno	±0/2	70–75	6–12 m.
Kajsije, sveže suve	–0,5/0 0,5	88–92 75	1–2 n. 6 m.
Kikiriki, kesten	0	70	8–12 m.
Kokosov orah	0	80–85	1–2 m.
Kruške, sveže suve	–1,7/–0,5 0,5	85–90 75	1–6 m. 6 m.

Namirnica	Temperatura (°C)	Relativna vlažnost (%)	Očekivani rok skladištenja
Kupine	-0,5/0	80-85	7-10 d.
Lešnici i orasi	7,2	70	do 1 god.
Limun	0 12,8/14,4	85-90 85-90	- 1-4 m.
Liči	0	90	5-6 n.
Lubenica	2,2/4,4	85-90	2-3 n.
Malina	-0,5/0	80-85	do 7 d.
Mango	10	90	2-5 n.
Mandarine	0,6/1	85-90	2-4 m.
Maslina sveža	7,2/10	85-90	4-6 n.
Nar	1,1/2,2	90	2-4 m.
Ogrozd	-0,6/0	80-85	3-4 n.
Orasi suvi	0	65-75	8-12 m.
Papaja	10	90	2-3 m.
Pomorandže	0/1,2	85-90	8-10 n.
Ribizle, crne crvene	-1,1/0 0	90 90	1-2 n. 2-3 n.
Smokve sveže suve	-2,2/0 4,4/7,2	65-75 65-75	5-7 d. 9-12 m.
Trešnje	-0,5/0	80-85	1-2 n.
Urme, suve	-2,2/0	70	4-8 m.
Šljive, sveže suve	-0,6/0 4,5	80-85 70	3-8 m. 6 m.
<b>Povrće</b>			
Artičoka, španska	-0,5/0	90-95	1-2 n.
Artičoka, „jerusalim“	-0,5/0	90-95	2-3 m.
Asparagus	0/5	85-95	2-3 m.
Boranija	0 7,2	90-95 85-90	1-3 n. 8-10 n.
Bundeve	10/12,8	70-75	2-6 m.
Đumbir	1,5/3,5	85-90	15 m.
Bundeve, letnja	±0/4,5	90-95	2-3 m.

Namirnica	Temperatura (°C)	Relativna vlažnost (%)	Očekivani rok skladištenja
Grašak, zeleni suv	-0,6/0 0,5	85-90 75	1-2 n. 6 m.
Žutenica	0	90-95	2-3 n.
Karfiol	0	85-90	2-3 n.
Keleraba	0	90-95	2-4 n.
Kelj, glavičasti	-1/0	90-95	3-6 n.
Krastavci	7,2/10	80-85	10-14 d.
Krompir rani	2,8/3,9	85-90	3-4 n.
pozni	7,2/10	85-90	4-8 m.
slatki	12,7/15,6	80-85	2-6 m.
semenski	2/7	85-90	5-8 m.
Kupus	0	90-95	2-4 m.
Ločika (salata)	0	90-95	2-3 n.
Luk, beli	0	70-75	6-8 m.
crni	-2,8/0	70-75	6-8 m.
Paradajz, zeleni	12,7/21	85-90	3-5 n.
zreli	0	85-90	7-10 d.
plavi	7,2/10	85-90	10 d.
Pasulj, prema sortama	2/7	85-90	1-3 n.
Patlidžan	±0	85-90	10 d.
Primet	±0	85-90	4-5 m.
Paškanat	0	90-95	2-4 m.
Praziluk	0	90-95	1-3 m.
Paprika, suva	0/10	70-75	6-9 m.
slatka	7,2/10	85-90	1-3 n.
Peršun	0/1,1	85-90	1-2 n.
Pečurke	0/1,7	80-85	2-3 d.
Pirinač	1,5	65	6 m.
Povrće, upakovano smrznuto	-2,8/-18	75-85	6-12 m.
Prokelj	0	90-95	7-10 d.
Prokula	0/1,7	90-95	3-4 m.
Raven	0	90	2-3 n.
Ren	0	90-95	10-12 m.

Namirnica	Temperatura (°C)	Relativna vlažnost (%)	Očekivani rok skladištenja
Repa sa odseć. lišćem smrznuta u vezama	0 -2,8/-18 0	90-95 85-95 90-95	1-3 m. 8-12 m. 10-14 d.
Rotkva	0	90-95	3-4 n.
Salata	0	90-95	1-3 n.
Spanać pozni	0 -0,6/0	90-95 90-95	10-14 d. 2-4 n.
Tikvice	6/8	80-85	15 d.
Turovet	0,7/1,1	90-95	2-4 m.
Tapioka	0/2,2	80-90	6 m.
Celer koren list	-0,6/0 0	90-95 90-95	2-4 m. 1-2 m.
Cvekla	0/1	85-90	2-4 n.
Šargarepa, sa lišćem bez lišća	0 -1,1/1,1	85-90 95-98	1-2 n. 4-5 m.
Špargla	0	85-90	2-4 n.
<b>Namirnice životinjskog porekla</b>			
Govedina, rashlađena  smrznuta	-1,7/0 -12 -15 -18	90 95-100 95-100 95-100	4-5 n. 5-8 m. 6-9 m. 8-12 m.
Živina sa iznutricama očišćena smrznuta	0/1,1 0/1,1 -12 -12 -18	85-90 ili pak. neprop. vodu 85-90 ili omoti koji ne prop. paru	maks. 3 n. 7-10 d. 3 m. 6-8 m.
Zečevi, rashlađeni smrznuti	0/1,1 -23,3/-18	90-95 95-100	1-5 d. do 6 m.
Iznutrice, rashlađene	-1,1/0	75-80	3 d.
Jagnjetina rashlađena smrznuta	0/1,1 -12 -23,3/-18	85-90 95-100 90-95	5-12 d. 3-6 m. 8-10 m.
Jaja, sa ljuskom u prahu smrznuta	-1,7/0,5 1,7 -18	85-90 neznatno -	8-9 m. 6 m. do 12 m.
Kobasice, suve	4,4/4,2	85-90	

Namirnica	Temperatura (°C)	Relativna vlažnost (%)	Očekivani rok skladištenja
Mast, rashlađena sa dodatkom bez dodataka smrznuta	-1,1/0 -1,1/0 -18	80-95 95-100 95-100	4-6 m. 8-5 m 9-12 m.
Meso, mleveno pakovano, neus.	-12 -18	95-100 95-100	5-8 m. 8-12 m.
Ovčetina, rashl. smrznuta	0 -18/-12	80 95-100	10 d. do 1 god.
Ostrige u ljusci	0	90	2 m.
Pilići sa iznutr. očišćeni	0 0	U zdrob. ledu 85-90 ili omoti	2-5 d. 7-10 d.
Rakovi, jastog	-7	80	1 m.
Ribe, sveže smrznute osušene usoljene polusuve	0,6/4,4 -23/-18 4,4/10 4,4/10 -2,2/1,7	90-95 90-95 50-60 90-95 75-90	5-20 d. 8-10 m. 6-8 m. 10-12 m. 4-8 m.
Svinjetina, rashl. smrznuta	0/1,1 -23/-18	85-90 95-100	3-7 d. 4-8 m.
Slanina, bekon dimljena smrznuta	5/8 15,5/18 -23,3/-18	75-80 85 90-95	4-6 m. 4-6 m. 4-6 n.
Teletina, rashlad.	0/1,1	90-95	5-10 d.
Ćuretina	-12	75	6 n.
Džigerica, crna	-23.3/-18	90-95	3-4 m.
Šunka i rebra sveži smrznuti usoljeni dimljeni	0/1,1 -23.3/-18 15/18 -10/-2	85-90 90-95 75-80 70	7-12 d. 4-6 m. - 3 m.
<b>Ostale namirnice</b>			
Maslac	-	80-85	do 2 m.
Duvan u balama	1	75	6 d.
Žito	-10/-2	70	3-12 m.
Žitne pahuljice	1,7	65	6 m.
Kvasac	-0,6/0	-	
Kukuruz	-0,5/1,5	80-85	1-4 n.
Margarin	12,7	00-70	6 m.

Namirnica	Temperatura (°C)	Relativna vlažnost (%)	Očekivani rok skladištenja
Med	7,2/10	75	do 12 m.
Mlačénica	0	85	1 m.
Mleko u prahu	0/2 4,4	80–85 –	1 n. nekol. m.
Ovsena kaša	1/2	65	6 m.
Sir	oko 1,7	65–70	–
Slad	0,5	70	6 n.
Sladoled	oko –26	–	nekol. m.
Ulje, biljno	12,7	–	6 m.
Hmelj	3,3/4,4	50	nekol. m.
Čokolada	4,5	75	6 m.
Džem	10/15	80–85	3 m.

U skladištu sa mešovitom robom temperatura hlađenog prostora ne može istovremeno odgovarati svoj uskladištenoj robi, jer će se neke namirnice duže, a neke kraće vreme održati svežim. Zato se skladišta sa mešovitim robom koriste kao privremena skladišta za kraći rok čuvanja. U supermarketima i drugim objektima se koriste odvojeni uređaji za izlaganje i/ili čuvanje raznih vrsta proizvoda. Tako se riba i živina obično čuvaju na temperaturi između  $-2\text{ °C}$  i  $+2\text{ °C}$  i potrebno ih je razdvojiti da se ne bi mešali mirisi. Poljoprivredni i mlečni proizvodi se čuvaju u odvojenim uređajima u opsegu temperatura  $0\text{ °C}$  do  $+4\text{ °C}$ , dok se smrznuta hrana čuva na temperaturi između  $-15\text{ °C}$  i  $-18\text{ °C}$ , a sladoled između  $-20\text{ °C}$  i  $-25\text{ °C}$ .



**Slika 4.4. Rashladna komora**

Većina veleprodajnih i komercijalnih skladišta ima veći broj odvojenih prostora namenjenih dugotrajnom čuvanju proizvoda. Osnovno pravilo u ovim slučajevima je grupisanje proizvoda, a zajedno se čuvaju samo oni proizvodi koji zahtevaju slične uslove skladištenja.

Problem vezan za mešovita skladišta je apsorpcija mirisa i ukusa. Neki proizvodi apsorbuju i/ili odaju miris u toku skladištenja. Posebno su mlečni proizvodi osetljivi na apsorbovanje mirisa drugih proizvoda koji se čuvaju u istom skladištu.

Prethodno hlađenje proizvoda se razlikuje od održavanja uskladištenog proizvoda u hladnom prostoru. Sveži proizvodi unose se u skladište na temperaturi branja ili klanja, koje su više od temperature skladištenja. Brzina prethlađenja ima

uticaj na krajnji kvalitet skladištenog proizvoda. Pri projektovanju rashladnog prostora mora se voditi računa da se dnevni unos sveže robe u hladeni prostor ne poremeti, u većoj meri, temperaturu već ohlađenih proizvoda. Iz tih razloga dnevni unos ne sme da bude veći od 10% do 20% od ukupne količine uskladištene robe.

Proizvodi koji se hlade u prirodnom stanju (neupakovani) gube veoma brzo vlagu često praveći maglu u prostoriji u toku početne faze hlađenja (kada su temperatura



**Slika 4.5. Agregat za proizvodnju ljustastog leda**

peratura proizvoda i pritisak pare visoki). Brzo hlađenje i velika brzina kretanja vazduha su poželjni u toku početne faze hlađenja da bi temperatura i parcijalni pritisak pare proizvoda opadali što je brže moguće, čime bi se izbegao veći gubitak vlage iz proizvoda i njegovo skupljanje. Pored toga, velika brzina vazduha je potrebna da bi se odstranila oslobođena vlaga i sprečila kondenzacija vlage na površini proizvoda.

Iako velika brzina vazduha povećava stepen kaliranja proizvoda, ona istovremeno pospešuje hlađenje, tj. rezultira većim padom temperature proizvoda i padom parcijalnog pritiska pare. Ovo važi za početnu fazu hlađenja. Međutim, velika brzina strujanja vazduha u završnoj fazi hlađenja, kada

su manje temperaturske razlike, uslovljava veće kaliranje (gubitak u težini robe). Brzina vazduha u prostoriji za hlađenje mora da se smanji u toku finalne faze hlađenja.

Pri hlađenju proizvoda podložnih dehidraciji vlažnost vazduha u prostoriji mora da se održava na visokom nivou. Neki ekstremno osetljivi proizvodi, kao što su živina i riba, često se pakuju zajedno sa ledenim ljusticama, kako bi se smanjio gubitak vlage u toku hlađenja. Iz istog razloga, jaja se umaču u lako mineralno ulje pre hlađenja i skladištenja. Živina, riba i neke vrste povrća često se pakuju sa ljusticama leda. Sporo otapanje leda održava vlažnost i sprečava intenzivnu dehidraciju uskladištenog i ohlađenog proizvoda.

Neko voće i povrće se prethodno hladi hidrohlađenjem, tj. procesom koji uključuje potapanje ili prskanje proizvoda hladnom vodom ili zaranjanjem proizvoda u posudu sa uzburkanom hladnom vodom. Prskanje se postiže tuširanjem proizvoda slobodnim dovodom hladne vode.

Neke vrste svežeg povrća, posebno one kod kojih je odnos spoljne površine i zapremine veliki, prethodno se hlade brzim isparavanjem vode sa površine proizvoda. Ovaj proces se zove vakuumsko hlađenje, pre koga je neophodno obezbediti prethodno hlađenje.

Korišćenje iste prostorije za hlađenje i skladištenje mesa i sličnih proizvoda koji su izuzetno osetljivi na variranje temperature, relativne vlažnosti i kretanje vazduha, nije preporučljivo. Međutim, ovakva ograničenja se ne odnose na prosto-



rije za hlađenje voća, jer je iskustvo pokazalo da kombinovanje npr. jabuke i kruške u istim prostorijama za hlađenje i skladištenje nema lošeg uticaja na proizvod. Relativno kratak prijemni period i činjenica da skladištenje proizvoda obezbeđuje efekat akumulacije, koja dopušta mala ili nikakva odstupanja temperature prostora, omogućuju ovakve kombinacije.

Proizvod koji je potrebno sačuvati u svežem stanju za relativno dug period, obično se smrzava i skladišti na temperaturi oko  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ili niže. Lista hranljivih proizvoda koji se smrzavaju uključuje ne samo one koji se čuvaju u svežem stanju, kao što su povrće, voće, voćni sokovi, bobičavi plodovi, meso, živina, morski plodovi, i jaja (ne u ljusci), već i mnoge gotove proizvode, kao što su hleb, kolači, sladoled i širok spektar specijalno pripremljenih i kuvanih proizvoda i celih obroka.

Trebalo bi smrzavati samo visokokvalitetne proizvode. Neke vrste voća i povrća nisu pogodne za smrzavanje. Povrće i voće namenjeno smrzavanju trebalo bi brati u početku zrenja, obraditi i smrzavati što pre posle branja, da bi se izbegle neželjne hemijske promene zbog dejstva enzima i mikroba.

Povrće zahteva odgovarajuću obradu pre smrzavanja. Nakon što se očisti i opere, da bi se odstranile strane materije, kao što su lišće sa površine, prljavština, insekti i sokovi, povrće se blanšira u toploj vodi ili na pari na  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  u cilju uništavanja prirodnih enzima. Podsetimo se da se enzimi ne uništavaju na niskoj temperaturi iako im se broj smanjuje, već se njihova aktivnost nastavlja u malom stepenu i pri temperaturi od  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  i niže. Blanširanje, koje uništava većinu enzima, produžuje period skladištenja smrznutog povrća. Vreme potrebno za blanširanje varira sa vrstom povrća i iznosi od 1 minut do 1,5 minut za grašak, a do 11 minuta za kukuruz. Iako se većina populacije mikroba uništava zajedno sa enzimima u toku procesa blanširanja, mnoge bakterije prežive. Da bi se izbeglo kvarenje namirnica koje izazivaju preživele bakterije, povrće bi trebalo da se hladi do  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  odmah nakon blanširanja i pre pakovanja za smrzavanje.

Kao i povrće, i voće mora da se očisti i opere da bi se odstranile strane materije i da bi se smanjilo mikropsko zagađenje. Voće je verovatno podložnije enzimskom kvarenju od povrća, ali se nikad ne blanšira, jer bi to uništilo prirodan kvalitet svežeg voća.

Proizvodi od mesa, po pravilu, ne zahtevaju neku specijalnu obradu pre smrzavanja. Međutim, zbog zahteva potrošača, specijalno pripremljeno meso i proizvodi od mesa se smrzavaju u sve većem broju, kao i živina i plodovi mora.

Zbog relativne nestabilnosti masnog tkiva svinjetina i riba se obično smrzavaju brzo nakon hlađenja. Međutim, govedina često „stari“ u prostoriji za hlađenje nekoliko dana pre nego što se zamrzne. U toku ovog perioda povećava se enzim-



**Slika 4.6. Kamion hladnjača**

ska aktivnost. Starenje govedine smanjuje period skladištenja, posebno ukoliko se period starenja produži na 6 do 7 dana.

Eksperimenti pokazuju da je živina koja je zamrznuta od 12 do 24 časa posle klanja osetljivija od one koja je zamrznuta odmah posle klanja. Međutim, odlaganje zamrzavanja kraće od 24 časa teži da smanji period čuvanja, bez posebnog uticaja na meso.

**Smrzavanje.** Hrana može da bude sporo ili brzo zamrznuta. Sporo zamrzavanje se postiže odlaganjem proizvoda na niskoj temperaturi, obično u mirnom vazduhu. Temperatura vazduha se održava između  $-18^{\circ}\text{C}$  i  $-40^{\circ}\text{C}$ . Pri prirodnoj cirkulaciji vazduha smrzavanje proizvoda je sporije i može da traje od 3 sata do 3 dana, u zavisnosti od veličine proizvoda i od uslova smrzavanja.

Osnovna razlika između brzog i sporog zamrzavanja je u veličini, broju i lokaciji kristala leda formiranih u tkivu robe koja se smrzava. Kada se proizvod sporo zamrzava, formirani kristali leda su veće zapremine te uništavaju strukturu ćelije, dok su pri brzom zamrzavanju kristali leda manji i manje oštećuju ćelije. Brzo zamrznuti proizvodi, prilikom otapanja gube manje sokova od sporo zamrznutih proizvoda, što ovom načinu daje dodatni kvalitet.

Formiranje kristala leda počinje nešto ispod  $0^{\circ}\text{C}$  (za većinu proizvoda), ali se određena količina vode zadržava u tečnom stanju čak i pri  $-40^{\circ}\text{C}$ . Najveći broj kristala leda formira se između  $-1^{\circ}\text{C}$  i  $-4^{\circ}\text{C}$ . Voće i povrće je posebno osetljivo na formiranje kristala leda zbog neelastičnosti ćelija. Kod mesa taj problem nije toliko izražen, jer su ćelije mnogo elastičnije. Brzim zamrzavanjem se sprečava razvoj bakterija, što je posebno važno kod riba koje se brzo kvare.

**Smrzavanje u struji vazduha** se izvodi kombinovanim uticajem niske temperature i velike brzine vazduha da bi se dobio visok stepen prenosa toplote sa proizvoda. Manji sistemi za brzo zamrzavanje u struji vazduha rade se u obliku rashladnih komora kod kojih se isparivač sa ventilatorima tako postavlja da obezbedi ravnomernu cirkulaciju vazduha uniformnom brzinom oko proizvoda koji se zamrzavaju. Sistemi većih kapaciteta rade se u obliku tunela kod kojih se isparivači postavljaju tako da vazduh struji vertikalno na proizvod. Kod prethodna dva slučaja proizvod se ne pomera u toku cele faze zamrzavanja, nasuprot kontinualnim tunelima kod kojih je roba najčešće na pokretnim trakama, a ređe na kolicima.

Proračunom se mogu dobiti precizni podaci o učinku, vremenu smrzavanja itd. Međutim, za brzo i dovoljno tačno određivanje rashladnog učinka mogu se koristiti iskustveni podaci. Učinak zavisi od vrste proizvoda, oblika proizvoda i radnih parametara.

U komercijalnoj upotrebi učinci se određuju prema nekom standardnom proizvodu. Tako, npr., kod kontinualnih tunela bazni učinak se računa prema grašku. U tabeli 4.2 dati su orijentacioni podaci za smrzavanje nekih proizvoda u odnosu na grašak.

Kontinualni tuneli sa spiralnim trakama kapaciteta većih od  $500\text{ kg/h}$  pretežno rade sa amonijakom. U poslednje vreme sve se više na tržištu pojavljuje oprema pogodna za sisteme manjih kapaciteta kod kojih se kao rashladno sredstvo koristi freon.

**Indirektno kontaktno zamrzavanje** se izvodi na uređajima sa pločama između kojih se postavljaju proizvodi. Pri određenom pritisku ploča ostvaruje dobar kontakt sa proizvodom, radi uspostavljanja boljeg prenosa toplote. Prelaz toplote se ostvaruje kondukcijom. Ovakav način je posebno prihvatljiv kada se radi o smrzavanju manjih količina robe, ali je veliki nedostatak to što debljina proizvoda mora biti ujednačena da bi ploče bile paralelne. Primena ovakvog načina smrzavanja je posebno pogodno za kašaste materijale, prethodno spakovane u savitljivu ambalažu (folije, kese od PVC-a i sličnog) i upakovane proizvode homogenih sadržaja (riba, fileti, paste i sl.).

**Tabela 4.2. Relativni proizvodni kapacitet kontinualnog tunela**

Povrće	Sadržaj vode, %	Relativni učinak, %
Grašak	74	100
Zelena boranija	89	
– sečena, 13÷30 mm		75
– režnjevi, 4 mm		65
– cela		60
Kukuruz	74	90
Kupus, sečen 13 mm	93	50
Karfiol, 20÷50 mm	92	50
Celer, sečen 25 mm	94	70
Paprika, režnji 13 mm	92	40
Paradajz, 30 mm	95	30
Pečurke, neblanširane		
– režnjevi, 4 mm	92	50
– cele, 15 mm	92	40
Šargarepa		
– sečena, 6 mm	88	60
– kocke 10 mm	88	80
Crne ribizle	88	65
Trešnje	83	60
Kupine	84	40
Jagode	90	65
Jabuke, kocke 13 mm	84	60
Krompir		
– ceo 25 mm	78	45
– kocke, 10 mm	78	80
Meso, kocke 20 mm	65	70

Ploče se postavljaju u više paralelnih redova u vertikalnom ili horizontalnom položaju i međusobno se povezuju elastičnim crevima. Glavni problem ovakve konstrukcije je u kvalitetu elastičnih creva.



**Slika 4.7. Tunnel za brzo smrzavanje**

skova iz proizvoda. Pored toga, proizvod može upiti preveliku količinu rastvora (npr. slani rastvor), što će dovesti do promene kvaliteta proizvoda. Najčešće se na ovaj način smrzavaju ribe i plodovi mora. Stvaranje leda oko proizvoda će sprečiti njegovu dehidraciju u periodu čuvanja.

### ***Skladištenje smrznutih i ohlađenih proizvoda***

Zadatak skladištenja je da se stvore takvi uslovi u kojima se u toku dužeg perioda može održati zadovoljavajući kvalitet namirnica. Efekat skladištenja zavisi od mnogobrojnih faktora – spoljnih i unutrašnjih – koji utiču na karakter i intenzitet promena koje se odigravaju u namirnicama.

Od faktora koje treba sagledati u cilju postizanja dobrih rezultata pri skladištenju, najvažniji su:

- a) održavanje određenog konstantnog režima skladištenja;
- b) održavanje higijensko-tehničkih uslova;
- c) odstranjivanje mogućnosti delovanja okoline;
- d) dobar kvalitet proizvoda.

Prikazaćemo značaj svakog od ovih faktora, sa preporukom određenih vrednosti i uslova kojih se treba pridržavati pri radu.

a) **Režim skladištenja.** Najveći uticaj na sve procese koji se odigravaju u namirnicama tokom skladištenja, ima temperatura. Njeno delovanje je dvostruko. S jedne strane, njenim variranjem se menja tempo kojim protiču procesi razlaganja u namirnicama, dok se s druge strane izaziva promena relativne vlažnosti vazduha. Pri tome, ukoliko se u komori, variranjem temperature, dostigne stanje zasićenja vazduha vodenom parom, ona je kondenzuje po površini namirnice. Ta kondenzacija je naročito opasna za ohlađene namirnice, jer doprinosi stvaranju sluzi, buđi itd.

Jasno je da je temperaturu potrebno održavati konstantnom. To se postiže dobrom izolacijom spoljnih površina, čime se određuje količina toplote koja dolazi spolja, uvođenjem automatike u sistem za hlađenje i pravilnim korišćenjem komora za hlađenje. Treba obratiti pažnju na to da se što je moguće ređe ulazi u komore i pali svetlo.

Održavanje optimalne relativne vlažnosti je od velike ekonomske važnosti, jer namirnice, zbog isparavanja vlage sa njihove površine, venu i gube u težini. Količina će biti sadržaj vlage u vazduhu, zavisi od njegove temperature, intenziteta pritanja toplote, režima rada, instalacije za hlađenje odnosno dužine njenoga rada i temperature rashladnog fluida, težine i vrste proizvoda u komori. Na vlažnost vazduha, naročito na temperaturama iznad 0 °C, utiče i razlika temperatura vazduha u komori i isparavanja rashladnog fluida, ili površine hladnjaka – isparivača.

Konstantan režim i ravnomerna raspodela vazduha u komori postižu se ventilatorom za prinudnu cirkulaciju. Ventiliranje se preporučuje pri skladištenju ohlađenih proizvoda: mesa, voća, jaja i sira.

Brzina kretanja vazduha u komori je različita i zavisi od toga da li je cirkulacija prirodna ili veštačka. Pri radu vazdušnih hladnjaka, ona je veoma neravnomerna. Maksimalna brzina se može primetiti ispod potisnih kanala i u prolazima između naslaganih namirnica i zidova, gde je ponekad iznad 0,9 m/s. U srednjim delovima komore i u naslagama namirnica, brzina se skoro ne razlikuje od brzine prirodne cirkulacije.

U praksi postoje dva režima skladištenja za ohlađene i za smrznute proizvode.

b) **Higijensko-tehnički uslovi.** Kako su i vazduh i površina namirnica zagađeni mikroorganizmima, potrebno je da se higijena održava na visini, u cilju sprečavanja daljeg zagađivanja, kako površine namirnica, tako i površina hladnjaka. Naime, pri cirkulisanju vazduha koje nastaje usled rada ugrađenih vazdušnih hladnjaka, ovaj se čisti od mikroorganizama i oslobađa viška vlage, što sve dospeva na površinu hladnjaka za hlađenje i namirnica. Zato je potrebno da se vazduh pre ulaska u komoru filtrira.

Osvežavanje vazduha u komori postiže se tzv. izmenama vazduha, koje se izvode obično 1–2 puta za 24 h, ukoliko nije drugačije predviđeno.

c) **Delovanje okoline.** Uskladištene namirnice mogu da apsorbuju neželjene mirise od drugih proizvoda, ukvarenih namirnica ili građevinskog materijala od koga je izgrađena hladnjača. Pored toga, prisustvo oksidanata izaziva užeglost masti, a time i proizvoda koji je sadrže.

Opasnost od štete koju mogu da nanese ovi činioci je velika. Jedan od načina otklanjanja mogućnosti njihovog delovanja je skladištenje u posebnim komorama proizvoda sa jakim mirisima.

d) **Kvalitet proizvoda.** Na skladištenje se primaju samo proizvodi dobrog kvaliteta, pošto ni najsavršeniji načini koji uzimaju u obzir karakteristike pojedinih vrsta proizvoda, ne mogu obezbediti dugo skladištenje ako je kvalitet loš. Proizvodi



Slika 4.8. Pločasti uređaj za brzo smrzavanje

koji uslovno odgovaraju, stavljaju se u specijalnu komoru za defektne proizvode, gde se drže do uklanjanja oštećenja, ili do iznošenja iz hladnjače.

Namirnice dolaze na skladištenje ohlađene ili smrznute do temperature koja je obično jednaka temperaturi skladištenja. Ukoliko se desi da je temperatura u unutrašnjosti proizvoda 3–4 °C viša od temperature skladištenja, treba ga poslati na dohlađivanje ili naknadno smrzavanje.

## 4.2. Hlađenje u klimatizaciji

Najveći broj sistema za klimatizaciju u svom sastavu ima rashladne uređaje u kojima je radna materija rashladni fluid. Način njihovog dejstva sastoji se u termodinamičkom kružnom procesu u kome se dovođenjem energije oduzima toplota iz vazduha koji je predmet hlađenja. Proces hlađenja može biti direktan ili indirektan.



**Slika 4.9. Agregat za hlađenje vode (čiler)**

Rashladni uređaji koji se koriste u klimatizaciji, najčešće su i konstruisani za ovu namenu, ali ih i dalje izrađuju proizvođači rashladnih uređaja. Danas se u velike objekte ili komplekse zgrada (tržni centri, bolnice itd.) ugrađuju centralna postrojenja za hlađenje sa daljinskim snabdevanjem hladnom vodom. Stručnjak koji održava ove uređaje mora da poznaje njihova specifična svojstva vezana za problematiku primene u klimatizacionim sistemima,

da poznaje funkciju pojedinih jedinica u sistemu radi otklanjanja mogućih smetnji ili kvara, ali i da poznaje osobine rashladnih fluida sa aspekta zaštite okoline.

U opštoj upotrebi je nekoliko vrsta rashladnih uređaja namenjenih sistemu za komfornu klimatizaciju, koji prema načinu upravljanja mogu biti klasifikovani na:

- samostalne sisteme i
- sisteme sa daljinskim (centralizovanim) upravljanjem.

Samostalni sistemi obuhvataju:

- prozorske jedinice,
- zidne jedinice i
- paketne (kabinet) jedinice.

Sistemi sa daljinskim upravljanjem mogu biti:

- kondenzacione jedinice, kod kojih je isparivač instaliran u prostoriji koja se klimatizuje ili u glavnom kanalu i
- centralna postrojenja za klimatizaciju.

**Sobni klima-uređaji** (prozorske i zidne jedinice za hlađenje) su namenjeni klimatizaciji pojedinačnih prostorija (kancelarije, hotelske sobe i dr.). Najmanji sobni uređaji sa ugrađenom rashladnom mašinom su prozorske i zidne jedinice koje se mogu instalirati na simsu ili u otvoru zida ili u prozoru. Mogu biti različitih veličina sa motorom snage od 0,5 kW do 3 kW, tj. rashladnog učinka od 1,5 kW do 7,5 kW.

Sobni klima-uređaji radi tako što svež vazduh, usled rada ventilatora, prestrujava preko kondenzatora smeštenog u delu kućišta koje je van zgrade. U delu kućišta smeštenog unutar prostorije drugi ventilator ubacuje vazduh preko filtra i isparivača u hladeni prostor. Oba ventilatora mogu biti pogonjena jednim motorom.

Klima-uređaj sa ugrađenom rashladnom mašinom ima isparivač izrađen od rebrastih cevi. Kondenzator rashladne mašine može biti sa vodenim ili vazdušnim hlađenjem, ali je povoljnije vazdušno hlađenje kondenzatora jer je uređaju za rad dovoljan samo električni priključak. Protok vazduha kod ovih uređaja može biti od 1000 m<sup>3</sup>/h do 3000 m<sup>3</sup>/h, a rashladni učinak od 2 kW do 10 kW.

Postoji više tipova prozorskih jedinica. Jedna vrsta hladi i filtrira svež vazduh, druga pored navedenih funkcija greje prostor električnim grejačem smeštenim u delu kućišta unutar prostorije. Treći tip radi na principu toplotne pumpe, a u zavisnosti od potreba, hladi ili greje vazduh u prostoriji. Kondenzat se sa površine isparivača sliva na dno motora kompresora. Kontrola procesa hlađenja je pomoću kapilarne cevi ili automatskim ekspanzionim ventilom, dok rad cele jedinice kontroliše termostat. Na ulazu u isparivač postavlja se senzor, a ubičajena je temperaturska razlika od oko 3 °C.

Kod **klima-ormana** ceo sistem je upakovan u jednu celinu u kojoj su smeštene sve komponente za kondicioniranje vazduha. Pored ventilatora, filtra, razmenjivača toplote, kompresora, u klima-ormanu mogu biti i uređaji za vlaženje, komora za mešanje i elektroset za upravljanje, regulisanje i opsluživanje. Učinak ovih uređaja može biti od 6 kW do 30 kW, ali i više. Često se koriste u malim komercijalnim objektima kao što su restorani, prodavnice i banke.

Ovi uređaji koriste veći deo recirkulacionog vazduha iz prostorije u kojoj su smešteni, dok je udeo svežeg vazduha obično 20%. Postoje i klima-ormani koji rade isključivo sa spoljnim vazduhom.

Klima-ormani mogu imati kondenzatore hlađene vodom ili vazduhom. Vazduhom hlađeni modeli, koji se koriste na mestima gde je ograničena potrošnja vode, moraju imati vazdušne kanale za hlađenje kondenzatora izvedene u spoljnu sredinu. Koriste se, pre svega, za odvođenje osetne toplote i vrlo male količine latentnog toplotnog opterećenja. Pri isušivanju vazduha, snižavanjem površinske temperature delova toplotnog razmenjivača toplote, smanjuje se potrošnja energije.

Klima-ormani mogu biti snabdevani rashladnom energijom centralizovano, pomoću agregata hladne vode, ili decentralizovano, direktnom ekspanzijom.

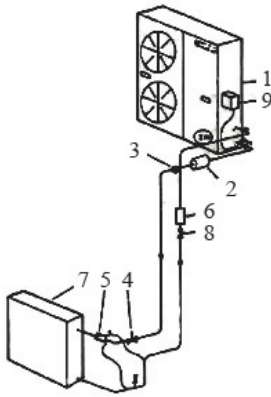
**Spilt sistemi** se sastoje iz unutrašnje i spoljne sekcije, koje su međusobno povezane izolovanim bakarnim cevima. Obe sekcije i vodovi za povezivanje su napunjeni rashladnim fluidom. U spoljnoj sekciji se nalazi hermetik kompresor (klipni ili pužni), vazduhom hlađeni kondenzator, filter-sušač, ventili, motor i ventilator. Unutrašnja sekcija se sastoji od isparivača, termostatskog ekspanzionog ventila, filtera za vazduh, motora i ventilatora.



Slika 4.10. Klima-orman

Unutrašnje jedinice mogu biti, saglasno mestu montaže, podne, zidne, plafonske, kanalske itd. Radni parametri se prate i automatski prikazuju na indikatorskom panelu unutrašnje jedinice. Rad sistema se obično reguliše daljinskim upravljačem.

U **centralizovanim postrojenjima** za klimatizaciju isparivač za direktno hlađenje vazduha instaliran je u centralni klimatizacioni uređaj. Proračun ovog tipa isparivača, termostatskih ekspanzionih ventila i kondenzatora vrši se prema tehničkim uslovima specifičnim za instalacije klimatizacije. U sistemima sa većim rashladnim



**Slika 4.11. Split sistem za klimatizaciju:** 1 – spoljna jedinica, 2 – filter-sušaač, 3 – vidno staklo, 4 – elektromagnetni ventil, 5 – termostatski ekspanzioni ventil, 6 – usisni akumulator, 7 – isparivač (unutrašnja jedinica), 8 – zaustavni ventil, 9 – regulator pritiska kondenzacije

učincima za hlađenje kondenzatora koristi se voda iz rashladnih kula ili vazduhom hlađeni kondenzatori koji sa kompresorom čine posebno rashladno kolo. Ako u sistemu postoji veći broj odvojenih rashladnih kola, potrebna je veća dozvoljena količina rashladnog fluida, jer se sigurnosna količina odnosi samo na kolo sa najvećom količinom punjenja.

Najzastupljeniji sistem hlađenja u klimatizaciji je indirektno hlađenje postrojenjima za hlađenje vode (ili mešavine). Prednost ovog sistema se ogleda u tome što je regulaciono kolo klimatizacionog postrojenja odvojeno od postrojenja za hlađenje, što je protok hladne vode preko hladnjaka vazduha i što je temperatura hladne vode približno ista tokom celog procesa hlađenja.

Rashladni uređaji za hlađenje vode, koji se koriste u industrijskim procesima ili u komfornim klima-postrojenjima, proizvode se kao agregati za hladnu vodu, odomaćenog naziva – čileri. U rashladnim agregatima se najčešće koriste klipni, vijčani i turbokompresori. Bez obzira na tip kompresora, rashladni ciklus je praktično isti u svim rashladnim agregatima. Pogon kompresora može biti na više načina, a najčešći pogon je električni motor. Pokretanje kompresora benzinskim, dizel ili gasnim motorima, gasnim ili parnim turbinama, obično je korišće-

no kada je potrebna električna energija bila nedovoljna, ali se danas zbog potrebe za štednjom energije i korišćenjem rekuperacije toplote ova rešenja sve češće primenjuju.

Veličinu rashladnog agregata određuje učinak, koji se definiše prema karakterističnim nazivnim temperaturama. Na primer, standardne projektne temperature vode za hlađenje su:

- ulaz hladne vode,  $t_{hu}$ , 12 °C,
- izlaz hladne vode,  $t_{hi}$ , 7 °C.

Pri dimenzionisanju isparivača i kondenzatora polazi se od pretpostavke da je temperatura isparavanja ~ 5 K niža od temperature hladne vode na izlazu, a da je temperatura kondenzacije 3 K do 5 K viša od temperature hladne vode na izlazu.



---

## Rashladni fluidi

Rashladni fluid je radna materija rashladnih uređaja koja pri procesu hlađenja kruži kroz zatvoreni sistem. U kompresionim rashladnim instalacijama rashladni fluid isparava pri niskim temperaturama i odvodi toplotu od materije koja se hladi, dok pri procesu kondenzacije, predaje toplotu fluidima za hlađenje pri relativno visokim temperaturama. Da bi mogao da izvršava ovaj zadatak, rashladni fluid mora da poseduje izvesna fizička, hemijska i termodinamička svojstva i da pored toga bude bezbedan i ekonomičan u toku eksploatacije.

*Toplota isparavanja* rashladnog fluida treba da je što veća, jer je u tom slučaju potreban manji protok fluida koji cirkuliše kroz instalaciju.

*Specifična toplota* tečnog rashladnog fluida treba da je što manja.

*Molekularna masa* određuje termodinamičke karakteristike rashladnog fluida i treba da bude što je moguće manja.

*Rad sabijanja* pare rashladnog fluida treba da je što manji.

*Kritična temperatura* rashladnog fluida treba da je što viša od maksimalno moguće temperature kondenzacije, da bi se para mogla kondenzovati u kondenzatoru.

*Specifična zapreminska rashladna sposobnost* rashladnog fluida treba da je što veća jer su dimenzije kompresora, cevovoda i drugih elemenata instalacije manje.

*Koeficijent provođenja* toplote i koeficijent prelaza toplote treba da je što veći, čime se smanjuju dimenzije razmenjivača toplote.

*Temperatura smrzavanja* treba da bude niža od najniže temperature koja može da se pojavi u instalaciji.

*Pritisak kondenzacije* treba da bude što niži, a *pritisak isparavanja* što viši. Manja razlika između pritiska isparavanja i pritiska kondenzacije smanjuje snagu za pogon kompresora. Pri niskim pritiscima isparavanja (ispod atmosferskog pritiska) otežano je zaptivanje instalacije i povećana je mogućnost prodora vazduha i vlage u sistem. Visoki pritisci kondenzacije zahtevaju veće dimenzije elemenata sistema koji se nalaze na strani visokog pritiska.

*Nezapaljivost i neeksplozivnost* bitne su osobine rashladnog fluida za bezbednost osoblja i instalacije.

*Dielektrična otpornost* rashladnih fluida treba da je visoka kako bi se obezbedio pouzdan rad poluhermetičkih i hermetičkih kompresora.

*Manja viskoznost* rashladnog fluida smanjuje pad pritiska u cevovodu i poboljšava prelaz toplote.

*Korodivno dejstvo* kao osobina rashladnog fluida nije poželjno, pogotovo u kontaktu sa uljima za podmazivanje.

*Stabilan hemijski sastav* fluida je bitan na svim pritiscima koji vladaju u rashladnom sistemu.

*Rastvorljivost vode* u rashladnom fluidu je od velike važnosti za rad instalacije, pogotovo kada se radi o temperaturama isparavanja nižim od 0 °C.

*Netoksičnost* rashladnog fluida je od velike važnosti, pogotovo za instalacije koje se ugrađuju u prostorima u kojima se okuplja veći broj ljudi ili u kojima se nalaze prehrambeni proizvodi. To znači da rashladni fluid ne sme da ima štetno dejstvo na ljude i namirnice.

Kontrola isticanja rashladnog fluida treba da je moguća na lak i jednostavan način.

*Cena* rashladnog fluida je bitan faktor, pogotovo za instalacije većeg rashladnog učinka.

*Sposobnost mešanja ulja* za podmazivanje sa rashladnim fluidima zavisi od vrste fluida i radnih temperatura. Pri nižim temperaturama i višim pritiscima rastvorljivost para rashladnih fluida je veća i obratno. Sposobnost mešanja rashladnih fluida i ulja ima značajan uticaj na konstrukciju elemenata kao i na način izvođenja instalacija u celini. Dobro mešanje fluida i ulja obezbeđuje bolji rad kompresora i jednostavnije izvođenje instalacije.

## 5.1. Klasifikacija rashladnih fluida

Klasifikacija rashladnih fluida bazira se na američkom standardu ANSI/ASHRAE 34–2010, pod nazivom „Obeležavanje i klasifikacija sigurnosti rashladnih fluida“. Ova klasifikacija daje mogućnost obeležavanja svih rashladnih sredstava prema njihovom hemijskom sastavu.

Oznaka rashladnih fluida sastoji se iz prefiksa i sufiksa, tj. svaki fluid se obeležava slovima i brojevima. Prefiks se sastoji od slova R, za rashladni fluid, od engleske reči *refrigerant*. Na primer, R22, R134a, R717.

Ponekad se umesto slova R koriste i druga slova (C, F, B i H), što ukazuje na prisutnost ugljenika, fluora, broma i vodonika ili kombinacije ovih elemenata u sastavu rashladnog fluida. Jedinjenja koja sadrže vodonik na prvom mestu oznake imaju slovo H. Na primer, HCFC22, HFC134a. Ovaj način obeležavanja se koristi samo u netehničkim informacijama, dok su oznake proizvođača (SUVA, KLEA, FORANE i dr.) ne mogu koristiti u službenim dokumentima.

U poslednje vreme u rashladnu tehniku se sve više uvode novi rashladni fluidi, čiji sastav čine mešavine već postojećih rashladnih fluida.

U sastav azeotropnih mešavina ulaze dva ili više rashladnih sredstava, koji imaju slične tačke ključanja i deluju kao jedan fluid. Komponente azeotropnih mešavina ne razdvajaju se pod normalnim uslovima eksploatacije, a mogu se dodavati u rashladni sistem i u parnom stanju. Azeotropne mešavine nose identifikacioni broj 500. Na primer R502, R507 itd.

Zeotropne mešavine su približno slične azeotropnim mešavinama, s tim što kod tih mešavina temperature isparavanja klizaju u toku procesa (početak i kraj procesa) za više od 5 °C. Zeotropne mešavine se unose u rashladni sistem samo u tečnom stanju. Njihov identifikacioni broj je 400. Na primer: R407A, R407B, R407C.

Ostala organska jedinjenja imaju identifikacioni broj 600. Na primer R600a (izobutan).

Neorganska jedinjenja imaju identifikacioni broj 700, uz dodatak oznake za relativnu molekularnu masu jedinjenja. Na primer R717 (amonijak) ima molekularnu masu 17.

Rashladni fluidi se dele na dve grupe sigurnosti prema ANSI/ASHRAE Standardu 34–2010, u grupu A i grupu B. Pripadnost određenoj grupi zasnovana je na koncentraciji rashladnog fluida u vazduhu, prema bezbednom boravku osoblja u posmatranoj sredini. Klasa A je niže toksičnosti od klase B.

Rashladna sredstva se prema zapaljivosti dele u tri grupe (1, 2, ili 3). Manje zapaljiva jedinjenja pripadaju grupi 1, a ona koja imaju najveći stepen zapaljivosti svrstana su u grupu 3.

**Tabela 5.1. Klasifikacija rashladnih fluida po grupama sigurnosti**

<b>Visoki stepen gorivosti</b>	A3 R170, R290, R600a, R1150	B3 R1140
<b>Niži stepen gorivosti</b>	A2 R32, R142b, R143a, R152a	B2 R717 (NH3)
	A2L*	B2L*
<b>Negoriv</b>	A1 R11, R12, R22, R125, R134a, R407C, R507, R404A, R744	B1 R123, R764, R21
	Niža toksičnost	Viša toksičnost

\*) Niža gorivost, ali maksimalna brzina sagorevanja.

## 5.2. Vrste rashladnih fluida

Rashladni fluidi koji se koriste u rashladnim sistemima, a postoje u velikom broju, imaju svoje mane i prednosti u zavisnosti od namene, oblasti primene i vrste rashladne instalacije odnosno od korišćene opreme. Kao posledica štetnog uticaja različitih hemijskih jedinjenja na budućnost Zemlje, među kojima i nekih fluida koji se koriste i u rashladnim instalacijama, nastao je Montrealski protokol. Po mišljenju mnogih naučnika, političara, humanista i drugih, ovo je najefikasniji protokol o dobrim namerama za spas čovečanstva u celoj njegovoj istoriji.

Montrealski protokol izrastao je iz potrebe očuvanja ozonskog omotača i tačno određuje materije sa štetnim uticajem, a propisane su mere i rokovi za potpuno ukidanje njihove proizvodnje i upotrebe. Reč je o brojnim hemikalijama koje je proizveo čovek, čije su zajedničke osobine da su u donjim slojevima atmosfere izvanredno postojane, uglavnom netopive u vodi, sadrže hlor ili brom, ostaju dugo vremena u vazduhu i postupno dospevaju u sve delove atmosfere, pa i u stratosferu gde se razgrađuju delovanjem sunčevog zračenja, oslobađajući atome hlora ili broma koji uništavaju ozon.

Najopasnije hemikalije za ozonski omotač su hlorofluorougļjovodonici (CFC) i haloni (sadrže brom). Hlorofluorougļjovodonici se koriste kao rashladni fluid, gas

**Tabela 5.2. Klasifikacija nekih rashladnih fluida**

Simbol rashladnog fluida	Naziv	Sastav	Klasifikacija
<i>(Mass percentage)</i>			
<b>NEORGANSKA JEDINJENJA</b>			
R717	amonijak	NH <sub>3</sub>	B2
R718	voda	H <sub>2</sub> O	A1
R744	ugljen-dioksid	CO <sub>2</sub>	A1
<b>ORGANSKA JEDINJENJA</b>			
<b>Ugljovodonici</b>			
R170	etan	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	A3
R290	propan	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	A3
R600a	izobutan	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	A3
<b>HLOROFLUOROUGLJENICI (CFC) I BROMOFLUROUGLJENICI (BFC)*</b>			
R11	trihlorofluorometan	CCl <sub>3</sub> F	A1
R12	dihlorodifluorometan	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	A1
R113	1,1,2-trihloro-1,2,2-trifluoroetan	CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub>	A1
R114	1,2-dihloro-1,1,2,2-tetrafluoroetan	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	A1
R115	hloropentafluoroetan	CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub>	A1
<b>HIDROHLOROFLUROUGLJENICI (HCFC)</b>			
R22	hlorodifluorometan	CHClF <sub>2</sub>	A1
R141b	1,1-dihloro-1-fluoroetan	CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> F	A2
R142b	1-hloro-1,1-difluoroetan	CH <sub>3</sub> CClF <sub>2</sub>	A2
<b>HIDROFLUROUGLJENICI (HFC)</b>			
R32	difluorometan	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	A2
R125	pentafluoroetan	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	A1
R134a	1,1,1,2-tetrafluoroetan	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	A1
R143a	1,1,1-trifluoroetan	CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	A2
R152a	1,1-difluoroetan	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	A2
<i>Azeotropске mešavine</i>			
R502	R22/R115 (48,8%/51,2%)		A1
R507	R125/R143a (50%/50%)		A1
<i>Zeotropске mešavine</i>			
R404A	R125/R143a/R134a (44%/52%/4%)		A1
R407C	R32/R125/R134a (23%/25%/52%)		A1
R410A	R32/R125 (50%/50%)		A1

\*) Po Montrealskom protokolu zabranjena primena.

u limenkama aerosola, sredstvo za naduvavanje u proizvodnji fleksibilnih (poliuretanskih) pena. Haloni su još snažniji uništavači ozona, a pretežno se koriste za gašenje požara i neće se u ovoj knjizi posebno razmatrati.

Nabrojane i mnoge druge štetne hemikalije upravo su Montrealskim protokolom predviđene za povlačenje iz upotrebe. Dosadašnjom aktivnošću postignut je napredak u prestanku upotrebe CFC-a u proizvodnji pena i aerosola, dok se proizvodnja tih hemikalija u aerosolima za medicinsku pomoć povećala.

Stručnjaci predviđaju da bi do potpunog ozdravljenja ozonskog omotača, ako bi se pridržavali Montrealskog protokola, moglo doći oko 2050. godine.

Rashladni fluidi koji su prvi došli pod udar Montrealskog protokola (Grupa I, aneks A) jesu CFC-i (najrasprostranjeniji rashladni fluidi):

- $\text{CFCl}_3$  (R11),
- $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  (R12),
- $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$  (R113),
- $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$  (R114),
- $\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$  (R115).

Ova grupa rashladnih fluida ima vrlo visok potencijal razgradnje ozona (engl. ODP – Ozon Depleting Potential). Rashladni fluidi čiji je ODP jednak ili približno jednak nuli, zameniče sve, za okolinu, nepovoljne rashladne fluide čiji je globalni potencijal zagrevanja (engl. GWP – Global Warming Potential) takođe nepovoljan.

### 5.3. F rashladni fluidi

Rashladni fluidi na bazi ugljovodonika, metana i etana kod kojih su posebnim tehnološkim procesima atomi vodonika, delom ili potpuno, zamenjeni halogenim elementima hlora, fluora i ređe broma, imaju široku primenu u rashladnoj tehnici. U praksi se ovi fluidi nazivaju zajedničkim trgovačkim imenom freoni (F), a tip je bliže određen brojem. Međutim, kako je ranije rečeno, R je standardna oznaka, pa će se u daljem tekstu ona i koristiti. Freoni koji se više ne koriste i čija je upotreba zabranjena Montrealskim protokolom, neće se posebno analizirati ukoliko to nije potrebno u cilju lakšeg uvođenja novih fluida praksu. U tabeli 5.2 navedeni su freoni koji se više ne koriste i novi koji ih zamenjuju.

#### 5.3.1. R134a

R134a je HFC, sa ODP-om jednakim nuli i karakteristikama vrlo sličnim R12. Koristi se kao čisto jedinjenje u tradicionalnim sistemima u kojima je ranije korišćen R12 (klima-uređaji, frižideri, auto-klima, proizvodnja hrane i skladištenje, industrijsko hlađenje i dr.). Takođe se koristi kao komponenta u rashladnim mešavinama koje zamenjuju R502 i R22.

Osim toga, R134a se koristi kao zamena za R12 i R500 u postrojenjima sa centrifugalnim i kompresorskim agregatima i u industrijskim rashladnim postrojenjima sa poluhermetičkim klipnim i vijčanim kompresorima.

Ovaj rashladni fluid je vrlo brzo našao zamenu u novim uređajima i postrojenjima u oblasti klimatizacije, transporta i u komercijalnim uređajima. U domaćinstvima se još uvek u eksploataciji nalaze uređaji sa R12, međutim u novim proizvodima koristi se R134a.

Rastvaranje ulja u rashladnom fluidu je uvek osetljivo pitanje, zbog čega se mora voditi posebna pažnja o obezbeđenju povratka ulja u kompresor, zbog čega, pri intervenciji na instalaciji, ne treba menjati koncepciju proizvođača.

R134a se ne meša sa mineralnim uljima. Mnogi proizvođači opreme preporučuju polilesterska ulja, dok se polialkiene-glikol koristi samo za klimatizaciju u automobilskoj industriji.

Preporučena ulja su vrlo higroskopna, pa je rukovanje njima vrlo delikatno i treba izbegavati njihovo izlaganje vazduhu.

Novoprojektovana oprema sa R134a ima istu energetska efikasnost kao i pri upotrebi R12, međutim, treba imati na umu neke detalje:

- pri temperaturi ispod  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  pritisak u odnosu na R12 je viši a učinak može biti manji. Potrebno je konsultovati proizvođača opreme za posebne preporuke pri primeni ovog fluida za niske temperature isparavanja;

- proizvođači opreme preporučuju pothlađivanje tečnog rashladnog fluida da bi se postigle iste karakteristike kao kod R12.

Da bi se obezbedila kvalitetna zamena R12 sa R134a, potrebno je sprovesti određenu proceduru i to:

- obavezna je zamena postojećeg ulja odgovarajućim, po preporuci proizvođača opreme; starog ulja u instalaciji ne sme zaostati više od 5% ukupne zapremine;

- proveriti kompatibilnost materijala u sistemu za hlađenje koji može uticati na pouzdanost sistema;

- proveriti karakteristike R134a u odnosu na tražene parametre uređaja;

- upotreba R134a, zbog otežanog istakanja ulja i ispiranja u instalacijama sa hermetik kompresorima, nije ekonomična. Umesto R134a može se upotrebiti R409A koji se dobro meša sa mineralnim i alkilbenzenskim uljima.

Komercijalno pakovanje R134a je u tankovima od 20 t i 0,9 t, ili u bocama od 13,6 kg.

### 5.3.2. R22

R22, kao i R12, spada u grupu rashladnih fluida pod zajedničkim nazivom fluorouglenici, sa temperaturom isparavanja na atmosferskom pritisku od  $-40,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperaturom smrzavanja  $-146\text{ }^{\circ}\text{C}$  i specifičnom težinom u tečnoj fazi pri temperaturi od  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  od  $1,285\text{ kg/dm}^3$ .

R22 nije stabilan kao R12, ali se ne raspada na temperaturama koje se obično javljaju u rashladnim instalacijama. U pogledu ponašanja prema metalima i ostalim materijalima, R22 ima veoma slična svojstva kao i R12. R22 nije otrovan kao i R12, ali u većim koncentracijama smanjuje procenat kiseonika u vazduhu i izaziva gušenje. U blizini instalacija koje rade sa R22, treba izbegavati pušenje i paljenje vatre, pošto se R22 raspada u prisustvu plamena i produkti raspadanja su otrovni gasovi.

### 5.3.3. R123

R123 je jednokomponentni rashladni fluid čije su karakteristike slične R11. To je fluid sa najmanjim negativnim uticajem na životnu sredinu i kao takav predstavlja kvalitetnu zamenu za R11. Najveći broj niskopritisnih centrifugalnih agregata za hlađenje vode projektovan je da koristi R123. Karakteristike ovog rashladnog fluida su vrlo slično R11, tako da pri zameni nije potrebno menjati ulje. Bez obzira na

tu činjenicu, potrebno je konsultovati proizvođača agregata s obzirom na uticaj fluida na neke materijale, pre svega one u kompresoru.

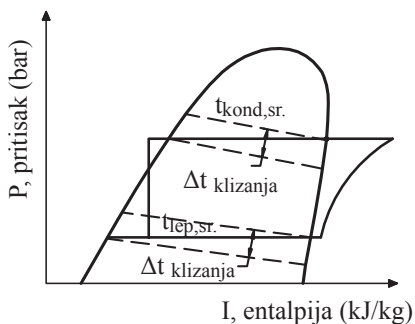
## 5.4. Mešavine

Mešavine se sastoje iz dve ili više komponentenata rashladnih fluida. Svaka od ovih komponentenata ima svoje karakteristične odnose pritisak–temperatura i fizičke karakteristike, kao što su gustina, toplota isparavanja i koeficijent prolaza toplote. Da bi se zadržala karakteristika svake pojedinačne komponente u mešavini, njihov odnos mora biti u određenoj proporciji.

Kod višekomponentnih mešavina posebnu pažnju treba obratiti na pritisak i temperaturu u zoni između dve granične krive u  $p$ - $i$  dijagramu, jer ove veličine nisu konstantne kao što je to slučaj kod jednokomponentnih fluida i CFC fluida (slika 5.1). Ova pojava naziva se klizanje temperature i iznosi i do 7 °C. To je razlog što kod višekomponentnih fluida nije dozvoljeno punjenje i dopunjavanje instalacija parom rashladnog fluida, već samo u tečnom stanju.

Azeotropne mešavine su specijalan slučaj u kome se komponente mešaju na određen način, a da se pri tome komponente ne odvajaju. To su mešavine: R500, R502, R503, R507 i R508B. One se kod nas praktično ne koriste, pa o njima neće biti posebno govora.

Zeotropne mešavine imaju odnos pritisak–temperatura u logičnoj kombinaciji karakteristika samih komponentenata.



Slika 5.1.  $p$ - $i$  dijagram (mešavine)

### 5.4.1. R404A

R404A je HFC veoma sličan azeotropskoj mešavini 52%\*) R143a, 44% R125 i 4% R134a. Može biti zamena za R22 i R502 i koristi se u srednje i nisko temperaturnim rashladnim sistemima. U poslednje vreme masovno se koristi u komercijalnim rashladnim uređajima, rashladnim komorama, ledomatima i u industrijskom hlađenju. Koristi se i kao zamena za R502. Klizanje temperature je manje od 1 °C, što nije bitno za mnoge primene. Iz tih razloga ovaj fluid se često koristi kod potopljenih isparivača. Dopunjavanje sistema sa R404A vrši se tečnim fluidom.

Za nove instalacije izbor veličine kompresora i drugih elemenata je istovetan kao i kod instalacija u kojima se koristi R502. U sistemima sa R404A mora se koristiti poliolester-sko (POE) ulje da bi se obezbedila kompletna rastvorljivost između ulja i rashladnog fluida. Ovo je naročito važno zbog vraćanja ulja u kompresor kod instalacija sa dugačkim cevovodima. Pri zameni potrebno je konsultovati proizvođača kompresora zbog materijala koji se koriste u kompresoru. Količina ulja koja se zamenjuje je 5% manja u odnosu na količinu prethodno kporišćenog ulja sa R502.

\*) Težinski procenat.

Temperatura isparavanja, pri normalnom pritisku, je  $-46,5$  °C. Boja boce (kontejnera) za skladištenje je oranž.

#### **5.4.2. R407C**

R407C je zeotropna hidrofluorouglenična mešavina R32 (23%), R125 (25%) i R134a (52%). R32 utiče na toplotni kapacitet. R125 utiče na snižavanje zapaljivosti. R134a utiče na sniženje pritiska, a po svojim karakteristikama vrlo je sličan R22 i koristi se u klimatizacionim jedinicama. R407C koristi mineralno ulje tipa poliester. Boja boce za skladištenje je svetlo braon.

#### **5.4.3. R410A**

R410A je približno azeotropna mešavina R32 (50%) i R125 (50%). Ovaj rashladni fluid ima više radne pritiske u odnosu na R22, zbog čega su elementi rashladnih instalacija teži. Koristi se u komercijalnim uređajima, klimatizerima, agregatima za hlađenje vode i zamrzivačima.

R410A se ne može direktno zameniti sa R22, jer su mnogo viši pritisci i rashladni učinci u sistemima sa R410A, zbog čega su rashladni sistemi specijalno projektovani za taj rashladni fluid. Iz istih razloga potrebno je koristiti poseban alat i pribor za montažu i održavanje. U instalacijama sa R410A koristi se isključivo poliestersko ulje. Što se tiče sigurnosti, R410A podleže sličnim uslovima zaštite, uz napomenu da su pritisci u bocama za čuvanje rashladnog fluida viši u odnosu na R22. Nije dozvoljeno mešanje vazduha i kiseonika sa rashladnim fluidom pri ispitivanju zaptivenosti sistema ili probe na pritisak. Azot se može koristiti za probu na propustljivost i ispitivanje sistema na pritisak. Punjenje instalacije sa R410A vrši se samo u tečnom stanju fluida. Boja boce za skladištenje je ružičasta.

### **5.5. Prirodni fluidi**

Pod uticajem naučno-stručne javnosti i učestalih upozorenja koja upućuju na razgradnju ozonskog sloja i gasova sa efektom staklene bašte, intenzivirana su proučavanja primene prirodnih fluida, tzv. „zelenih gasova“. Karakteristike prirodnih fluida su poznate u praksi, ali s obzirom na određene poteškoće, osim za rashladni fluid – amonijak, nisu do sada našli širu primenu. Njihov kvalitet uslovljen je posebnim tehničko-tehnološkim rešenjima. Tu pre svega spadaju:

– amonijak (R717) čiji je ODP 0, a GWP manji od 1; prosečan vek u atmosferi je 1 godina;

– propan (R290), ODP 3, GWP 20; prosečan vek u atmosferi 20 godina;

– izobutan (R600a), ODP 0, GWP 3; prosečan vek u atmosferi 3 godine;

– propilen (R1270), ODP 0;

– etan (R170), ODP 0;

– ugljen-dioksid (R744), ODP 0, GWP 1; prosečan vek u atmosferi 50 godina.

#### **5.5.1. R717 (amonijak)**

R717, amonijak, najduže je u upotrebi kao rashladni fluid i bez njega se ne mogu zamisliti veće hladnjače i tehnološki procesi. On je biodegradabilan (koji se razlaže dejstvom bakterija), u vazduhu „živi“ do 17 dana, a u spoju sa vlagom iz vazduha formira talog vode i amonijaka. U sistemima klimatizacije i komercijalnog



hlađenja koristi se u sprezi sa sekundarnim rashladnim fluidom kako bi se izbegla kontaminacija hlađenog prostora od isticanja amonijaka. U takvim instalacijama amonijačni deo instalacije smešta se u posebni mašinski prostor gde se strogo kontroliše prisustvo amonijaka u vazduhu. U klimatizaciji gde nije moguće obrazovati poseban prostor za smeštaj amonijačnog dela instalacije, punjenje amonijaka svedeno je na najmanju moguću meru.

Termička svojstva amonijaka su takva da njegovo korišćenje omogućuje mnogo ekonomičniji rad nego sa bilo kojim drugim rashladnim fluidom.

Temperatura ključanja amonijaka na atmosferskom pritisku je  $-33,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a temperatura smrzavanja  $-77,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Težina tečnog amonijaka na  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  je  $0,64\text{ kg/dm}^3$ . Amonijak je stabilan ispod temperature od  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dok iznad ove temperature može da dođe do razlaganja na vodonik i na azot. Čist amonijak ne gori, ali vodonik koji može da se javi jako je zapaljiv. Smeša vodonika, amonijačnog gasa i ulja, do koje može lako da dođe, predstavlja opasnost od eksplozije.

Amonijak u smeši sa vazduhom, pri koncentracijama između 13% i 27% je eksplozivan, i zbog toga treba voditi računa da se otvoren plamen ne nalazi u prostorijama gde bi moglo da dođe do stvaranja smeše amonijaka i vazduha.

Amonijak je jako otrovan gas. Već pri koncentraciji u vazduhu od 0,01% ( $0,07\text{ g/m}^3$  vazduha) deluje nadražujuće, ali se smatra da je bezopasan do koncentracije od 0,03% ( $0,2\text{ g/m}^3$ ). Koncentracija od 0,25% ( $1,8\text{ g/m}^3$ ) je opasna za udisanje duže od pola sata, a koncentracija od preko 0,5% ( $3,5\text{ g/m}^3$ ) može da bude smrtonosna.

Amonijak ima karakterističan, neprijatan miris po kome se odmah poznaje. Udisanje manjih koncentracija amonijaka (do 0,035%) izaziva nadražaj u nosu i očima, glavobolju, crvenilo na licu i znojenje. Naročito je neprijatno prvih pet minuta, posle čega dolazi do izvesnog privikavanja. Po izlasku na svež vazduh, ovi simptomi ubrzo nestaju. Pri većim koncentracijama amonijak napada sluzokožu organa za disanje i rožnjaču u očima. Dolazi do osećanja gušenja, napada kašlja, povraćanja i nesvestice. Kod još većih koncentracija, smrt može nastupiti usled edema pluća u roku od 3 do 7 dana.

Dodir tečnog amonijaka sa kožom može da izazove opekotine. Pri trovanju amonijakom treba odmah potražiti lekarsku pomoć, a do dolaska lekara uraditi sledeće:

- pri onesvešćivanju, izneti povređenog na čist vazduh i raskopčati mu košulju kako bi lakše disao, a ako je potrebno primeniti i veštačko disanje;
- pri povredi očiju, odmah ih isprati vodom ili rastvorom 3% borne kiseline u vodi;
- opekotine na koži dobro isprati vodom.

Hrana ili tečnost koje dođu u dodir sa amonijakom, otrovni su i ne mogu se upotrebljavati.

Amonijak nije korozivan prema gvožđu i čeliku, a jeste u vrlo maloj meri prema aluminijumu.

Prema ostalim metalima amonijak je korozivan u prisustvu vode, a kako je skoro nemoguće izbeći izvesnu malu količinu vode u instalaciji, to se amonijačne instalacije grade od elemenata izrađenih od gvožđa i čelika, dok se ponekad aluminijum upotrebljava za zaptivanje.

Amonijak, takođe, ne nagriza gumu, ali je za zaptivanje ipak najbolje primeniti klingerit ili teflon.

Bakar, mesing i njegove legure ne mogu se primeniti za izradu elemenata rashladnih instalacija i za zaptivanje.

### 5.5.2. R290, R690, R1270 i R170

R290, R690, R1270 i R170 kao ugljovodonici smatraju se zbog svojih osobina pogodnim za upotrebu, jer ne izazivaju efekat staklene bašte (zanemarljiv GWP) i imaju nizak potencijal ragrađnje ozona (prklično ODP jednak nuli). Termodinamička svojstva su im dobra ili prihvatljiva, rastvorljivost u uljima je prihvatljiva kao i njihova kompatibilnost sa uobičajeno korišćenim materijalima, ali sa druge strane su veoma zapaljiva.

Ovi fluidi imaju praktičnu primenu u instalacijama sa malim punjenjem, bez problema ili većeg rizika.

Izobutan se danas koristi skoro isključivo u frižiderima i zamrzivačima u domaćinstvu, kao i u manjim komercijalnim uređajima. Zbog malih punjenja rashladnog fluida u ovim instalacijama ne postoji opasnost od požara i eksplozija. Mešavina izobutana i propana uglavnom se koristi u rashladnim sistemima u transportnim uređajima. Propan se koristi u komercijalnim rashladnim uređajima u vitrinama u samouslugama, kao i u toplotnim pumpama manjih učinaka.

Treba napomenuti da propan (R290) ima slična termodinamička svojstva kao R22. Svi ugljovodonici imaju dobru rastvorljivost u mineralnim i sintetičkim uljima (AB), ali je njihova rastvorljivost velika u kombinaciji sa poliesterskim uljima. Potpuna i delimična rastvorljivost postoji sa polialkalnim glikolima i polialkalnim olefinima. Evropska direktiva PED (97/23/EC)<sup>\*)</sup> zabranjuje upotrebu hermetičkih kompresora kada je punjenje ugljovodonika veće od 0,15 kg. Za poluhermetičke kompresore nema ograničenja.

## 5.6. Upotreba rashladnih sredstava

Klimatizacioni i rashladni sistemi pretrpeli su značajne promene od Montrealskog protokola i usvajanja Akta o čistom vazduhu. U SAD stupila je na snagu zabrana proizvodnje opreme koja koristi R22. S obzirom na to koliko je primena R22 rasprostranjena u sistemima klimatizacije, ovo je evidentno veliki problem.

Najveći deo industrije KGH koristi R11, R12, R502 i R22. Rashladni fluidi, kao što su R500, ili R114, korišćeni su u specifičnim instalacijama i, stoga, u mnogo manjim količinama u odnosu na R12, R502 i R22.

R11 se uglavnom koristio u niskopritisnim rashladnim agregatima, gde se može zameniti sa R123. U industriji R123 nije široko prihvaćen, uprkos prednosti u pogledu smanjenja emisija, veće efikasnosti i izuzetnih osobina. Neki korisnici i proizvođači opreme smatraju da R123 ne treba povući iz upotrebe, dok su ga drugi zamenili i počeli proizvodnju opreme koja koristi R134a.

U svim auto-klimama i sistemima koji rade u opsegu srednjih i visokih temperatura hlađenja dominantna zamena za R12 je R134a.

<sup>\*)</sup> *Pressure Equipment Directive (PED).*

U rashladnim sistemima sa srednjim i niskim temperaturama najčešća zamena za R502 je R404A ili R507A. Neretko se korisnici odlučuju i za privremeno korišćenje R22, zbog niske cene i mogućnosti nabavke rezervnih delova i opreme. To je čudno s obzirom da je R502 i proizveden kao direktna zamena za R22 u niskotemperaturnim rashladnim sistemima. Stoga se R410A, koji se koristi u klimatizaciji, sve više koristi kao rashladni fluid.

S druge strane, R410A pokazuje dobre rezultate kao rashladni fluid i čak daje bolji učinak i efikasniji je od R404A. Oprema prilagođena radu sa ovim fluidom mora kompenzovati više temperature u potisu kompresora i veće radne pritiske. Pri tome R410A mora zadovoljiti:

- propise Evropske unije u pogledu globalnog otopljavanja,
- potrebe tržišta kompresora i rashladne opreme i
- potrebe tržišta za zamenom postojećeg fluida.

Još uvek nije lako odlučiti se između R404A i R507A. R404A je trokomponentna mešavina, dobijena iz dvokomponentnog R507a, sa dodatkom male količine R134a u cilju smanjenja radnog pritiska.

### 5.7. Zamena postojećih rashladnih fluida

R22 koji se koristi i u klimatizaciji i u rashladnim postrojenjima, zamenjuje se ne jednim, već sa dva proizvoda, saglasno njihovoj nameni. U klimatizaciji (posebno u stambenim i manjim poslovnim objektima) zamena za R22 je R410A. Bez obzira na proizvodnju R410A i proizvodnju odgovarajuće opreme, vreme zamene R22 u postojećim instalacijama nije ograničeno. To znači da će se R22, bez obzira na planove EU o zameni štetnih materija, proizvoditi i koristiti za servisiranje postojećih instalacija sve do 2020. godine.

**Tabela 5.3. Primeri zamene CFC i HCFC fluida**

Primena	Ranije korišćeni CFC-i	Zamena
Rashladni i klima-uređaji	R12, R11, R13; R22, R113, R114, R115	R23, R134a, R507, R125, R143a, R410, R32 i R125
Sadržaj u medicinskim aerosolima	R114	R134a, R227
Sredstva za naduvavanje pena	R11, R113, R141b	R245fa, R365 MFC
Odmaščivanje, sredstva za čišćenje	R11, R113	Nijedan

Postoji nekoliko proizvoda predviđenih kao zamena za R22, a koji od njih će biti upotrebljen, zavisi od namene sistema. U rashladnim postrojenjima koriste se R404A/R507A, R407C i R417. U poslednje vreme, obim proizvodnje R417 se smanjuje. U sistemima klimatizacije koriste se R407C i R417A.

Nezavisnim laboratorijskim ispitivanjima utvrđeno je da nijedan od pomenutih rashladnih fluida ne postiže osobine R22. R404A i R407C, koji imaju osobine najbližnije osobinama R22, zahtevaju obaveznu zamenu postojećeg ulja u sistemu novim poliesterskim uljem (POE).

Korisnici R417A imaju pravo da zadrže postojeće ulje u sistemu i po cenu lošijih karakteristika rada sistema. U svakom slučaju zamena postojećih rashladnih fluida će se nastaviti bez obzira na usputne kompromise. Treba napomenuti da R410A ne može biti zamena za R22, jer radi na pritiscima višim od onih predviđenih za rad opreme sa R22.

Vodonik-ugljenici (HC), amonijak (NH<sub>3</sub>) i ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>) bili su korišćeni ili se još uvek koriste u klimatizaciji i rashladnim postrojenjima. Pomenuti rashladni fluidi smatraju se „zelenim“ ili bar „zelenijim“ fluidima od postojećih HFC-ova, posebno sa aspekta globalnog zagrevanja.

HC-ovi se već nekoliko godina koriste u frižiderima, ali se u nekim evropskim državama forsira R134a. U SAD je zabranjeno korišćenje HC-ova. HC-ovi su relativno jeftini, kompatibilni sa mineralnim uljima i imaju nizak direktni potencijal globalnog zagrevanja.

CO<sub>2</sub> se više ne koristi u komercijalnim sistemima, mada je njegoa primena ranije bila značajna. Zamenjen ja rashladnim fluidima kao što su CFC-ovi. Primenjuje se u evropskoj automobilskoj industriji kao zamene za R134a u sistemima mobilne klimatizacije, zbog niskog GWP-a. Ima i bolje osobine od R134a u režimu grejanja kod toplotnih pumpi. Loše osobine CO<sub>2</sub> su vrlo visok radni pritisak (približno 10 puta veći nego kod R134a), veća težina sistema, veća cena sistema i lošije karakteristike rada sistema pri višim temperaturama okoline u odnosu na sisteme koji koriste R134a.

**Tabela 5.4. Uporedni osnovni podaci o najčešće korišćenim rashladnim sredstvima**

Osobine	R134a	R22	R407C	R410A
Tačka ključanja pri 1.013 bar (°C)	-26,1	-40,7	-43,4	-52,2
Pritisak ključanja pri 25 °C (bar)	6,65	10,44	11,65	16,40
Gustina tečnosti pri 25 °C (kg/dm <sup>3</sup> )	1,206	1,194	1,139	1,061
Kritična temperatura (°C)	101	96	86,2	72,2
Kritični pritisak (bar)	40,7	49,8	46,2	49,5
Latentna toplota isparavanja pri 1,013 bar (kJ/kg)	215,9	233,7	249,9	271,5

Komisija Evropskog parlamenta dala je na usvajanje propis koji predviđa zabranu korišćenja R134a u auto-klimama zaključno sa modelima proizvedenim pre 2011. godine. Ovaj propis koji se bazira samo na direktnom GWP-u rashladnog fluida, dozvoljava korišćenje samo u sistemima za klimatizaciju u automobilima, posle datuma predviđenog za prestanak korišćenja postojećih sistema sa R134a. Njime se isključuje i korišćenje R152a (gorivog HFC-a).

Proizvođači automobila pružili su veliki otpor usvajanju ovakvog propisa, pre svega zbog visoke cene prilagođavanja postojećih sistema sa R134a na sisteme za rad sa CO<sub>2</sub>.

**Zamena R12 sa R134a.** Komponente za rashladne uređaje koji se koriste u domaćinstvu i za sisteme klimatizacije moraju biti kompatibilne sa bilo kojim radnim sredstvom (kombinacija rashladnog fluida i maziva, kao i sa filter-sušačem, kompresorom, crevima i O-prstenovima). Opšta hemijska stabilnost sistema je od velike važnosti.

Rashladni fluid mora da obezbedi zahtevane radne parametre rashladnog sistema, a odgovarajuće mazivo dobro podmazivanje kompresora, pri čemu se istovremeno materijal sistema mora sačuvati od bilo kakvog oštećenja.

Pri zameni R12 sa R134a neophodno je:

- utvrditi radne osobine postojećeg sistema,
- proveriti moguće curenje postojećeg sistema i sanirati ga,
- utvrditi koje se, eventualno, komponente sistema moraju zameniti zbog prilagođavanja R134a.

Pri tome je potrebno:

- proveriti veličinu kompresora,
- proveriti veličinu ekspanzionig ventila ili kapilare,
- proveriti učinak isparivača i kondenzatora,
- ispustiti postojeće mineralno ulje, utvrditi količinu ulja i uporediti sa preporučenom količinom u cilju definisanja zaostale količine ulja u sistemu i zameniti mineralno ulje preporučenom količinom POE,
  - obaviti probni rad sistema sa R12 i POE uljem, zatim ispustiti ester-ulja i ponoviti punjenje svežom količinom, izmeriti količinu ispuštenog ulja i proveriti da li je sva zaostala količina izvučena, ponoviti postupak i više puta sve dok ostatak ulja ne bude između dozvoljenih 3% do 5%,
    - zameniti sušač saglasno osobinama R134a,
    - ukloniti postojeći R12,
    - vakuumirati sistem,
    - napuniti sistem sa R134a i obratiti pažnju da se sistem ne prepuni (80% do 90% od količine R12),
    - pustiti sistem u rad i pratiti radne parametre, posebno da ne dođe do pregrevanja, što bi poremetilo rad isparivača,
    - proveriti ponašanje sistema posle 48 sati.

## 5.8. Rukovanje rashladnim fluidima

Korišćenje uređaja za odstranjivanje rashladnih sredstava pomoću za tu svrhu posebno predviđenih uređaja postala je obaveza svakog servisera a ne luksuz, s obzirom da nije dozvoljeno ispuštanje rashladnih sredstava u atmosferu.

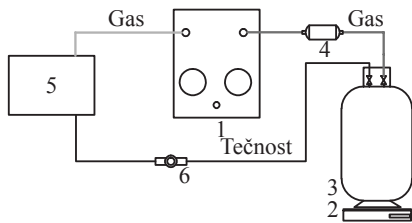
Najefikasniji način za odstranjivanje rashladnih fluida iz rashladnih instalacija je preko posebnog uređaja. Takvi uređaji se preko servisnih ventila povezuju sa rashladnom instalacijom i odstranjeni fluid, bilo u tečnom ili gasovitom stanju, deponuje se u posebne boce.

Postoje tri tipa uređaja za uklanjanje rashladnih fluida:

- samostalni uređaj; u svom sastavu ima svoj kompresor koji odstranjuje rashladni fluid iz sistema i potpuno je nezavisan od rashladnog sistema (slika 5.2);
- uređaj povezan sa sistemom; koristi kompresor sistema ili pritisak koji vlada u sistemu da bi izuzeo rashladni fluid iz njega;



**Slika 5.2. Samostalni uređaj za uklanjanje rashladnih fluida**



**Slika 5.3. Istakanje tečnog rashladnog fluida; 1 – samostalan uređaj za uklanjanje rashladnog fluida, 2 – vaga, 3 – boca, 4 – sušač, 5 – rashladni uređaj**

– pasivni uređaj – gas se ispumpava u bocu sa aktivnim ugljem, koja se koristi za čuvanje male količine rashladnog fluida na pritisku nešto višem od atmosferskog.

Postupak uklanjanja zavisi od tipa rashladnog fluida. Obično su podeljeni u dve opšte grupe:

– uklanjanje na visokom pritisku, za rashladne fluide čije su tačke ključanja pri atmosferskom pritisku između – 50 °C i 10 °C i

– uklanjanje na niskom pritisku za rashladne fluide čije su tačke ključanja pri atmosferskom pritisku iznad 10 °C.

U prvu grupu spadaju R12, R134a i R22, a u drugu R11, R113, R123 i drugi.

Ako uređaj za uklanjanje nema ugrađenu pumpu za tečnost ili nema rezervoar za sakupljanje tečnosti, što zavisi od rashladnog sistema, tada se rashladni fluid iz sistema odstranjuje pomoću dve boce i uređaja za uklanjanje. Boce moraju imati dva priključka i dva ventila, po jedan priključak i ventil za tečni fluid i po jedan priključak i ventil za paru.

Jedan priključak za tečnost se veže direktno na rashladni sistem u tački pretakanja tečnog rashladnog fluida. Priključak za paru istog cilindra povezuje se sa ulazom u uređaj za uklanjanje.

Izvlačenjem pare rashladnog fluida iz boce smanjuje se pritisak u njoj, što za posledicu ima pretakanje rashladne tečnosti iz sistema u bocu. Ovaj proces se odvija veoma brzo.

Drugi metod za uklanjanje tečnosti, češće korišćen od prethodno opisanog, poznat je pod nazivom metod „guraj – povuci“ (push-pull). Ako se parni prostor boce za uklanjanje poveže sa ventilom na strani pare uređaja za uklanjanje, a ventil na tečnom prostoru cilindra uređaja poveže sa tečnim delom onesposobljenog sistema (kao što je prikazano na slici 5.3), postupak će biti uspešan.

Uređaj za uklanjanje će povući tečnost rashladnog fluida iz onesposobljenog sistema kada se snizi pritisak u boci uređaja, pri čemu će para koju je uređaj izvukao iz boce uređaja biti „pogurana“ nazad u parni prostor onesposobljenog uređaja.

Uklanjanje rashladnog fluida u parnom stanju može se obaviti po modelu prikazanom na slici 5.4. Kod većih rashladnih sistema uklanjanje fluida u parnom stanju traje znatno duže nego u slučaju tečnog rashladnog fluida.

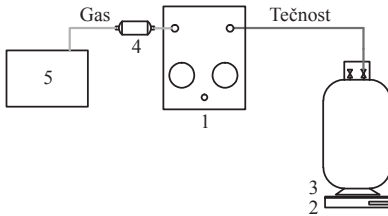
**Tabela 5.5. Upotreba rashladnih fluida i njihova zamena**

Rashladni fluid		Ulje	Primena
<i>R12 za zamenu</i>			
R34a	HFC	POE	Domaći frižideri, komercijalni rashladni uređaji, klima-uređaji u automobilima (novi i modifikacija)
R401A	HCFC	MO ili AB	Klipni kompresori, sistemi za samousluge, rashladne komore
R409A	HCFC	MO ili AB	Klipni kompresori, sistemi za samousluge, rashladne komore
<i>R500 za zamenu</i>			
R401B	HCFC	MO ili AB	Zamrzivači sa R12, agregati za transportna sredstva sa R12
<i>R502 za zamenu</i>			
R404A	HFC	POE	Nova oprema i modifikacija za komercijalne rashladne uređaje, transportna sredstva sa R502
R507	HFC	POE	Nova oprema i modifikacija za komercijalne rashladne uređaje, transportna sredstva sa R502
R408A	HCFC	MO ili AB	Postojeći komercijalni rashladni uređaji
R402A	HCFC	MO ili AB	Postojeći komercijalni rashladni uređaji
R402B	HCFC	MO ili AB	Uređaji za pravljenje leda i drugi uređaji
<i>R22 za zamenu</i>			
R407C	HFC	POE	Klima-oprema sa klipnim kompresorima. Nova komercijalna oprema i klima-jedinice. Postojeća komercijalna stambena i klima-oprema. Konsultovati proizvođača opreme
R410A	HFC	POE	Stambena i komercijalna klimatizacija i neki veliki centrifugalni agregati za hlađenje vode za klimatizaciju i hlađenje u procesnoj industriji
<i>R13, R23, R503 za zamenu</i>			
R508B	HFC	POE	Novi i postojeći centrifugalni agregat (ispod -40 °C), kaskadni rashladni sistemi
<i>R11 za zamenu</i>			
R123	HCFC	MO	Novi i postojeći centrifugalni agregati za hlađenje vode. Konsultovati proizvođača opreme
<i>R114 za zamenu</i>			
R124	HCFC	AB	Hlađenje u industriji i klimatizacija. Manji klimatizeri

MO – mineralno ulje; AB – sintetičko ulje; POE – poliester.

Creva koja povezuju uređaje za uklanjanje, rashladni sistemi i boce uređaja treba da su koliko je moguće manje dužine, a njihov prečnik što veći.

U slučaju da je sastavni deo sistema kompresor, moguće ga je iskoristiti za odstranjivanje fluida. Moguće je sistem odsisati na uobičajeni način, a zatim istočiti rashladni fluid u ohlađenu bocu uređaja za uklanjanje, ili je moguće upotrebiti samo ohlađenu bocu uređaja, istovremeno kao kondenzator i skupljač, postavljajući ga na izlaz iz kompresora.



**Slika 5.4. Istakanje rashladnog fluida u parnom stanju; 1 – samostalni uređaj za uklanjanje rashladnog fluida, 2 – vaga, 3 – boca, 4 – sušač, 5 – rashladni uređaj**

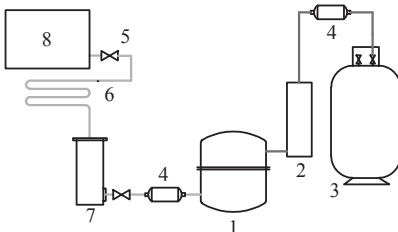
Uklonjen rashladni fluid može se koristiti ponovo u istom sistemu iz kojeg je izvučen, ili upotrebiti u nekom drugom sistemu, zavisno od razloga zbog koga je uklonjen iz prvobitnog sistema i stanja u kome se nalazi posle uklanjanja.

Rashladni fluid, izvučen iz uređaja u kome je došlo do pregorevanja motora hermetik kompresora, može se ponovo koristiti ukoliko je ceo proces uklanjanja obavljen u uređaju u čijem sastavu su i odvajač ulja i filteri. Pri tome je obavezno proveriti sadržaj kiseline u recikliranom ulju.

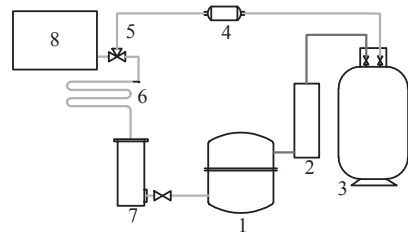
Napomena: većina proizvođača opreme ne daje garanciju ukoliko se u novom sistemu koristi rashladni fluid uklonjen iz sistema koji je imao oštećenja koja mogu uticati na pouzdanost sistema.

**Reciklaža** (prečišćavanje) rashladnog sistema je oduvek bila deo servisa rashladnih sistema. Postoje razne metode reciklaže, od pretakanja rashladnog fluida u skupljač tečnog rashladnog fluida sa minimalnim gubitkom, do čišćenja rashladnog fluida oštećenog pregorevanjem motora kompresora filter-sušačima. Na tržištu se sreću dva tipa opreme za reciklažu:

- uređaji sa jednim prolazom (slika 5.5) rashladnog fluida kroz filter-sušače i/ili destilacionu kolonu na putu do skladišnog rezervoara i
- uređaji sa višestrukim prolazima rashladnog fluida kroz filter-sušače. Posle određenog vremenskog perioda ili posle određenog broja ciklusa, rashladni fluid istiche u rezervoar za skladištenje. Vreme nije pouzdan parametar za definisanje kvaliteta obnovljenog fluida, jer je sadržaj vlage promenljiva veličina. Na slici 5.6 prikazana je šema tipičnog sistema sa višestrukim prolazima.



**Slika 5.5. Filtriranje u jednom prolazu; 1 – kompresor, 2 – kondenzator, 3 – boca, 4 – sušač, 5 – ventil, 6 – isparivač, 7 – odvajač ulja, 8 – rashladni uređaj**



**Slika 5.6. Uređaj sa višestrukim prolazom; 1 – kompresor, 2 – kondenzator, 3 – boca, 4 – sušač, 5 – kontrolni ventil, 6 – isparivač, 7 – odvajač ulja, 8 – rashladni uređaj**



**Tehnologija povraćaja rashladnog fluida u prvobitno stanje.** Ponovno procesiranje se definiše kao process vraćanja čistoće korišćenog rashladnog fluida na nivo čistoće neupotrebljavanog rashladnog fluida koji se mora dokazati odgovarajućim hemijskim analizama prema važećim standardima. Proces se ponavlja sve dok se analizama ne dokažu osobine neupotrebljavanog fluida.

Svrha ovog procesa je smanjenje prisustva zagađivača, kao što su:

- voda, koja može biti uzročnik korozije, zamrzavanja ili prisustva kiseline;
- kiselina, koja izaziva koroziju i dalju degradaciju hlađenja;
- čestice, koje ubrzavaju habanje;
- hloridi, pokazuju prisustvo kiseline;
- drugi tečni rashladni fluidi koji mogu uticati na osobine sistema;
- nekondenzujući gasovi, koji utiču na pritiske u sistemu i na opšte osobine;
- ostaci ulja koji sprečavaju prenos toplote i mogu stvoriti čep u isparivaču.

Uređaji za ponovno procesiranje najbolje se mogu opisati na sledeći način:

1. rashladni fluid se uvodi u sistem u obliku pare ili tečnosti;
2. rashladni fluid zatim ulazi u veliki jedinstveni separator gde se njegova brzina naglo smanjuje, čime se podiže temperatura pare. Tokom ove faze, zagađivači padaju na dno separatora i uklanjaju se iz njega pri ispuštanju ulja;
3. destilovana para prolazi kroz vazduhom hlađeni kondenzator i prevodi se u tečno stanje;
4. tečnost prelazi u komoru za skladištenje. Unutar komore, agregirani isparivač hladi tečnost sa oko 56 °C na temperaturu pothlađenja 3 °C ÷ 4 °C;
5. zamenljivi filter–sušač koji se nalazi u ovom kolu odstranjuje vlagu, dok se proces čišćenja nastavlja uklanjanjem mikroskopskih zagađivača;
6. hlađenje takođe olakšava prenos rashladnog fluida do bilo koje spoljne boce, koje su na sobnoj temperaturi.

U cilju bezbednog rukovanja procesiranim rashladnim fluidom potrebno je pridržavati se sledećeg:

1. pročitati uputstvo proizvođača i primenjivati sve propisane metode i njima upoznati svakog novozaposlenog radnika;
2. tečni rashladni fluid može izazvati jake promrzline, zbog čega je potrebno koristiti maske, adekvatne rukavice i adekvatna radna odela;
3. procesirani rashladni fluid može poticati iz zagađenih sistema. Hlorovodonična kiselina i fluorovodonična kiselina mogu biti prisutne kao proizvod raspada nja fluida. Posebno se mora voditi računa da se pri izlivanju ulja iz pare rashladnog fluida spreči kontakt sa kožom i odećom servisera;
4. nositi zaštitnu opremu, kao što su zaštitne naočare i cipele, rukavice, šlem, duge pantalone, košulje i košulje dugih rukava;
5. isparenja rashladnih fluida mogu biti štetna ako se udahnu, pa je potrebno održavati sistem ventilacije;
6. isključiti iz struje sve uređeje povezane sa sistemom u kome se vrši procesiranje rashladnog fluida;
7. ne sme se dozvoliti da težina sadržaja cilindra pređe dozvoljenu granicu; cilindre puniti do 80%;
8. boce se ne smeju vući niti kotrljati; prenositi ih isključivo mobilnim sredstvima;

9. koristiti kvalitetna creva i dobro proveriti kvalitet spojeva;
10. označiti boce i rezervoare prema važećim standardima ili propisima;
11. osigurati prenošenje creva i kablova, kako bi rizik od oštećenja bio sveden na minimum;
12. održavati boce u ispravnom i bezbednom stanju.

Iz **kućnih frižidera** uklanjanje rashladnog fluida moguće je izvršiti i iz hermetički zatvorenih sistema koji nemaju servisni ventil. Ventil-klešta sa iglom ili ventil sa probojcem se pri servisiranju mogu montirati i preko njega, kao kod većih sistema, izvršiti uklanjanje fluida. Po obavljenom servisu ventil se uklanja. Kako se u malim sistemima nalazi veoma mala količina rashladnog fluida, to se uklanja samo njegovog para.

Ako se tečnost uklanja iz **komercijalnih** rashladnih uređaja, povezati cilindar za uklanjanje crevima sa izlaznim zaustavnim ventilom na kondenzatoru/skupljaču tečnosti. Instalirati vidno staklo na crevima i cilindru kako bi se moglo pratiti istakanje tečnosti.

Izlaz iz agregata za uklanjanje povezati na strani visokog pritiska sistema na ulaz u kondenzator ili na zaustavni ventil na strani visokog pritiska kompresora. Svi zaustavni ventili u sistemu moraju biti otvoreni, uključujući i elektromagnetne ventile. Uključiti agregat za uklanjanje i sve vreme pratiti proces preko vidnog stakla.

Posle završenog procesa pretakanja tečnosti počinje proces uklanjanja pare. Crevima povezati ulaz u agregat za uklanjanje sa kompresorom (na strani niskog pritiska ili na strani visokog pritiska). Najbolje je povezati i stranu niskog i stranu visokog pritiska. Izlaz iz agregata povezati sa parnim prostorom cilindra. Proveriti da li su svi zaustavni ventili otvoreni.

U sistemima **klimatizacije** zbog velike količine **tečnog** rashladnog fluida koji se nalazi u instalacijama, koristi se „guraj – povuci“ metod za uklanjanje fluida.

Cevovod **tečnog** rashladnog fluida rashladne instalacije treba povezati sa tečnim prostorom boce, dok parni prostor boce treba povezati na usis agregata za uklanjanje. Priključak za pražnjenje na agregatu povezuje se sa usisnim cevovodom sistema za klimatizaciju. Ako na skupljaču tečnog rashladnog fluida postoji odgovarajući ventil (strana visokog pritiska), priključak za pražnjenje na agregatu za uklanjanje može se vezati na tom mestu. Tečnost se pretače iz sistema za klimatizaciju u rezervoar boce, u kome je pritisak niži nego u sistemu.

Posle završenog procesa pretakanja tečnosti, u sistemu se nalaze zaostala **para** rashladnog fluida. Da bi se para odsisala iz sistema, potrebno je povezati agregat za uklanjanje sa odzračnom slavinom na gasnom vodu sistema. Povezati priključak za pražnjenje na agregatu sa parnim prostorom boce. Uključiti agregat za uklanjanje. Proces zaustaviti kada usisni pritisak bude 600 mbara ili niže.

Sistemi klimatizacije kod **transportnih sredstava** su obično opremljeni servis-ventilom na kompresoru i na strani visokog i na strani niskog pritiska. Količina rashladnog fluida u ovakvim sistemima je veoma mala i stoga se vrši samo prenos pare. Crevo se povezuje na usisnoj strani agregata za uklanjanje rashladnog fluida i na niskopritisnom delu kompresora mobilnog sistema klimatizacije. Drugo crevo se priključuje na potis agregata i na ventil za paru na rezervoaru. Proces obično traje 3 ÷ 5 minuta. Zatim se drugo crevo povezuje na strani visokog pritiska si-

stema, a agregat se isključuje kada pritisak bude 0,6 bara, čime se završava uklanjanje rashladnog fluida.

## 5.9. Rashladni fluidi i ulje

Pošto je u praksi vrlo važan međusobni odnos ulja i rashladnog fluida, od čega zavisi i rad celog sistema, pogotovo u uslovima zamene ulja ili fluida, to je potrebno međusobni uticaj ulja i rashladnog fluida malo detaljnije razmotriti. Rashladni fluidi se, u pogledu mešanja sa uljem, ponašaju različito. Amonijak se skoro uopšte ne meša sa uljem, dok se freon 134a i freon 22 pri nekim temperaturama mešaju na isti način, a pri nekim u različitim odnosima.

Tečni freon 134a rastvara se u ulju i obratno, ulje se rastvara u ovom rashladnom fluidu pri svim temperaturama koje se mogu pojaviti u rashladnim instalacijama. Količina gasovitog rashladnog fluida koja se može rastvoriti u ulju zavisi od pritiska i temperature na kojoj se rashladni fluid i ulje nalaze. Što je pritisak viši i temperatura niža, to će više gasovitog rashladnog fluida biti rastvoreno u ulju. Ova pojava dolazi naročito do izražaja u karterima kompresora gde se na dnu nalazi ulje, a iznad njega rashladni fluid u gasovitom stanju. Ako je prostorija hladna a kompresor ne radi, rastvoriće se izvesna količina gasovitog rashladnog fluida u ulju. Kada se kompresor pusti u rad, pritisak rashladnog fluida, koji se nalazi iznad ulja u karteru, naglo će opasti i rashladni fluid će početi da isparava iz ulja, što će izazvati jako penušanje ulja, koje u izvesnim slučajevima može da bude tako intenzivno da celokupna količina ulja iz kartera bude izvučena iz kompresora. Mere koje treba preduzeti da bi se ova pojava sprečila opisane su u poglavlju u kome je opisano puštanje kompresora u rad.

Kao rezultat rastvaranja rashladnih fluida u ulju i obratno, čak i bez pojave penušanja ulja u karteru, biće izvesna količina ulja uvek povučena zajedno sa rashladnim fluidom iz kompresora. Da bi se veći deo tog ulja vratio u karter, na izlazu iz kompresora se postavljaju odvajači ulja u koje se uvodi rashladni fluid. U njima se iz rashladnog fluida izdvaja izvesna količina ulja i odmah vraća u karter. Način rada odvajača ulja opisan je u poglavlju o elementima instalacije. U rashladnom fluidu koji nastavlja put kroz instalaciju ostaje izvesna količina ulja koje se sa rashladnim fluidom vraća u karter kompresora. Cevi moraju biti takvih prečnika koji obezbeđuju kretanje rashladnog fluida brzinom koja će povući ulje vertikalno na gore. Pri eventualnoj zameni cevi prečnik se ne sme menjati. Cev manjeg prečnika izazvaće veće otpore u kretanju rashladnog fluida, usled čega će opasti učinak instalacije, a cev većeg prečnika, naročito ako je u pitanju cev kroz koju prolazi rashladni fluid u gasovitom stanju, neće omogućiti povratak ulja u karter. Zbog ovoga kompresor može ostati bez ulja, što može izazvati oštećenja svih pokretnih delova u kompresoru, dok će se ulje gomilati u isparivaču i smanjiti mu rashladnu sposobnost. Trasa cevi se, takođe, ne sme menjati, tj. ne treba dodavati nove lukove, krivine, kolena itd., jer sve to može da oteža povratak ulja u karter, a i da poveća otpor kretanju rashladnog fluida kroz cevi.

Freon 22 se, u odnosu na ulje, pri visokim temperaturama ponaša isto kao i freon 134a, tj. rastvara se u njemu. Na niskim temperaturama koje vladaju u isparivaču ulje se odvaja od freona 22 pa nastaju teškoće da se ulje vrati u karter. Zbog toga se u instalacijama koje rade sa freonom 22 predviđaju specijalne mere za vra-

ćanje ulja u kompresor i pri rukovanju takvom instalacijom moraju se uvek dosledno sprovesti sve predviđene radnje kako kompresor ne bi ostao bez ulja.

U amonijačnim instalacijama i pored toga što je mešanje ulja sa amonijakom neznatno, može doći do pojave, koja je ranije opisana, izvlačenja ulja iz kartera, ukoliko amonijak u karteru počne da se kondenzuje.

No, i bez ovoga će doći, u toku rada, do izvlačenja izvesne količine ulja iz kompresora. Za vraćanje ulja predviđeni su odvajači ulja u kojima se ulje odvaja iz amonijaka i vraća u karter. Ipak, izvesna količina ulja se neće zadržati u odvajaču i proreće sa amonijakom u instalaciju, gde se taloži na mestima gde je brzina proticanja amonijaka smanjena, npr. u kondenzatorima, skupljačima tečnosti, isparivačima ili odvajačima. Zahvaljujući činjenici da se amonijak i ulje teško mešaju i da je ulje teže od amonijaka, u svim ovim aparatima će se ulje nataložiti na dnu, odakle ga povremeno treba ispuštati kroz otvore koji su specijalno za to predviđeni. Ispuštanje može biti ručno ili automatsko. Ako se ulje ispušta ručno, treba voditi računa da sa uljem ne pokulja i mlaz tečnog amonijaka koji bi mogao povrediti rukovaoca. Najbolje je na cev za ispuštanje navući i dobro pričvrstiti gumeno crevo, a slobodan kraj uroniti u kofu punu vode. Zatim lagano otvarati ventil za ispuštanje ulja i po promeni boje vode primetiti pojavu ulja. Pri pojavi mehurova ventil treba odmah zatvoriti.

Ulje ispušteno iz instalacije ne bi trebalo vraćati u karter kompresora.

Ulje koje se upotrebljava u rashladnim instalacijama, pored toga što u sebi ima rastvorenog rashladnog fluida i što u kratkom vremenskom intervalu menja temperaturu (i od  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), mora imati određena fizička i hemijska svojstva. Zato se za upotrebu u rashladnim uređajima koriste posebne vrste ulja proizvedena isključivo za ovu namenu.

**Tabela 5.6. Ulja za rashladne fluide**

Rashladni fluid	Ulje	Rashladni fluid	Ulje
R12	MO	R408A	AB
R134a	POE	R402B	MO ili AB
R22	MO ili AB	R409A	MO ili AB
R502	MO ili AB	R407C	POE
R23	POE	R401B	MO ili AB
R13	MO ili AB	R508B	POE
R507	POE		

*MO – mineralno ulje; PAG – polialkil-glikol; AB – sintetičko ulje; POE – poliester.*

## 5.10. Rashladni fluidi i vlaga

Dobro je poznata činjenica da vlaga odnosno voda u rashladnoj instalaciji predstavlja izvor stalnih nezgoda. Voda u rashladnoj instalaciji može biti prisutna u dva oblika, rastvorena u rashladnom fluidu, ili „slobodna“, nerastvorena, voda.

Amonijak ima osobinu da rastvara vodu i u amonijačnim instalacijama skoro nika da nema slobodne vode, već je sva voda rastvorena u amonijaku, tj. „amonijačna voda“ koja rastvara metale kao što su bakar ili mesing, ali ne i gvožđe, čelik ili aluminijum.

U freonskim instalacijama stvari stoje drugačije. Ovi rashladni fluidi imaju osobinu da rastvaraju vrlo malo vode, tako da se veća količina vode u instalacijama javlja u obliku slobodne vode. Slobodna voda će se zamrznuti i to najčešće u ekspanzionom ventilu, usled čega će prolaz rashladnog fluida kroz ovaj ventil biti onemogućen.

Bez obzira na probleme koje predstavlja za rukovaoca instalacije, zamrzavanje je najmanja šteta koju voda može da izazove u instalaciji, pošto se ekspanzioni ventil može relativno lako „odmrznuti“, bez oštećenja instalacije. Mnogo veća i ozbiljnija šteta koju voda može da izazove je posledica korozije. Naime, pomešani voda i rashladni fluidi stvaraju korozivne mešavine, uglavnom kiseline, koje mogu oštetiti ležišta, ventile, zaptivke i zaptivaču na kompresoru i mogu da izazovu raspadanje ulja za podmazivanje. Često u instalacijama, posle izvesnog vremena rada, dolazi do pojave „bakarisanja“ čeličnih površina, tj. na unutrašnjim površinama cilindra i na klipovima stvaraju se naslage bakra. Može se sa sigurnošću tvrditi da vlaga u instalaciji pomaže ovaj proces. Naslage su obično vrlo tanke i ne predstavljaju veći problem, ali ima slučajeva kada izazivaju „zaribavanje“ klipa u cilindru, a mogu da izazovu i oštećenje ležišta ili zaptivače.

Opasnost od vlage mnogo je veća u instalacijama koje rade sa temperaturom isparavanja iznad nule, kao što su uređaji za hlađenje vode u sklopu klima-instalacija, nego kod onih koji imaju nisku temperaturu isparavanja. Razlozi za ovo su dvojaki. Moć upijanja vode rashladnih fluida opada sa sniženjem temperature. Prema tome, u instalacijama sa nižom temperaturom u isparivaču biće manje rastvorene vode u rashladnom fluidu, tj. biće više slobodne vode. Slobodna voda će, zbog niske temperature, da se zamrzne i rukovalac će morati da preduzme odgovarajuće mere da odstrani višak vode da bi instalacija mogla da radi. U instalacijama sa višom temperaturom isparavanja, a naročito u onim gde je temperatura isparavanja iznad nule, biće više vode (ukoliko je ima) rastvorene u rashladnom fluidu, a slobodna voda neće moći da se primeti, jer se zbog visoke temperature u isparivaču neće zamrznuti. Zbog toga je naročito važno da se sadržaj vode u instalaciji svede na minimum.

Očigledno je da je potpuno odsustvo vode u rashladnim fluidima praktično nemoguće ostvariti. Zadovoljavajuće je da sadržaj vode u rashladnim fluidima (freonima) ne pređe 0,01%. Da bi se prisustvo vlage u rashladnim fluidima svelo na minimum, potrebno je, pre svega, znati na koji sve način vlaga može da dospe u instalaciju. Novi neupotrebljavani rashladni fluid sadrži beznačajno malu količinu vode; freoni sadrže oko 0,0025%. Prva prilika da u fluid dospe voda je moment kada se rashladni fluid pretače iz boce u bocu, ili kada se instalacija puni, pošto cevi koje služe za pretakanje mogu iznutra biti vlažne. Sledeći izvor vlage može biti voda prisutna u instalaciji pre procesa punjenja. Delovi instalacije se obično isporučuju potpuno suvi i zatvoreni, ali prilikom montaže u njih može da uđe vlažan vazduh iz kog se kondenzuje vlaga na zidovima cevi i ostalim delovima instalacije. Pored toga, ako instalacija radi pod vakuumom, vazduh, koji uvek sadrži izvesnu

količinu vlage, može biti uvučen kroz zaptivaču. Ulje takođe može biti izvor vlage, mada pri isporuci u originalnom pakovanju ne sadrži vlagu. Pri pretakanju, vlaga iz vazduha ili voda iz suda iz koga se ulje pretače može da dospe u ulje. U poglavlju u kome je opisano punjenje instalacije navedene su mere koje bi trebalo preduzeti u cilju sprečavanja prisustva vlage u instalacijama pre punjenja i u toku procesa punjenja.

Vlaga se može, pored svih mera koje se preduzimaju pri punjenju instalacije i pri manipulaciji rashladnim fluidima i uljem, pojaviti u novim instalacijama. Vlaga se iz instalacije odstranjuje sušačima rashladnog fluida.

Sušači, čija će konstrukcija kasnije biti detaljnije opisana, sadrže materiju koja ima osobinu da apsorbuje vlagu. Prolazeći kroz tu materiju, rashladni fluid se suši. Ima nekoliko vrsta ovih materija za sušenje koje se koriste u sušačima i ovde će biti opisane osobine najčešće korišćenih.

Aktivni aluminijum je dehidrisani oblik aluminijum-oksida koji se ne vezuje sa vodom hemijski, već je samo upija. To je vrlo dobra materija za sušenje pošto se skoro ni sa jednim opisanim rashladnim fluidom ne jedini, niti se rastvara u njima, a ne rastvara se ni u vodi. Bezopasan je za rukovanje, a cena mu nije visoka. Izrađuje se u vidu loptica ili valjaka. Aktivni aluminijum ne upija vodu tako brzo kao neka druga sredstva za sušenje, te ga zbog toga ne treba upotrebiti za sušenje rashladnih fluida u instalacijama koje su tek napunjene i za koje se sumnja da imaju mnogo vode u sebi. Ova osobina sporog upijanja korisna je kasnije u toku rada, kada samo male količine vode mogu da prodru u instalaciju.

Silikagel je jedan od oblika silicijum-dioksida ( $\text{SiO}_2$ ). Osobine ove materije su u svemu vrlo slične onima koje ima aktivni aluminijum, s tim što silikagel ima tu osobinu da pored apsorbovanja vode apsorbuje i kiseline, pa je stoga još korisniji.

Kalcijum-sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ), je, u poroznom obliku, jedina od materija za sušenje koja, pored toga što upija vodu, ima još i tu osobinu da se sa vodom hemijski vezuje. Kao i prethodne dve, i ova materija je otporna prema rashladnim fluidima i kiselinama.

Kalcijum-oksidi ( $\text{CaO}$ ), poznat pod imenom negašen kreč, vezuje se sa vodom i postaje gašen kreč. Ova materija, ima pored sposobnosti sušenja, još i tu osobinu da neutrališe dejstvo kiselina. Dobra strana kreča je brzo vezivanje relativno velike količine vode. Loša strana je ta što, kada se veže sa vodom, postaje beo prah koji se sa rashladnim fluidom može preneti u instalaciju. Ove dve činjenice ukazuju na to da se kalcijum-oksidi može upotrebiti pri prvom punjenju instalacije, ali ga ne treba ostaviti u instalaciji kada je rashladni fluid osušen.

Pored navedenih postoje i druga sredstava za sušenje, ali se manje primenjuju. Materije za sušenje mogu se, kad se zasite vodom, regenerisati i ponovo upotrebiti. Postupak regeneracije opisan je u poglavlju o održavanju instalacije.

## 5.11. Skladištenje rashladnih fluida

Pretakanje rashladnih fluida u servisne boce je opasna praksa. Uvek je potrebno pridržavati se procedure koju je propisao proizvođač opreme, pri čemu posebnu pažnju treba obratiti na to:

- da se boca ne prepuni,
- da se ne pomešaju različiti rashladni fluidi ili boce u koje se oni istaču,

- da se koriste samo čiste boce, u kojima nema ostataka ulja, kiseline, vlage,
- da se svaka boca pre upotrebe vizuelno proveri i da se utvrdi da li su sve redovno testirane na pritisak,

- da boce budu obeležene bojom i oznakom po usvojenim standardima,
- da boce imaju odvojene ventile za tečnosti i gasove, kao i ventil sigurnosti.

Rashladni fluidi za hlađenje se pakuju u boce za jednokratnu upotrebu i povratnu ambalažu. Za jednokratnu upotrebu se proizvode u veličinama od 0,5 kg do 25 kg, a smatraju se bocama pod pritiskom, zbog čega u većini zemalja podležu odgovarajućim propisima i standardima.

Boce za jednokratnu upotrebu su se u praksi pokazale veoma loše. Posle upotrebe u njima može zaostati deo rashladnog fluida, koji se prilikom uništavanja boce oslobađa u atmosferu. Zato se njihova upotreba ne preporučuje, a zabranjuje se njihovo ponovno korišćenje u iste ili druge svrhe.

Svaka boca pod pritiskom u kojoj se nalazi tečni rashladni fluid mora imati odgovarajuću oznaku. Tečni CFC-ovi ili u obliku komprimovanog gasa isporučuju se u bocama koje podležu standardima ISO. Boce sa oznakom IMO 1 sadrže tečne rashladne fluide kao što su R11 i R113. Boce sa oznakom IMO 5 sadrže komprimovane gasove kao što su R12 i R114.

Neki rashladni fluidi, koji su na sobnoj temperaturi u gasovitom stanju, skladište se i transportuju kao tečni komprimovani gasovi u bocama pod pritiskom. Ostali rashladni fluidi su na sobnoj temperaturi u tečnom stanju i pakuju se u kante, burad ili druge standardne boce kakve se obično koriste za sve vrste tečnih hemikalija.

**Tabela 5.7. Primeri tečnih komprimovanih gasnih i tečnih rashladnih fluida**

Agregatno stanje	Pritisak/temperatura	Rashladni fluid
Utečnjen gas	Na sobnoj temperaturi, pritisak pare je viši i od atmosferskog pritiska	R12, R13, R22, R115, R134a
Tečnost	Na sobnoj temperaturi, pritisak pare je niži od atmosferskog pritiska	R11, R113, R123

U tabeli 5.7 navedeni su primeri tečnih komprimovanih gasova koji su na sobnoj temperaturi u tečnom stanju. Njihovo fizičko stanje na sobnoj temperaturi označava se međunarodnom hemijskom sigurnosnom karticom (eng. Chemical Safety Cards), ili se može očitati na temperaturskom dijagramu.





## Kompresori

Rashladni kompresor je najvažniji i najsloženiji deo rashladne instalacije. Uloga kompresora je da usisava paru rashladnog fluida iz isparivača, sabija je na pritisak kondenzacije i potiskuje u kondenzator. Time kompresor obezbeđuje kruženje rashladnog fluida kroz instalaciju.

Prema rashladnom učinku, kompresore možemo orijentaciono podeliti na kompresore malog (do 10 kW), srednjeg (10 kW do 100 kW) i velikog kapaciteta (preko 50 kW). Kompresori malog i srednjeg kapaciteta koriste se za domaće frižidere, komercijalne rashladne uređaje, više komercijalnih uređaja hlađenja jednim agregatom, manje rashladne komore, klimatizacione jedinice i sl. Kompresori velikog kapaciteta koriste se u hladnjačama, centralizovanim klimatizacionim postrojenjima, procesnoj industriji i dr.

Prema načinu na koji se vrši sabijanje rashladnog fluida, kompresori se dele na klipne, rotacione, vijčane i turbokompresore. Rad rotacionih, vijčanih i centrifugalnih kompresora biće ukratko opisan, dok će se sva dalja izlaganja odnositi na klipne kompresore.

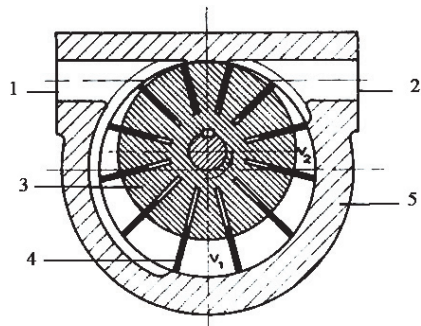
### 6.1. Podela kompresora

#### 6.1.1. Rotacioni kompresori

**Rotacioni kompresori** su oni u kojima se za sabijanje gasa koristi obrtno kretanje rotora (klipa). U rashladnoj tehnici najčešće se primenjuju rotacioni kompresori sa lopaticama i rotacioni kompresori sa kotrljajućim klipom.

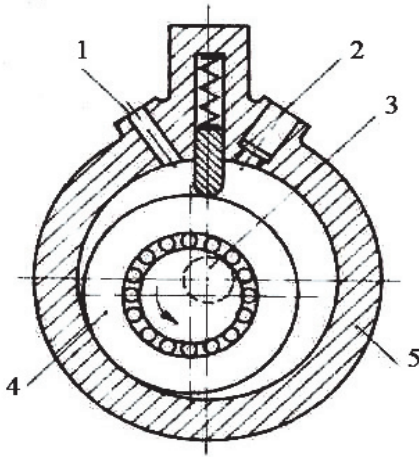
Kompresori sa lopaticama sastoje se od klipa u čijim se radijalnim žlebovima nalaze lopatice (krilca). Pod dejstvom centrifugalne sile lopatice naležu na zid cilindra koji je ekscentrično postavljen u odnosu na osu obrtanja klipa. Dve lopatice sa cilindrom formiraju radnu zapreminu. Zapremina između dve lopatice se menja zbog ekscentričnosti klipa u odnosu na cilindar.

Usisavanje rashladnog fluida počinje kada međuprostor dve lopatice dođe nasuprot usisa kompresora. Taj međuprostor se smanjuje pri obrtanju klipa prema potisnom otvoru kompresora (slika 6.1). Na taj način ostvaruje se proces sabijanja rashladnog fluida.



**Slika 6.1. Rotacioni kompresor sa lopaticama; 1 – usis, 2 – potis, 3 – rotor, 4 – krilca, 5 – cilindar**

Kompresori sa kotrljajućim klipom sastoje se od klipa koji se obrće oko ekscentričnog vratila i istovremeno kotrlja po zidu cilindra. Između obrtnog klipa i cilindra obrazuje se radna zapremina (slika 6.2).



**Slika 6.2.** Šema rotacionog kompresora sa obrtnim kotrljajućim klipom; 1 – usis, 2 – potis, 3 – vratilo sa ekscentrom, 4 – kotrljajući klip, 5 – cilindar

Kompresori većeg učinka često se koriste kao kompresori niskog stupnja u „buster“ instalacijama. Osnovni nedostaci rotacionih kompresora su potreba za obradom veoma visoke tačnosti, potreba za kvalitetnim podmazivanjem i teškoće oko zaptivanja elemenata koji dele delove radne zapremine sa višim i nižim pritiscima.

Rotacioni kompresori nemaju usisne i potisne ventile i zbog jednostavne konstrukcije imaju dobre karakteristike za male razlike pritisaka isparavanja i kondenzacije. Pri većim razlikama pritisaka, zbog preticanja pare rashladnog fluida između dela visokog i niskog pritiska gubici su veći, pa je i efikasnost ovakvih kompresora manja. Gubici se povećavaju zbog povećanja razlike pritisaka, ali se povećanjem broja obrtaja smanjuju. Protok rashladnog fluida se smanjuje intenzivnijim podmazivanjem klipa i cilindra.

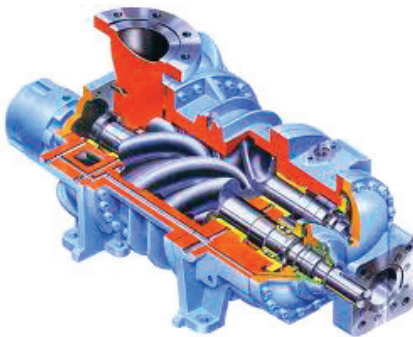
Učinci rotacionih kompresora sa lopaticama i klipom mogu biti do nekoliko stotina kW. Brojevi obrtaja su od  $500 \text{ min}^{-1}$  do  $3.000 \text{ min}^{-1}$ .

Zajedničke osobine rotacionih kompresora su mala težina i dimenzije i odlična uravnoteženost u odnosu na klipne kompresore istog učinka. Kompresori većeg učinka često se koriste kao kompresori niskog stupnja u „buster“ instalacijama.

### 6.1.2. Vijčani kompresori

**Vijčani kompresori** (slika 6.3) spadaju u grupu rotacionih kompresora, jer imaju jedan ili dva rotora koji liče na vijke.

Radna zapremina vijčanih kompresora sastoji se iz kanala rotora koji zatvaraju zidovi kućišta. Muški rotor je obično pogonski rotor i sastoji se od žlebova (obično četiri) koji su spregnuti sa ženskim gonjenim rotorom.



**Slika 6.3.** Vijčani kompresor

Usled obrtanja muškog rotora para rashladnog fluida se usisava u prostor između muškog i ženskog rotora i potiskuje prema izlaznom otvoru. Komprimovanje pare rashladnog fluida posledica je smanjenja zazora između žlebova oba rotora.

Vijčani kompresori se isporučuju sa već definisanim stepenom sabijanja i na taj način se obezbeđuje visok stepen efikasnosti. Rashladni učinci ovakvih kompresora mogu se regulisati u granicama od 10% do 100%, što se postiže pomeranjem zasuna između dva rotora sa strane usisnog prostora kućišta. Vijčani kompresori rade sa ubrizgavanjem ulja u radni prostor.

Ulje se kontinualno ubrizgava u radni prostor na nekoliko mesta kućišta i jednovremeno podmazuje ležišta kompresora. Ubrizgavanjem ulja smanjuju se gubici usled proticanja rashladnog fluida između dela visokog i niskog pritiska i jednovremeno se hladi para rashladnog fluida, zbog čega se mogu ostvariti visoki stepeni sabijanja u jednom stupnju. Vijčani kompresori nisu osetljivi na tečni udar.

Primena ovih kompresora i u amonijačnim i u freonskim instalacijama izrazitija je u novije vreme. U prvo vreme njihova primena bila je samo kod većih hladnjača i u procesnoj industriji.

Kvalitetna obrada samih kompresora, tj. bolje radne karakteristike, omogućile su njihovu primenu i u klimatizaciji. Vijčani kompresori proizvode se kao otvoreni ili kao poluhermetički.

### 6.1.3. Skrol kompresori

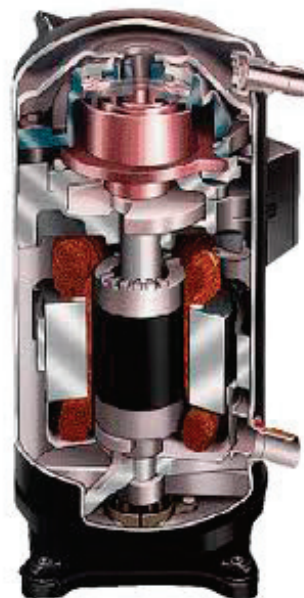
**Skrol kompresori** (slika 6.4) su posebno rešenje rotacionih kompresora novijeg doba koji su našli široku primenu kao zamena klipnim kompresorima u instalacijama klima-uređaja, toplotnih pumpi i u automobilske industriji. Rade se u hermetičkoj varijanti za klimatizere i toplotne pumpe i kao otvoreni u automobilske industriji.

Skrol kompresor se sastoji od dve identične zavojnice od kojih je jedna postavljena na ravnu, nepokretnu ploču, dok druga rotira. Kada su u istom položaju, između zavojnica se formira veći broj džepova u kojima se sakuplja gas. Jedna od dve zavojnice miruje, dok druga vrši kružno pomeranje, ali ne rotira oko fiksne tačke.

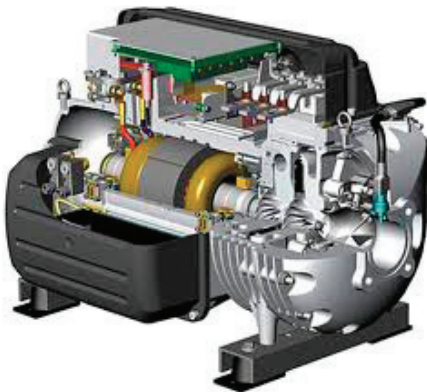
Gas koji se usisava ulazi u periferni deo zavojnice i progresivno se komprimuje u sve veći broj manjih džepova pri kretanju sa periferije ka centru potisnog priključka nepokretne zavojnice, gde se potiskuje iz kompresora.

Kako nema usisnih i potisnih ventila, protok gasa kroz kompresor je ravnomeran, te su svi gasni džepovi ispunjeni gasom pri različitim nivoima sabijanja. Ravnomerni protok gasa kroz kompresor smanjuje pulsiranje gasa, dok je gubitak gasa vrlo mali.

Pri tome, pošto nema buke od ventila i pri dobro regulisanom radu kompresora, kružno kretanje potrebno za sabijanje gasa proizvodi malu buku i slabe vibracije.



Slika 6.4. Skrol kompresor



**Slika 6.5. Centrifugalni kompresor**

Energetska efikasnost skrol kompresora je za 10% do 15% veća od klipnih kompresora.

#### **6.1.4. Centrifugalni kompresori**

**Centrifugalni kompresori** (slika 6.5) za sabijanje gasovitog rashladnog fluida koriste centrifugalnu silu samog gasa.

Centrifugalni kompresori (često zvani i turbokompresori) proizvode se za rashladne kapacitete od 200 kW do nekoliko megavata.

Rade sa veoma visokom brojevi-  
ma obrtaja od  $3.000 \text{ min}^{-1}$  do  $15.000 \text{ min}^{-1}$ .

#### **6.1.5. Klipni kompresori**

Podela **klipnih rashladnih kompresora** vrši se prema raznim konstrukcionim i drugim karakteristikama. Najčešće podele su:

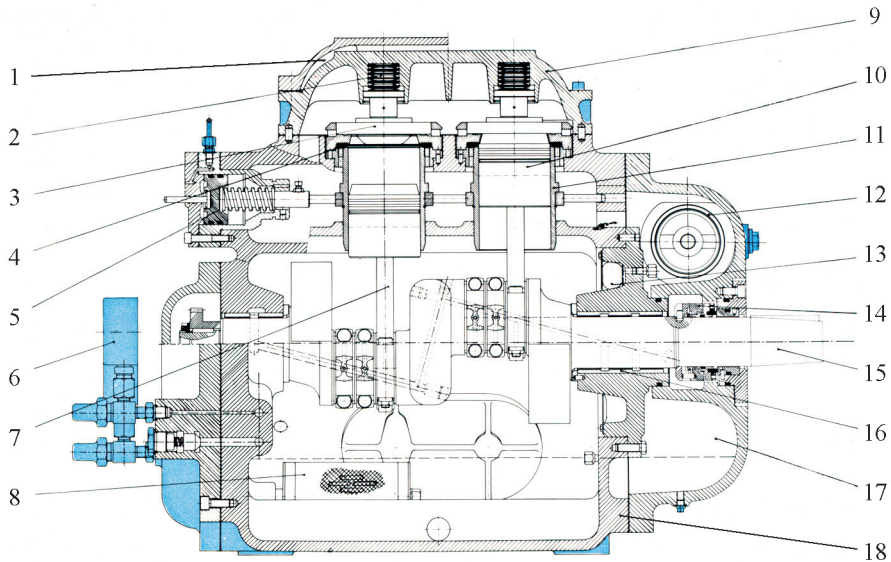
- prema rashladnom fluidu (amonijačni, freonski itd.);
- prema broju stupnjeva sabijanja (jednostepeni i višestepeni);
- prema stepenu hermetičnosti (kompresori otvorenog tipa, poluhermetički, i hermetički);
- prema rasporedu cilindara (horizontalni, vertikalni, pod uglom V, W ili VV);
- prema broju cilindara (jednocilindrični i višecilindrični);
- prema kretanju rashladnog fluida (istostrujni i protivstrujni);
- prema broju obrtaja (sporohodni do  $1000 \text{ min}^{-1}$  i brzohodni preko  $1000 \text{ min}^{-1}$ );
- prema konstrukciji krivajnog mehanizma (kompresori sa ukrsnom glavom i bez ukrsne glave).

Kompresori sa ukrsnom glavom imaju horizontalno kretanje klipova. Izrađuju se samo oni sa velikim rashladnim učinkom, a kako se u poslednje vreme praktično ne proizvode, neće ni biti opisani.

### **6.2. Opis rada klipnog kompresora**

Brojevi obrtaja klipnih kompresora kreću se od  $500 \text{ min}^{-1}$  do  $3.000 \text{ min}^{-1}$  (sinhroni broj obrtaja elektromotora sa direktnim pogonom za frekvencu od 50 Hz odnosno 3.600 za frekvencu od 60 Hz).

Otvoreni kompresor (slika 6.6) se sastoji od sledećih komponenata: kućišta kompresora (18) integralnog tipa koje čini celinu sa usisnim i potisnim kolektorom; poklopca glave kompresora (1) koji omogućavaju intenzivno hlađenje glave (9) vazduhom kod freonskih kompresora ili vodom kod amonijačnih kompresora; zap-  
tivače (14) koja se podmazuje i hladi uljem i usisnim gasom, koji se prolaskom kroz usisni filter (12) i separacionu komoru (17) oslobađa primesa. Prečišćavanjem ulja pomoću usisnih (8) i potisnih filtera uljne pumpe i magnetima u vratilu (15) posti-



**Slika 6.6. Otvoreni kompresor; 1 – poklopac glave kompresora, 2 – elastični oslonac, 3 – potisni ventil, 4 – usisni ventil, 5 – sistem za regulaciju učinka kompresora, 6 – priključak za kontrolu pritiska ulja, 7 – klipnjača, 8 – filter ulja, 9 – glava kompresora, 10 – klip, 11 – cilindar, 12 – usisni filter, 13 – prigušivač pene, 14 – zaptivača, 15 – vratilo, 16 – ležište vratila, 17 – komora, 18 – kućište kompresora**

že se pouzdana zaštita ležišta vratila (16), klipnjače (7) i ostalih kliznih sklopova i cilindra (11), a prigušivačem pene (13) sprečava se nagli gubitak ulja iz kućišta. Funkcionalnost i trajnost usisnih (4) i potisnih (3) ventila ostvaruje se ugradnjom pločica od specijalno legiranog čelika. Sigurnost u pogonu obezbeđuje disk – elastični oslonac (2) potisnog ventila i organa automatike za kontrolu pritiska ulja i gasa rashladnog fluida (6). Na čeonj strani kompresora je ručica za upravljanje rashladnim učinkom i mehanički indikator uključivanja cilindra u rad (5). Veći kompresori su obično opremljeni uređajem za kontrolu rashladnog učinka. Zaštita i upravljanje radom kompresora vrši se presostatima visokog i niskog pritiska i diferencijalnim presostatom za ulje. U zavisnosti od korišćenog rashladnog fluida u kompresor se ugrađuje hladnjak (amonijak) ili grejač (freoni).

*Karter* (kućište) je osnovni elemenat kompresora u kome je smešten krivajni mehanizam i za koji je vezan cilindar (blok cilindara) sa ventilima. Uloga kartera je da primi sile krivajnog mehanizma koje se javljaju pri radu kompresora i prenese ih na postolje, poveže sve značajnije delove kompresora i prihvati rezervu ulja za podmazivanje.

Tokom rada u karteru vlada pritisak ispod 3 bar do 5 bar, ali se pri prestanku rada obično izjednači sa pritiskom kondenzacije (10 bar ili više, u zavisnosti od rashladnog fluida i temperature okoline).

Karter se najčešće izrađuje od kompresorskog liva, a ređe kao varena konstrukcija.

Na karteru kompresora nalazi se obično jedno vidno staklo kroz koje se može videti nivo ulja u karteru, priključak za grejač ulja (za freonske kompresore) i nekoliko priključaka koji su cevima povezani sa instalacijom ili su zatvoreni čepovima ili protivprirubnicama.

Priključci se koriste za:

- dolivanje ulja u karter,
- ispuštanje ulja iz kartera,
- povratak ulja iz odvajачa ulja,
- izjednačavanje nivoa ulja u karteru sa nivoima ulja u karterima drugih kompresora u istoj instalaciji,
- izjednačavanje pritiska rashladnog fluida iznad ulja u karteru sa pritiskom rashladnog fluida u karterima drugih kompresora u istoj instalaciji,
- montažu grejača ili hladnjaka ulja, ako su oni potrebni.

Kada je kompresor povezan sa instalacijom i kada je ona napunjena rashladnim fluidom, priključci na karteru se ni pod kakvim okolnostima ne smeju otvarati dok se prethodno ne odstrani sav rashladni fluid iz kartera.

*Glavni ležajevi* su po pravilu klizni, ređe kotrljajući, zbog šuma koji stvaraju pri radu. Materijali od kojih se prave klizni ležajevi su najčešće livena bronza i beli metal.

*Cilindri* (odnosno blok cilindara) koriste se za sabijanje rashladnog fluida. U kompresorima manjih kapaciteta klip se kreće u jednodelnom cilindru, dok se u kompresorima većih kapaciteta u cilindar umeće košuljica cilindra. Kod freonskih kompresora na cilindrima se predviđaju rebra za hlađenje, a kod amonijačnih kanali za vodu za hlađenje. Savremeniji kompresori najčešće se proizvode sa blok-karterom, tj. karterom i cilindrima izlivenim izjedna. Time se postiže veća krutost konstrukcije i manji broj zaptivnih površina. Cilindri moraju da izdrže pritisak koji je mnogo viši od pritiska kondenzacije za određeni rashladni fluid.

Cilindri i košuljice cilindara se izrađuju od kvalitetnog sivog ili nodularnog liva.

*Kolenasto vratilo* (radilica) se pogoni elektromotorom i svojim obrtanjem izaziva oscilatorno kretanje klipnjače. Kod manjih kompresora radilica je vratilo sa.ekscentrima, čime se pored jednostavnije konstrukcije omogućuje primena jednodelnih klipnjača.

Kolenasta vratila se izrađuju od čelika za cementaciju ili čelika za indukciono kaljenje habajućih površina, od legiranog sivog liva, a u novije vreme od nodularnog liva.

Zazor između radilice i glavnih ležajeva i velike presnice zavisi od konstrukcije do konstrukcije, proizvođača, ugrađenih materijala, načina podmazivanja itd. Ukoliko se vrše intervencija na nekom od ovih delova, potrebno je obavestiti proizvođača kompresora i zatražiti stručnu pomoć.

*Klipnjača* ima ulogu da obrtno kretanje kolenastog vratila preobrati u pravolinijsko kretanje klipa. U velikoj pesnici klipnjače okreće se kolenasto vratilo, dok u maloj osciluje osovinica klipa. Klipnjača za male kompresore izrađuje se od aluminijuma, livene bronzne ili sivog liva, a za veće kompresore od čeličnog otkivka ili aluminijuma.

*Klip* pravolinijskim kretanjem vrši usisavanje i sabijanje gasovitog rashladnog fluida u cilindru. Za prečnike manje od 50 mm, klipovi se rade bez klipnih prstenova, od sivog liva ili čelika (ne od aluminijuma, zbog visokog koeficijenta linearnog širenja aluminijuma i malih potrebnih zazora). Klipovi prečnika većeg od 50 mm obično imaju klipne prstenove. Izrađuju se od kvalitetnog sivog liva ili legura aluminijuma. Klipni prstenovi su od sivog liva.

Kod klipova prečnika 30–50 mm (bez prstenova klipa) zazor između klipa i cilindra iznosi približno 0,01 mm do 0,03 mm. Kod klipova prečnika 50 mm do 70 mm (sa klipnim prstenovima) zazor između klipa i cilindra iznosi 0,05 mm do 0,10 mm, a kod klipova prečnika 80 mm do 100 mm zazor je 0,08 mm do 0,15 mm (veći zazori odgovaraju većim prečnicima),

Osovinica klipa služi da kretanje male pesnice klipnjače prenese na kretanje klipa. Izrađuje se od cementiranog čelika ili čelika za indukciono kaljenje.

*Ventilska ploča* se pričvršćuje na cilindre kompresora. Sadrži usisne i potisne otvore zatvorene usisnom i potisnom ventilskom pločicom. Pločice, pod uticajem razlike pritisaka sa jedne i druge strane ploče, otvaraju ili zatvaraju prolazne otvore. Na potisnoj ploči kompresora nalazi se odbojnik pritisnut sa dve opruge, koje se za slučaj tečnog udara (prodora tečnog rashladnog fluida u cilindar) sabijaju i propuštaju tečnost u poklopac cilindra.

Kod nekih starijih konstrukcija kompresora usisni ventil se nalazi na klipu (istosmerno strujanje rashladnog fluida).

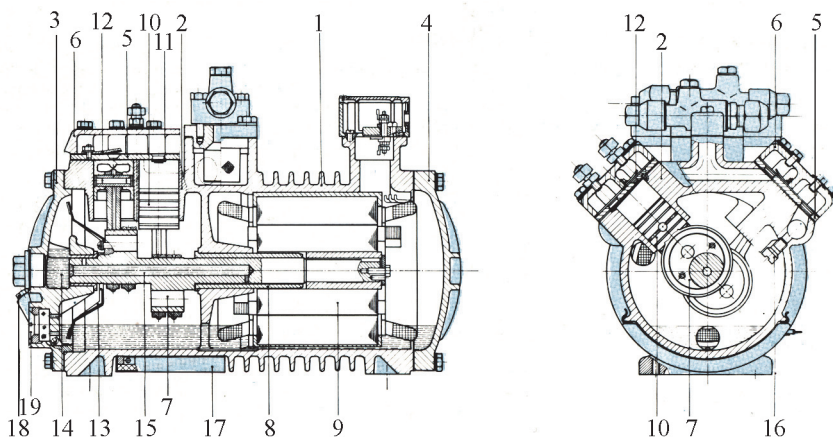
Ventilska ploča se izrađuje od kvalitetnog sivog liva, nodularnog liva ili čelika. Ventilske pločice veoma različitih oblika izrađuju se iz čelične, opružne, hladnovajane trake, debljine od 0,2 mm do 1 mm.

*Poklopac cilindra* zatvara ventilsku ploču. Kroz kanale između ventilske ploče i poklopcu cilindra struji usisani, odnosno sabijeni rashladni fluid. Izrađuje se od kompresorskog liva kvaliteta kao i za izradu kartera.

*Podmazivanje* rashladnih kompresora može biti bućkanjem, centrifugalno podmazivanje i prinudno podmazivanje.

Podmazivanje glavnih ležajeva i ležajeva klipnjače bućkanjem, vrši se samo kod malih kompresora. Udarcima kolena kolenastog vratila i velike pesnice klipnjače o ulje koje se nalazi u karтеру, ulje se raspršuje, obliva zidove kartera i cilindra i sliva u otvore, odakle se vodi do glavnih ležajeva. Kroz otvore na kolenaštom vratilu odlazi do rukavca velike pesnice, a kroz otvor na telu klipnjače centrifugalnom silom odlazi do male pesnice i osovinice klipa. Ovaj sistem daje najlošije podmazivanje ležajeva i izbačen je iz upotrebe. Što se tiče zidova cilindra, podmazivanje uljanom maglom stvorenom bućkanjem ili rasprskavanjem ulja iz ležajeva velike pesnice i osovinice klipa sasvim zadovoljava i još uvek se primenjuje u gotovo svim tipovima kompresora.

Centrifugalno podmazivanje poluhermetičkih kompresora prikazano je na slici 6.7. Obrtno kolo (13) udara po ulju koje se nalazi u karтеру (2), baca ga i ulje se sliva niz zidove prednjeg poklopcu (3) u rezervoar (14) koji se nalazi na njemu. Iz rezervoara ulazi u centralne i radijalne kanale (15), odakle biva centrifugalnom silom potiskivano ka glavnim ležajevima i ležajevima klipnjače, a kroz otvor klipnjače ka osovinici klipa (10).



**Slika 6.7. Poluhermetički kompresor; 1 – kućište motora, 2 – karter kompresora sa cilindarskim blokom, 3 – prednji poklopac, 4 – zadnji poklopac, 5 – ventilske ploče, 6 – poklopac glave kompresora, 7 – vratilo sa ekscentrima i klipnjačama, 8 – klizno jedno delno ležište, 9 – elektromotor, 10 – klip, 11 – usisne lamele ventilske ploče, 12 – potisne lamele ventilske ploče, 13 – obrtno kolo, 14 – rezervoar za prihvatanje ulja, 15 – kanali za podmazivanje, 16 – jednosmerni ventili za izjednačenje pritiska, 17 – električni grejač, 18 – čep za dolivanje ulja, 19 – vidno staklo**



**Slika 6.8. Hermetički kompresor**

Kod hermetičkih rashladnih kompresora radilica je najčešće u vertikalnom položaju. Spiralni produžetak ubacuje ulje u centralni otvor radilice, odakle se dalje potiskuje centrifugalnom silom ka ležajevima (slika 6.8).

Centrifugalni sistem podmazivanja je veoma pouzdan i primenjuje se kod svih savremenih kompresora malog rashladnog učinka.

Kod velikih rashladnih kompresora koristi se isključivo sistem prinudnog podmazivanja. Pumpa za podmazivanje različite konstrukcije (zupčasta, sa lopaticama, klipna) usisava ulje preko filtera i potiskuje preko otvora na karteru, radilici i klipnjači, do ležajeva i osovinice klipa (slika 6.9).

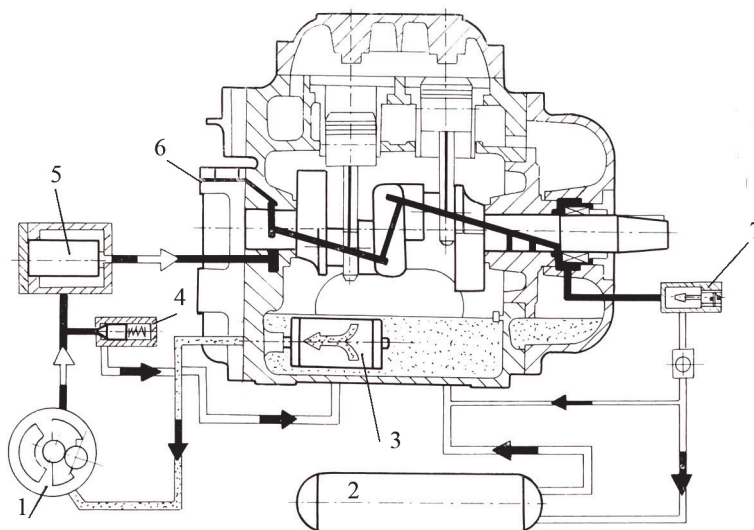
Pritisak podmazivanja obično iznosi 0,5 bar do 2 bar iznad pritiska u karteru.

Usisni filter se postavlja na usisni otvor kartera. Ima ulogu da spreči ulaz čestica nečistoća iz instalacije u kompresor. Radi se od finog mesinganog ili čeličnog platna. U sklopu filtra često se postavlja magnet koji sprečava prodor rđe i metalnih opiljaka u osetljive delove kompresora.

Zaptivača ima ulogu da spreči isticanje rashladnog fluida na mestu izlaska kolennastog vratila iz kartera kompresora otvorenog tipa. Može biti različitih konstruk-



cija, od kojih je jedna prikazana na slici 6.5. Zaptivača se sastoji iz meha (1) i zaptivnog prstena radilice (5). Zaptivni prsten (5) leži na vratilu i sa njim se pri radu kompresora okreće. Zaptivenost sa vratilom postiže se prstenom ili zaptivkom koja naleže na venac vratila, pritisnuta zaptivnim prstenom. Meh je preko oboda pričvršćen poklopcem (2) za karter. Zaptivni prsten meha (4) pritisnut je oprugom (3) na zaptivni prsten radilice. Zaptivno mesto su u stvari dodirne površine ova dva prstena, koje moraju biti veoma fino obrađene (brušene i polirane). Montaža treba da je krajnje pažljiva, a svi delovi zaptivače potpuno čisti. Tokom rada, na zaptivne površine koje se među sobom taru, dovodi se ulje za podmazivanje.



**Slika 6.9. Prinudno podmazivanje kompresora; 1 – pumpa za ulje, 2 – hladnjak ulja, 3 – grubi filter za ulje, 4 – prelivni ventil, 5 – fini filter za ulje, 6 – priključak za regulaciju učinka kompresora, 7 – regulator pritiska podmazivanja**

Delovi zaptivače se izrađuju od: zaptivni prsten radilice od cementiranog ili nitriranog čelika, a zaptivni prsten meha od olovnofosforne bronz, sivog liva ili metaliziranog grafita. Meh je od specijalne bronz (sa cinkom i berilijumom) ili specijalnog čelika. O-ring je od gume otporne na rashladni fluid.

Zaptivke su od materijala otpornog na rashladne fluide i ulje za podmazivanje. Najčešće se koristi klingerit koji je postojan prema amonijaku, metilhloridu i R134a, R22 itd., ili klingerit 400 univerzal.

Posle svake demontaže zaptivke mora se staviti nova po mogućstvu originalna zaptivka. Ispod glave cilindra mora se uvek postaviti originalna zaptivka, iste debljine i tvrdoće kao i zamenjena zaptivka, da bi se zadržao isti štetan prostor (rastojanje između čela klipa i ventilske ploče). Kod freonskih kompresora ne sme se zaptivka pri montaži mazati uljem, jer to omogućuje gubitak rashladnog fluida (zbog rastvorljivosti fluida u ulju).

### 6.3. Karakteristike osnovnih tipova klipnih kompresora

Osnovna karakteristika kompresora otvorenog tipa je zaptivača. Pošto se pogon kompresora otvorenog tipa izvodi posebnim elektromotorom, kolenasto vratilo mora na nekom mestu izlaziti iz kartera. Zaptivanje izlaza je otežano, jer je u pitanju pokretni spoj. Veliki broj tipova zaptivača govori da idealno rešenje nije nađeno i da se na njima uvek gubi deo rashladnog fluida.

Prenos pogona elektromotora na radilici je direktan, preko elastične spojnice ili preko dva kaišnika. Postolje kaišnog prenosnika mora biti podesivo (mogućnost zatezanja kaiševa). U oba slučaja, prostor koji kompresor sa elektromotorom zauzima relativno je veliki. Zbog potrebe znatno čvršće veze kompresora sa postoljem nego što je slučaj kod poluhermetičkih i hermetičkih kompresora, prenos vibracija na postolje je veći, a samim tim i šum koji nastaje kao posledica ležajeva i ventilatora elektromotora.

Kompresori otvorenog tipa mogu se lako demontirati. Elektromotor se može zameniti, a pri tome ne dolazi do prljanja rashladnog sistema, kao u slučaju pregrevanja elektromotora poluhermetičkih i hermetičkih kompresora. Prednost ovog tipa kompresora naročito je izražena kod instalacija kod kojih je potrebna brza intervencija.

Kod *poluhermetičkih kompresora* elektromotor je ugrađen u karter, pa u njima nema zaptivače. Dovod električne energije elektromotoru vrši se preko posebnog elementa – električne priključnice, čije je zaptivanje isto kao i kod drugih nepokretnih spojeva. Rotor elektromotora je navučen direktno na vratilo i predstavlja neku vrstu zamajca. Konstrukcija ostalih elemenata je ista kao i kod kompresora otvorenog tipa.

U odnosu na kompresore otvorenog tipa istog učinka, poluhermetički kompresori zbog ugrađenog elektromotora zauzimaju gotovo upola manji prostor, troše manje energije (nema posebnih ležajeva i ventilatora elektromotora, niti klizanja kaiševa) mirnije i sigurnije rade i jeftiniji su.

Prednost poluhermetičkih nad hermetičkim kompresorima je u tome što se poluhermetički kompresori mogu lako rasklapati, kao i kompresori otvorenog tipa, pa se popravka ili zamena dotrajalog dela može vršiti na licu mesta. Poluhermetički kompresori sve više potiskuju kompresore otvorenog tipa većih rashladnih učinaka.

Hermetički kompresori, kao i poluhermetički kompresori, imaju iste prednosti u odnosu na kompresore otvorenog tipa. Njihov rad je mirniji od rada poluhermetičkih kompresora, jeftiniji su, a isticanje rashladnog fluida je skoro sasvim eliminisano. Nedostatak je što se popravka može vršiti samo u fabrici ili u veoma specijalizovanim radionicama, a kućište se pri tome, u najvećem broju slučajeva, mora zameniti.

Zbog navedenih osobina hermetički rashladni kompresori najviše se koriste u domaćim frižiderima, u komercijalnim uređajima i klimatizacionim sistemima.

Na rashladni učinak klipnih kompresora utiče veliki broj faktora. Ovde ćemo pomenuti samo neke koji mogu da utiču na rad kompresora.

1. Štetan prostor predstavlja zapreminu između čela klipa u spoljnoj mrtvoj tački i površine ventilske ploče. Ukoliko je štetan prostor veći, utoliko je veća količina zaostalog sabijenog fluida u cilindru, tj. manja količina usisanog fluida. U zavisnosti od konstrukcije kompresora štetan prostor iznosi 2–8% radne zapremine.

2. Razlika pritisaka kondenzacije i isparavanja – ukoliko je veća, zahteva više zapremine za širenje zaostalog fluida, što izaziva smanjenje količine usisanog fluida.

3. Prigušivanje, pri usisavanju i potiskivanju fluida, uslovljava pritisak usisavanja niži od pritiska isparavanja, a pritisak potiskivanja viši od pritiska kondenzacije. Kako je razlika pritisaka potiskivanja i usisavanja veća od razlike pritisaka kondenzacije i isparavanja, količina usisanog fluida će biti manja.

Ova tri faktora utiču na da se usisavanje odvija u realnoj zapremni, koja je manja od stvarne.

4. Zagrevanje fluida pri usisavanju uzrokovano je njegovim strujanjem preko toplih zidova cilindra, što za posledicu ima povećanje zapremine usisanog fluida.

Ukoliko u cilindar dolazi vlažna para (para se izvesnom količinom tečnosti u obliku sitnih kapljica) kompresor radi na tzv. vlažnom režimu. Ova pojava se uočava po inju koje se hvata na usisnoj cevi sve do kompresora i hladnoj potisnoj cevi. Kod sporohodnih kompresora pojava vlažnog režima rada se može dopustiti, ali kod brzodnih ne. Zbog kratkog vremena sabijanja ne mogu da ispare sve kapljice i zbog isparavanja smanjuju korisnu zapreminu, a može doći i do pojave tečnog udara.

Preporučuje se suvi režim rada kompresora, pri kome kompresor usisava pregrejanu paru. Pregrevanje u isparivaču ne treba da bude veće od 3 °C – 6 °C, jer bi u suprotnom slučaju deo površine isparivača bio neiskorišćen. Pregrevanje u usisnim vodovima van hladnog prostora je štetno. Najbolji efekat se postiže pregrevanjem u razmenjivaču toplote u kome se vrši pothlađivanje tečnog rashladnog fluida.

5. Gubitak rashladnog fluida kroz zazor između klipa i cilindra i usled kasnog zatvaranja usisnog i potisnog cilindra, takođe, smanjuje količinu usisanog fluida.

6. Na količinu usisanog fluida u cilindar utiče i broj obrtaja. Pri malom broju obrtaja preovlađuju gubici od zagrevanja i gubitaka rashladnog fluida, dok kod velikih brojeva obrtaja preovlađuju gubici od prigušivanja na usisnom i potisnom ventilu. Svako konstrukciji kompresora odgovara određen broj obrtaja koji daje najefikasniji rad.

7. Temperatura isparavanja i temperatura kondenzacije utiču najznačajnije na rashladni učinak kompresora. Na primer, pri temperaturi isparavanja od +5 °C i temperaturi kondenzacije +35 °C rashladni učinak kompresora je oko dva puta veći nego pri temperaturi isparavanja/kondenzacije –15 °C/+30 °C. Radi lakšeg poređenja rashladnih učinaka raznih kompresora u daljem tekstu biće navedeni najčešći uslovi rada.

Rashladni učinak klipnih kompresora računa se po sledećoj formuli:

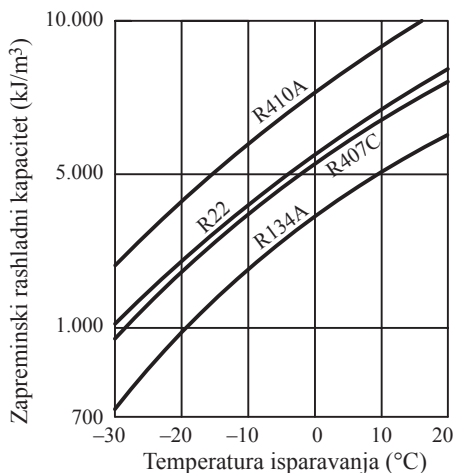
$$Q = V_t \cdot \lambda \cdot q_v$$

gde su:

$$V_t = \frac{D^2 \pi}{4} S \cdot z \cdot n \text{ – teoretska zapremina cilindra (m}^3\text{/h),}$$

$D$  – prečnik klipa (m),

$S$  – hod klipa (m),



**Slika 6.10. Dijagram teoretskog zapreminskog specifičnog rashladnog kapaciteta**

temperaturama kondenzacije i manjem štetnom uticaju opisanih faktora (naročito za manji štetan prostor). Veličina zapreminskog specifičnog rashladnog kapaciteta  $q_v$  zavisi od vrste rashladnog fluída, temperature isparavanja i temperature kondenzacije, odnosno temperature tečnosti ispred regulacionog ventila. Vrednosti za  $q_v$  date su tabelarno za najčešće korišćene rashladne fluide.

Podaci o veličinama rashladnog učinka i snage kompresora pri određenim uslovima rada prikazani su obično u prospektima i uputstvima proizvođača kompresora.

Potrebna snaga elektromotora za pogon kompresora izračunava se po obrascu:

$$N = 1,25 \frac{Q}{K_t \cdot \eta_i \eta_m},$$

gde su:

$Q$  – rashladni učinak kompresora za predviđene radne uslove (kW),

$K_t$  – teorijski specifični rashladni učinak (kW/kWh),

$\eta_i$  – indikatorski koeficijent korisnog dejstva (-),

– 0,7 do 0,8 za temperature isparavanja od  $-30$  °C do  $-10$  °C,

– 0,8 do 0,9 za temperature isparavanja od  $-10$  °C do  $+5$  °C,

$\eta_m$  – mehanički koeficijent korisnog dejstva (0,85 do 0,95, manje vrednosti se odnose na manje i brzohodnije kompresore (bezdimenziona veličina).

## 6.4. Regulacija učinka kompresora

U toku rada rashladnih instalacija menja se potreba za hlađenjem, tj. menja se potreban rashladni učinak zbog promene spoljne temperature (godišnje doba, dan i noć, uticaj vetra i sl.), promene količine materije koja se hladi, zbog unosa to-

$z$  – broj cilindara (-),  
 $\lambda$  – koeficijent iskorišćenja cilindra (-),  
 $n$  – broj obrtaja ( $\text{min}^{-1}$ ),  
 $q_v$  – teoretski zapreminski specifični rashladni kapacitet rashladnog fluída ( $\text{kJ/m}^3$ ) (dijagram na slici 6.10).

Koeficijent odavanja kompresora uzima u obzir sve faktore koji utiču na rad klipnih kompresora.

$\lambda = 0,55$  do  $0,68$  za temperaturu isparavanja  $-40$  °C i temperature kondenzacije  $+40$  °C do  $+25$  °C;

$\lambda = 0,70$  do  $0,80$  za temperaturu isparavanja  $-20$  °C i temperature kondenzacije  $+40$  °C do  $+25$  °C;

$\lambda = 0,75$  do  $0,83$  za temperaturu isparavanja  $+5$  °C i temperature kondenzacije  $+40$  °C do  $+25$  °C.

Veće vrednosti odgovaraju manjim

plote pri otvaranju vrata, zbog ulaska ljudi u rashladni prostor, zbog odavanja toplote od osvetljenja itd.

Kompresorima malog rashladnog učinka nisu potrebni uređaji za regulaciju učinka. Oni se ciklično uključuju i isključuju. Promenom potrebe za hlađenjem menja se i koeficijent vremena rada (odnos vremena u kome kompresor radi prema vremenu kada je kompresor isključen).

Kompresorima srednjih, a naročito velikih rashladnih učinaka, često je potrebna regulacija, za šta se koriste posebni uređaji. Regulacija se uglavnom može podeliti na kontinualnu i stepenastu.

Kontinualna regulacija učinka može biti: 1. kontinualnom promenom broja obrtaja pogonskog elektromotora, 2. prigušivanjem rashladnog fluida na usisu, 3. otvaranjem usisnog ventila na delu hoda klipa pri istiskivanju fluida i 4. vraćanjem dela sabijenog gasa na usisni vod preko ventila za regulaciju kapaciteta.

Stepenasta regulacija rashladnog učinka može se vršiti: 1. stepenastom promenom broja obrtaja specijalnog elektromotora, 2. isključivanjem iz rada pojedinih cilindara (otvaranjem usisnog ventila), 3. uključivanjem dopunskog štetnog prostora i 4. poveživanjem cilindra na delu hoda klipa sa usisnim vodom ili karterom kompresora.

## 6.5. Višestepeni kompresori

Pri niskim temperaturama isparavanja ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  i niže) koeficijent odavanja kompresora je veoma mali, što znatno smanjuje rashladni učinak kompresora. Potrošnja energije po jedinici hlađenja je relativno velika, a temperatura na potisu premašuje dozvoljene vrednosti. Tako na primer, u amonijačnom kompresoru sa suvim režimom rada, za uslove isparavanja  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  i kondenzacije  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura na potisu iznosi oko  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a za uslove isparavanja/kondenzacije  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}/+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura na potisu je oko  $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kako rashladna ulja gube svojstvo podmazivanja na temperaturama od  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a na temperaturama od oko  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  može doći i do paljenja ulja, zbog čega se ovako visoka temperatura na potisu ne sme dozvoliti. Ovi razlozi uslovljavaju primenu dvostepene kompresije (temperature isparavanja  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) i trostepene kompresije (temperature isparavanja  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Dvostepeni kompresori imaju manji klip niskog pritiska i veći klip niskog pritiska ( $2 \div 3$  puta veće zapremine) u istom karteru. Kod novijih konstrukcija brzohodnih višecilindričnih kompresora, jedan odnosno dva klipa rade na visokom pritisku, a 2 ili 3, odnosno 4 ili 6, na niskom pritisku. Za nizak i visok stepen sabijanja mogu se koristiti posebni kompresori, u tzv. buster vezi. U tim slučajevima, između niskog i visokog stupnja vrši se međuhlađenje rashladnog fluida.

Pritisak sabijanja niskog stupnja (međupritisak  $P_m$ ) određuje se obično prema uslovu da stepeni kompresije u niskom i visokom stupnju budu jednaki:

$$\frac{P_k}{P_m} = \frac{P_m}{P_o} \quad P_m = \sqrt{P_o P_k},$$

gde su:

$P_k$  – pritisak kondenzacije (bar),

$p_o$  – pritisak isparavanja (bar),  
 $p_m$  – međupritisak (bar).

Za postizanje niskih temperatura isparavanja od  $-80\text{ }^\circ\text{C}$  do  $-150\text{ }^\circ\text{C}$  često se koristi tzv. kaskadna veza, koja se sastoji od dva potpuno odvojena rashladna sistema, sa različitim rashladnim fluidima. U tom slučaju isparivač sistema visokog pritiska hladi kondenzator sistema niskog pritiska.

## Kondenzatori

Zadatak kondenzatora u rashladnoj instalaciji je hlađenje pregrijane pare rashladnog fluida koju potiskuje kompresor, njena kondenzacija i pothlađivanje kondenzovanog rashladnog fluida. Tečan, najčešće pothlađen, rashladni fluid struji iz kondenzatora u skupljač tečnosti ili direktno u element za prigušivanje (ekspanzioni ventil ili kapilaru).

Pri procesu kondenzacije, kondenzator predaje toplotu sredstvima za hlađenje. Ova količina toplote jednaka je zbiru količina toplote koju oduzme isparivač od materije koju hladi (rashladni učinak rashladnog sistema) i toplote koja je ekvivalentna radu izvršenom u kompresoru.

Kondenzatori se klasifikuju prema sredstvu za hlađenje i konstrukcionom rešenju. Prema sredstvu za hlađenje postoje tri osnovne grupe: 1. kondenzatori hlađeni vodom, 2. kondenzatori hlađeni vazduhom, i 3. kondenzatori hlađeni isparavanjem vode, sa delimičnim učešćem vazduha.

### 7.1. Kondenzatori hlađeni vodom

#### 7.1.1. Protivstrujni kondenzatori

Protivstrujni kondenzatori se sastoje od koaksijalnih cevi, cevi većeg prečnika (1), slika 7.1, kroz koje prolazi cevna zmija izrađena od cevi manjeg prečnika (2). Voda struji kroz cevi manjeg prečnika ulazeći odozdo (A) i izlazeći na gornjoj strani (B). Kroz cevi većeg prečnika prolazi rashladni fluid koji ulazi sa gornje strane (C), a izlazi na donjoj strani (D). Time se postižu protivstrujno kretanje rashladnog fluida i vode za hlađenje i visoki koeficijenti prolaza toplote.

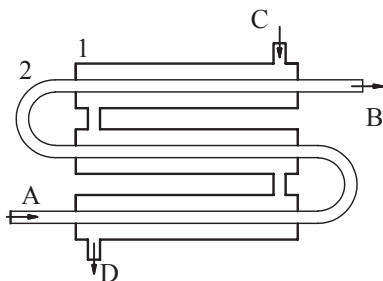
Koeficijent prolaza toplote za R124a iznosi  $K = 400 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  do  $600 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , a za amonijak  $K = 700 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  do  $900 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , pri brzini kretanja vode  $1 \text{ m/s}$  do  $2 \text{ m/s}$ . Srednja razlika temperature kondenzacije i vode  $\Delta t = 5 \text{ }^\circ\text{C} - 6 \text{ }^\circ\text{C}$ , a razlika temperatura vode na ulazu (A) i izlazu (B)  $\Delta t_v = 5 \text{ }^\circ\text{C} - 8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Protivstrujni kondenzatori se, zbog visoke cene, koriste uglavnom kod komercijalnih kompresorskih agregata, u freonskim instalacijama (od bakarnih cevi), a ređe u amonijačnim instalacijama (čelične cevi) manjih kapaciteta.

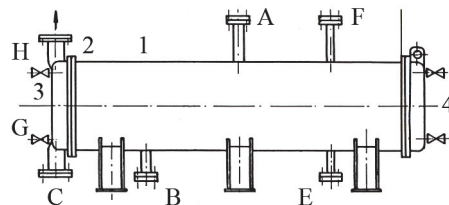
#### 7.1.2. Dobošasti kondenzatori

Dobošasti kondenzatori se sastoje iz doboša (1), slika 7.2, na čijim krajevima se nalaze cevne ploče (2), kroz čije su otvore provučene cevi (3), koje su na krajevima uvaljane u cevne ploče ili zavarene za njih. Preko cevnih ploča postavljeni su poklopci (4 i 5). Kroz otvor (A) na poklopcu (5) ulazi voda za hlađenje, prolazi kroz

cevi (3) i oko pregrada na poklopcima (4) i (5), koje služe da bi se dobilo više proaza i veća brzina kretanja vode, a izlazi na otvoru (B). Gasoviti fluid ulazi odozgo kroz otvor (C), prolazi kroz prostor između cevi i cevni ploča gde se kondenzuje i izlazi na donjoj strani kroz otvor (D). Cevi (3) mogu biti čelične i spolja glatke ili orebrane (za amonijak i freone), ili bakarne po pravilu sa utisnutim rebrima spolja (za freone). Doboš (1) i cevne ploče su od čelika, a poklopci (4 i 5) mogu biti od čelika ili sivog liva.



**Slika 7.1. Šema protivstrujnog kondenzatora; 1 – cev većeg prečnika (rashladno sredstvo), 2 – cevna zmijsa (voda za hlađenje), A i B – ulaz i izlaz vode, C i D – ulaz i izlaz rashladnog sredstva**



**Slika 7.2. Dobošasti kondenzator; 1 – doboš, 2 – cevna ploča, 3 i 4 – poklopci, A i B – ulaz i izlaz rashladnog fluida, C i D – ulaz i izlaz vode za hlađenje, E – ispust ulja (rashladni fluid amonijak), F – ispust vazduha i veza sa skupljačem tečnog rashladnog fluida, G – ispust vode, H – ispust vazduha**

Amonijačni dobošasti kondenzatori sa glatkim cevima imaju koeficijent proaza toplote  $K = 600 \text{ W/m}^2 \text{ K} \div 900 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  za brzine kretanja vode od  $0,5 \text{ m/s}$  do  $2 \text{ m/s}$  (veće vrednosti  $K$  odgovaraju većim brzinama kretanja vode). Srednja razlika temperature amonijaka i vode  $\Delta t = 5 \text{ }^\circ\text{C} \div 6 \text{ }^\circ\text{C}$ , a razlika i temperatura vode na izlazu B i ulazu A  $\Delta t_v = 5 \text{ }^\circ\text{C} \div 7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Amonijačni dobošasti kondenzatori sa glatkim cevima imaju koeficijent proaza toplote  $K = 600 \text{ W/m}^2 \text{ K} \div 900 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  za brzine kretanja vode od  $0,5 \text{ m/s}$  do  $2 \text{ m/s}$  (veće vrednosti  $K$  odgovaraju većim brzinama kretanja vode). Srednja razlika temperature amonijaka i vode  $\Delta t = 5 \text{ }^\circ\text{C} \div 6 \text{ }^\circ\text{C}$ , a razlika i temperatura vode na izlazu B i ulazu A  $\Delta t_v = 5 \text{ }^\circ\text{C} \div 7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Kod freonskih kondenzatora koeficijent proaza toplote u odnosu na površinu (cevi sa uvaljanim rebrima) iznosi  $K = 350 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  do  $550 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  za brzine kretanja vode od  $1 \text{ m/s}$  do  $2,5 \text{ m/s}$ . Srednja razlika temperature rashladnog fluida i vode  $\Delta t = 7 \text{ }^\circ\text{C} \div 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , a razlika i temperatura vode na izlazu B i ulazu A  $\Delta t_v = 5 \text{ }^\circ\text{C} \div 7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Dobošasti kondenzatori su veoma kompaktni i imaju najširu primenu u instalacijama srednjeg i velikog rashladnog učinka. Proizvodnja ovog tipa kondenzatora nema ekonomske opravdanosti za površine kondenzatora manje od  $2 \text{ m}^2$  ( $\sim 0,8 \text{ kW}$ ). Nedostatak im je velika potrošnja vode i otežano čišćenje cevi. Amonijačni kondenzatori moraju posedovati taložnik ulja na dnu. Tu se taloži ulje koje se, zbog veće specifične težine, ne rastvara u dodiru sa amonijakom i povremeno se ispusti iz taložnika. Ovi kondenzatori se najčešće postavljaju u mašinskoj sali ili drugoj zatvorenoj prostoriji.



U freonskim instalacijama manjeg učinka (uglavnom komercijalnim) koriste se i dobošasti kondenzatori sa spiralnim cevima. Imaju osobine slične kao freonski dobošasti kondenzatori sa pravim cevima. Jeftiniji su, ali je čišćenje cevi veoma otežano, pa se koriste samo sa čistom vodom za hlađenje.

U amonijačnim instalacijama, uglavnom većeg rashladnog učinka, koriste se i vertikalni dobošasti kondenzatori. Njihova konstrukcija je slična konstrukciji horizontalnih dobošastih kondenzatora, sa skoro istim tehničkim karakteristikama. Po pravilu se postavljaju napolju, blizu mašinske sale. Prednost im je što ne zauzimaju veliki prostor, pa se i ugrađuju u uslovima ograničenog prostora za smeštaj opreme.

Da bi se povećao koeficijent prelaza toplote, u vertikalne dobošaste kondenzatore se ugrađuju orebrenne cevi sa orebrenjem na strani rashladnog fluida, najčešće freona.

### 7.1.3. Koaksijalni kondenzatori

Koaksijalni kondenzatori ili kondenzatori „cev u cev“ (slika 7.3) se sastoje od dve cevi. Kroz cev većeg prečnika (do 60 mm) struji rashladni fluid, a kroz cev manjeg prečnika (do 25 mm) voda. Ovaj tip kondenzatora koristi se za manje freonske sisteme, pa je kod njih cev manjeg preseka orebrena sa spoljne strane da bi se povećao koeficijent prelaza toplote. Izrađuju se sa jednom cevom za prolaz vode, a ređe sa dve paralelne cevi. U cilju uštede u prostoru kondenzatori se formiraju u obliku spirale. Kod rashladnih agregata sa kondenzatorima, unutar spirale (prečnika cca 300 mm) postavlja se hermetik kompresor.



Slika 7.3. Koaksijalni kondenzator

### 7.2. Kondenzatori hlađeni vazduhom

Kondenzatori hlađeni vazduhom izrađuju se za rashladne kapacitete do nekoliko stotina kW. Kondenzatori učinaka od 50 W do 300 W obično koriste prirodnu cirkulaciju vazduha za kondenzaciju rashladnog fluida i primenjuju se u manjim uređajima (kućnim frižiderima). Sastoje se od cevi sa orebrenjem na strani vazduha (slika 7.4). Orebrenje se najčešće izvodi u obliku žica.

Kondenzatori rashladnih instalacija kapaciteta do oko 40 kW po pravilu se ugrađuju u komercijalne kondenzatorske agregate i hlade se prinudno, najčešće aksijalnim ventilatorima. Ventilator ima sopstveni elektromotor (hermetički i poluhermetički agregati), ili se ventilator postavlja na vratilu elektromotora



Slika 7.4. Vazdušni kondenzator za kućne frižidere

za pogon kompresora (agregati sa kompresorom otvorenog tipa). Ventilator usisava vazduh preko kondenzatora i potiskuje ga ka kompresoru. Time se postiže iskorišćenje veće površine kondenzatora i bolje hlađenje kompresora. Cevi su najčešće bakarne, orebrene sa spoljne strane aluminijumskim rebrima.

Kondenzatori sa vazdušnim hlađenjem imaju sve veću primenu i u rashladnim instalacijama velikog rashladnog učinka. Veoma su pogodni za uređaje na mestima gde nema vode ili je nema u dovoljnoj količini za hlađenje, a posebno su pogodni za rashladne uređaje u transportnim sredstvima. U poslednje vreme vazdušne kondenzatore većih učinaka srećemo u klimatizacionim jedinicama za hlađenje. Koriste se za sva rashladna sredstva. Kondenzatori većih rashladnih učinaka za amonijačne rashladne instalacije rade se od čeličnih cevi sa čeličnim rebrima.



**Slika 7.5. Kondenzator hlađen vazduhom**

Koeficijent prolaza toplote kod kondenzatora hlađenih vazduhom, koji se koriste u komercijalnim rashladnim uređajima, iznosi  $K = 20 \text{ W/m}^2\text{K} - 30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , pri brzini strujanja vazduha u fasadnom preseku  $w = 3 \text{ m/s} - 6 \text{ m/s}$  (izuzetno do  $10 \text{ m/s}$ ). Razlika temperature vazduha na ulazu u kondenzator i izlazu iz kondenzatora  $\Delta t_v = 6^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}$ , a razlika temperature kondenzacije i temperature okolnog vazduha  $\Delta t = 10^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}$  (u klimatizaciji  $18^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}$ ). Srednja razlika temperatura kondenzacije i temperature vazduha iznosi  $\Delta t_v = 7^\circ\text{C} - 11^\circ\text{C}$ . Razmak rebara kod ovih kondenzatora najčešće iznosi  $2 \text{ mm} - 4,5 \text{ mm}$ , a koeficijent  $K$  je  $11 \text{ W/m}^2\text{K} - 15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Kondenzatori koji se koriste u sistemima za klimatizaciju kreću se obično u intervalu od  $14 \text{ W/m}^2\text{K}$  do  $18 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Kondenzatori sa prirodnom cirkulacijom imaju veoma male koeficijente prolaza toplote za glatke cevi  $K = 12 \text{ W/m}^2\text{K} - 15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a za orebrene cevi  $K = 4 \text{ W/m}^2\text{K} - 9 \text{ W/m}^2\text{K}$  (za koeficijente orebrenja 18 do 6). Razlika temperature kondenzacije i temperature okolnog vazduha  $\Delta t = 14^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}$ . I pored malih koeficijenata prolaza toplote, ovi kondenzatori se uglavnom koriste za domaće frižidere zbog mirnog rada.

## **7.3. Kondenzatori hlađeni isparavanjem vode**

### **7.3.1. Atmosferski kondenzatori**

Atmosferski kondenzatori koriste se pretežno u amonijačnim rashladnim instalacijama srednjeg i velikog rashladnog učinka. Zbog velikog koeficijenta prelaza toplote i jednostavne konstrukcije u odnosu na ostale tipove kondenzatora istog rashladnog učinka, atmosferski kondenzator je znatno jeftiniji, ali zauzima veliku površinu i obavezno se postavlja na slobodnim površinama. Postiže se znatna ušteda potrebne vode za hlađenje, u odnosu na druge vrste kondenzatora, sem evaporativnih, naročito pri radu na visokim temperaturama kondenzacije. Uz to zahtevaju stroge uslove za kvalitet vode.

Atmosferski kondenzator se sastoji iz jedne ili nekoliko samostalnih sekcija (cevnih zmijsa), slika 7.6, kroz koje prolazi rashladni fluid. Sekcije su međusobno vezane kolektorima gasovitog i tečnog rashladnog fluida i kolektorima za vodu. Voda za hlađenje se preliva preko cevi sekcija odozgo, i pada u kadu za vodu. Cirkulaciona pumpa obezbeđuje cirkulaciju vode od kade za vodu do kolektora vode. Dovod sveže vode u količini isparene vode vrši se preko ventila sa plovkom.

Kondenzatori se projektuju sa dovodom gasovitog rashladnog fluida odozgo ili odozdo. Dovod gasovitog rashladnog fluida odozdo ima nekoliko prednosti. Kretanjem fluida naviše postiže se protivstrujna razmena toplote. Tečni rashladni fluid odvodi se iz svakog kolena cevne zmijsa tako da se onemogućuje potapanje donjih cevi. Uz to se ulje taloži samo po zidovima donjih cevi, dok su gornje cevi potpuno čiste.

Koeficijent prolaza toplote kod atmosferskih kondenzatora sa dovodom fluida odozgo iznosi  $K = 200 \text{ W/m}^2\text{K} - 250 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a sa dovodom fluida odozdo  $K = 600 \text{ W/m}^2\text{K} - 800 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Količina sveže vode iznosi oko 30 l/h – 40 l/h za 1 kW. Ukupna količina vode koja cirkuliše u sistemu iznosi oko 120 l/h – 150 l/h po 1 kW. Srednja razlika temperature rashladnog fluida i vode iznosi  $\Delta t = 5 \text{ }^\circ\text{C} - 6 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Slika 7.6. Atmosferski kondenzator**

### 7.3.2. Evaporativni kondenzatori

Evaporativni kondenzatori se koriste u rashladnim instalacijama koje mogu koristiti sve komercijalne tipove rashladnih fluida. Princip rada je isti kao kod atmosferskih kondenzatora, ali su efikasniji od njih. Za cirkulaciju vazduha koriste se aksijalni ili centrifugalni ventilatori. Sastoje se iz kućišta u kome se nalaze glatke ili orebrene cevne zmijsa vezane kolektorima kroz koje prolazi rashladni fluid. Voda za hlađenje se sliva preko cevnih zmijsa i skuplja u koritu (slika 7.7).

Pumpa usisava vodu iz korita i potiskuje u kolektor, odakle preko cevi i prskalice voda preliva cevne zmijsa. Slivajući se niz cevne zmijsa voda hladi i kondenzuje rashladni fluid isparavajući i odajući toplotu vazduha koji ventilatori isisavaju iz kućišta. Da bi se smanjio gubitak vode ispred ventilatora se postavlja eliminator kapi.

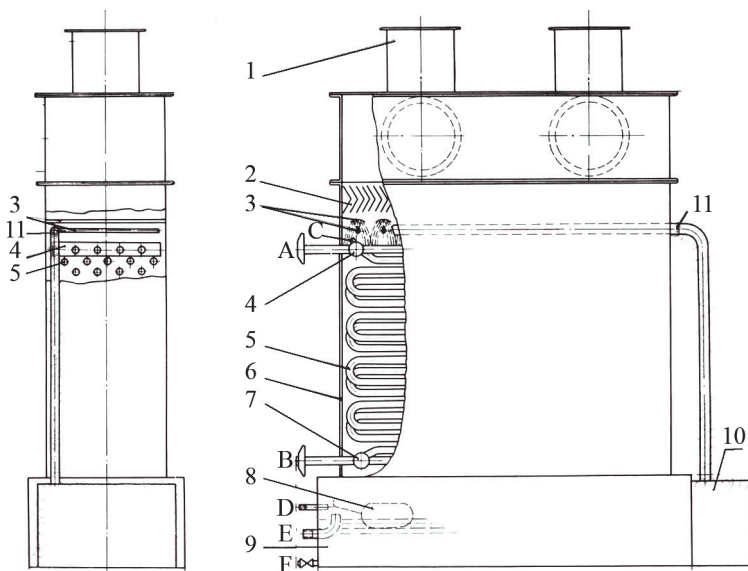
Ova vrsta kondenzatora ima veoma malu potrošnju vode i znatno kompaktniju konstrukciju od atmosferskih kondenzatora. Postavljaju se na otvorenom prostoru.

U novije vreme sve se više koriste evaporativni kondenzatori sa vertikalnim glatkim cevima. Prednost im je jednostavnija i jeftinija konstrukcija. Postavljaju se na otvorenom prostoru.

Koeficijent prolaza toplote za glatke cevi je  $K = 400 \text{ W/m}^2\text{K} \div 600 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dovod sveže vode za hlađenje iznosi 2,5 l/h ÷ 4 l/h po 1 kW. Ukupna količina vode koja

cirkuliše iznosi 100 l/h ÷ 150 l/h po 1 kW. Brzina strujanja vazduha je oko 3 m/s ÷ 4 m/s. Razlika između temperature rashladnog fluida i vode iznosi  $\Delta t = 5\text{ }^{\circ}\text{C} \div 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Evaporativni kondenzatori koriste se u instalacijama srednjeg i većeg rashladnog učinka, najčešće na mestima gde se ne raspoložuje sa dovoljnom količinom vode za hlađenje, ili je njena cena visoka. Koriste se za rad sa amonijakom i freonima.



**Sika 7.7. Evaporativni kondenzator; 1 – kućište sa ventilatorom, 2 – eliminator kapi, 3 – prskalica vode, 4 – ulazni kolektor, 5 – kondenzatorski snop cevi, 6 – kućište kondenzatora, 7 – izlazni kolektor, 8 – ventil sa plovkom, 9 – korito kondenzatora, 10 – kućište sa pumpom za vodu, 11 – kolektor vode za hlađenje, A – ulaz gasovitog fluida, B – izlaz tečnog fluida, C – priključak za ispuštanje vazduha, D – ulaz vode iz vodovoda, E – prelivni priključak, F – priključak za ispuštanje vode**

#### 7.4. Izbor i proračun kondenzatora

Za izbor tipa kondenzatora najvažniji su ekonomski i eksploatacioni faktori: cena instalacije, raspoloživi prostor, količina i cena raspoložive vode, održavanje kondenzatora (čišćenje) i sl.

Protivstrujni kondenzatori primenjuju se i sa većom razlikom temperatura vode na ulazu i izlazu, ali je i kod njih čišćenje otežano. Kod većih instalacija se najradije koriste dobošasti kondenzatori, koji zauzimaju malo mesta, i lako se monitriju. Naročito su ekonomični u blizini reka, jezera i za brodski transport.

Ukoliko se raspoložuje malom količinom vode, prednost imaju atmosferski ili evaporativni kondenzatori pogotovu što ne postavljaju stroge uslove za kvalitet vode.

Kod vazdušnih kondenzatora srednjeg i većeg rashladnog učinka, pored jednostavnije eksploatacije, veoma je važna cena električne energije za pokretanje ventilatora, u odnosu na cenu odgovarajuće količine vode za hlađenje.

Da bi se smanjila potrebna količina vode za hlađenje, na mestima gde je nema dovoljno ili gde je veoma skupa, koriste se *kule za hlađenje vode*. Topla voda dovedena iz kondenzatora se rasprskava i sliva niz ispunu kule, pri čemu se delimično isparava i hladi. Kroz kulu struji vazduh (najčešće pokretan ventilatorom). Ohlađena voda meša se sa svežom i odvodi u kondenzator. Količina sveže vode odgovara zbiru isparene vode i vode koju je u vidu sitnih kapi odneo vazduh, što iznosi od oko 5–8% ukupne količine.

*Toplotno opterećenje (učinak) kondenzatora  $Q_k$*  (količina toplote koju kondenzator preda sredstvima za hlađenje) jednako je zbiru toplote koja se preda isparivačima (rashladni učinak instalacije) i toplote koja odgovara radu izvršenom u kompresoru.

$$Q_k = Q_o + N_k \text{ (W)}$$

gde je:  $Q_o$  – rashladni učinak isparivača (W), a  $N_k$  – snaga kompresora (W).

Za orijentacioni proračun toplotnog opterećenja kondenzatora može se koristiti formula:

$$Q_k = a \cdot Q_o \text{ (W)}$$

gde je  $a$  – koeficijent iz table 7.1.

**Tabela 7.1. Koeficijent „a“ za proračun toplotnog opterećenja kondenzatora**

Temperatura kondenzacije (°C)	Temperatura isparavanja (°C)					
	-40	-30	-20	-10	0	+10
30	1,65	4,46	1,31	1,22	1,14	1,08
45	1,85	1,67	1,49	1,36	1,26	1,18

*Rashladna površina kondenzatora  $F$*  izračunava se prema formuli koja važi za dobošaste, pločaste i vazdušne kondenzatore, dok se za evaporativne i atmosferske kondenzatore zbog komplikovanog proračuna biraju po preporuci proizvođača.

$$P = \frac{Q_k}{K \cdot \Delta t_{\log}},$$

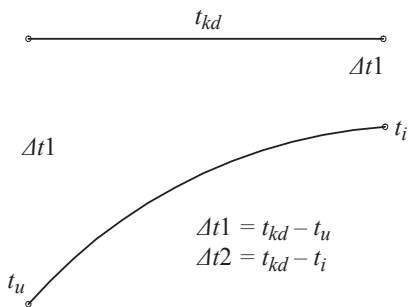
gde su:

$Q_k$  – toplotni učinak kondenzatora (W),

$K$  – koeficijent prolaza toplote (W/m<sup>2</sup>K),

$\Delta t_{\log}$  – srednja logaritamska razlika temperature kondenzacije i sredstava za hlađenje (K) (oznake prema slici 7.8):

$$\Delta t_{\log} = \frac{(t_{kd} - t_u) - (t_{kd} - t_i)}{2,3 \log \frac{t_{kd} - t_u}{t_{kd} - t_i}}.$$



**Slika 7.8. Srednja logaritamska temperaturska razlika**

gde su:

$\Delta t$  – razlika temperatura vazduha na ulazu i izlazu iz kondenzatora (K),

$c_p$  – specifična toplota vazduha u zavisnosti od temperature (1000 J/kgK),

$\gamma$  – specifična težina vazduha (1,13 kg/m<sup>3</sup> za srednju temperaturu vazduha 30 °C).

## 7.5. Regulacija vazдушnih kondenzatora

Vazdušni kondenzatori se uglavnom koriste u manjim rashladnim sistemima. Međutim, u većim sistemima još uvek se u većem broju slučajeva koriste vodom hlađeni kondenzatori, iako ih vazdušni kondenzatori poslednjih godina polako istiskuju. Razlozi sve veće primene ovog tipa kondenzatora su poskupljenje vode i potreba za štednjom vode, kao i mali troškovi održavanja.

Dimenzionisanje vazдушnih kondenzatora, nezavisno od namene rashladnog sistema, zahteva analizu većeg broja eksploatacionih faktora da bi se obezbedio tehnički i ekonomski kvalitet. Prvi, a možda i osnovni problem je u promenljivoj temperaturi vazduha za hlađenje kondenzatora, ukoliko se koristi vazduh iz spoljne sredine. Međutim, pravilno dimenzionisani kondenzator imaće zadovoljavajuće eksploatacione parametre na koje promena spoljne temperature neće suviše uticati.

Većina sistema radi u uslovima nižih temperatura okoline nego što su temperature prema kojima je kondenzator dimenzionisan. Problemi koji se tom prilikom javljaju je često vrlo teško rešiti, kao taj da kondenzator mora biti dimenzionisan prema najvišoj temperaturi okoline, a da može da radi i pri ekstremno niskim temperaturama.

Osnovna formula za dimenzionisanje kondenzatora, prema ranije datoj jednačini, upućuje na činjenicu da je površina kondenzatora konstantna, da se koeficijent prolaza toplote neznatno menja pri promeni temperature okoline i da je jedini uticajni parametar temperaturska razlika ( $\Delta t_{log}$ ). To znači da se učinak kondenzatora direktno menja sa promenom  $\Delta t_{log}$  koja zavisi od temperature kondenzacije ( $t_k$ ) i temperature okoline ( $t_a$ ).

*Primer:* Kondenzator je dimenzionisan prema spoljnoj projektnoj temperaturi  $t_a = 30$  °C i prema temperaturi kondenzacije  $t_k = 45$  °C, tj.  $\Delta t_{log} \approx 15$  K. Ukoliko tem-

Potrebna količina vode za hlađenje (G) izračunava se prema formuli:

$$G = \frac{Q_k}{\Delta t'}$$

gde je  $\Delta t$  – razlika temperatura vode na ulazu i na izlazu iz kondenzatora (K).

Potrebna količina vazduha (V) za hlađenje izračunava se prema formuli:

$$V = \frac{Q_k}{\Delta t \cdot c_p \cdot \gamma'}$$

peratura okoline padne na  $\pm 0$  °C, kondenzator će imati približno tri puta veći učinak pri istoj temperaturi kondenzacije, jer je  $\Delta t_{log} \approx 45$  K.

Kada temperatura okoline opadne i potreba za hlađenjem je, najčešće, manja, pa bi i učinak vazdušnog kondenzatora trebalo da bude manji. Međutim, sa porastom temperaturske razlike povećava se učinak kondenzatora. To znači da je potrebno izbalansirati ceo rashladni sistem, tj. uravnotežiti učinke kompresora, kondenzatora i isparivača. Ravnotežno stanje sistema može se postići pri nižoj temperaturi kondenzacije, što znači pri nižem pritisku kondenzacije. Zbog smanjenja pritiska kondenzacije smanjiće se snaga pogonskog motora kompresora, tj. smanjiće se i učinak kondenzatora. Efekat je u daljem smanjenju pritiska kondenzacije.

Pad pritiska kondenzacije ograničava rad rashladnog sistema iz sledećih razloga:

- povećan protok tečnog rashladnog fluida, zbog većeg učinka kompresora, izaziva probleme u radu ekspanzionog ventila;
- povremene pojave gasne faze rashladnog fluida u tečnom vodu;
- nedovoljnog snabdevanja isparivača tečnim rashladnim fluidom, posebno u slučajevima kada se isparivač nalazi iznad skupljača tečnosti (posledica manjeg pritiska u skupljaču);
- nepravilnog rada ekspanzionog ventila, zbog promene ulaznog pritiska (manji pad pritiska kroz ventil);
- neadekvatnog rada u sistemu sa otapanjem pomoću toplog gasa ili neadekvatne regulacije učinka toplim gasom.

Nedovoljno visok pritisak kondenzacije je za normalan rad rashladnog sistema veći problem nego visok pritisak pri maksimalnim temperaturama okoline.

Rešenje za održavanje dovoljno visokog pritiska kondenzacije može se tražiti u promeni protoka vazduha kroz kondenzator, promeni aktivne površine kondenzatora ili održavanju približno konstantne temperature kondenzacije elementima automatike.

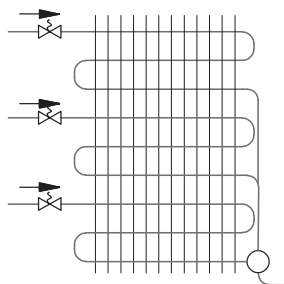
Promena protoka vazduha kroz kondenzator usloviće i promenu temperaturske razlike, što će omogućiti održavanje potrebnog pritiska kondenzacije. Naime, potreban protok vazduha kroz kondenzator utvrđuje se na bazi najviših temperatura vazduha za hlađenje kondenzatora. Na nižim temperaturama smanjivanjem protoka vazduha povećava se temperaturska razlika, a time i pritisak kondenzacije.

Smanjivanje protoka vazduha možemo izvršiti promenom broja obrtaja kola ventilatora, što direktno utiče i na promenu njegovih karakteristika. Kontrola broja obrtaja ventilatora vrši se pomoću elektronskog regulatora (ERN), koji je povezan preko cevi  $\varnothing 6$  mm sa potisnom cevi iz kompresora. Sa druge strane elektrovezom spojen je sa motorom ventilatora. Na samom regulatoru mogu se podešavati minimalni i maksimalni broj obrtaja i pritisak kondenzacije. Uobičajena struja napajanja je, bez releja, do 16 A. Način električnog povezivanja se razlikuje u zavisnosti od tipa regulatora, pa pre konkretne primene treba konsultovati proizvođača.

Korišćenjem većeg broja ventilatora u sklopu jedne kondenzatorske površine protok vazduha se reguliše uključivanjem i isključivanjem pojedinih ventilatora. Ovim načinom upravljanja protokom vazduha koriste se presostati visokog pritiska, po jedan za svaki ventilator ili jedan višestepeni.

U svim ovim slučajevima element za regulaciju rada ventilatora (osim elektronskog regulatora za promenu broja obrtaja) jeste presostat visokog pritiska, ali se umesto njega može koristiti i odgovarajući termostat. S obzirom da je pritisak kondenzacije u direktnoj vezi sa temperaturom vazduha, primena termostata je adekvatna primeni presostata. Pošto na presostat direktno deluje veličina (pritisak) zbog koje se regulacija i vrši, njegova primena je primerenija. Termostat se koristi u instalacijama koje se rekonstruišu, jer se rashladni sistem u tom slučaju ne mora otvarati.

Pri ovom načinu regulisanja protoka vazduha kroz kondenzator treba voditi računa o uticaju promaje, odnosno brzine vetra na učinak kondenzatora. Kod kondenzatora koji su izloženi vetrovima, uticaj promaje je izražen, pa se problem stabilizacije pritiska ne može rešiti isključivanjem pojedinih ventilatora. S obzirom da je ceo kondenzator pun rashladnog fluida, pri većim brzinama strujanja vazduha proces pothlađivanja fluida se nastavlja i kada ventilatori ne rade. Uticaju vetra izloženi su naročito kondenzatori postavljeni na krovove i na otvoreni prostor, a nepovoljniji je uticaj na vertikalne nego na horizontalne kondenzatore.



**Slika 7.9. Regulacija aktivne površine kondenzatora**

Efekat promaje delimično se može izbeći ukoliko se pored redukcije protoka vazduha redukuje i površina kondenzatora. Zatvaranje dovoda rashladnog fluida u pojedine kondenzatorske površine uz pomoć elektromagnetnih ventila vrši se jednovremeno sa isključenjem odgovarajućeg ventilatora (slika 7.9). Primenom magnetnih ventila ostvaruje se potapanje kondenzatora tečnim rashladnim fluidom. Radom magnetnih ventila upravlja presostat koji reaguje na promenu pritiska. Kada pritisci dostignu zadatu vrednost, ventili se otvaraju, a ostaju otvoreni onoliko dugo koliko su pod naponom. Ako pritisak nastavi da raste otvara se sledeći ventil, a zatvara prethodni. U neaktivnom delu kondenzatora, ispod nivoa uključenog ventila, nalazi se tečni rashladni fluid. U ovakvom sistemu jedan magnetni ventil uvek mora biti pod naponom (otvoren).

Kontinualna regulacija protoka vazduha se može postići i podešavanjem ugla lopatica kola aksijalnih ventilatora, ali se to rešenje, zbog skupoće, preporučuje samo za ventilatore većih prečnika.

Povremeno se primenjuje i rešenje sa stvaranjem veštačkog otpora strujanju vazduha kojim se kondenzator hladi, čime se povećava pad pritiska vazduha kroz taj veštački otpor, a čime se smanjuje protok vazduha kroz kondenzator, ali je to rešenje neekonomično.

Ostala rešenja i način regulisanja učinka kondenzatora podrazumevaju upotrebu automatskih ventila, a ona će biti opisana u poglavlju 11.



---

## Isparivači

Isparivači su razmenjivači toplote u kojima rashladni fluid isparava oduzimajući toplotu okolnoj sredini. U njima se odigrava proces isparavanja (ključanja), prelaska tečnog rashladnog fluida u zasićenu, suhu ili pregrejanu paru. Temperatura isparavanja zavisi od pritiska u isparivaču i niža je od temperature hlađenog prostora. Temperaturska razlika, pogodna konstrukcija i položaj isparivača omogućuju dobar prenos toplote na rashladni fluid.

Za raznovrsne namene postoje različite konstrukcije isparivača.

Prema načinu punjenja rashladnim fluidom isparivači mogu biti:

1. isparivači sa direktnom ekspanzijom (suvi isparivači) i
2. preplavljeni (potopljeni) isparivači.

U zavisnosti od vrste sredine koja se hladi može se izvršiti ovakva podela:

1. isparivači za hlađenje vazduha i
2. isparivači za hlađenje tečnosti.

Isparivači mogu biti sa prirodnom i prinudnom cirkulacijom vazduha odnosno tečnosti.

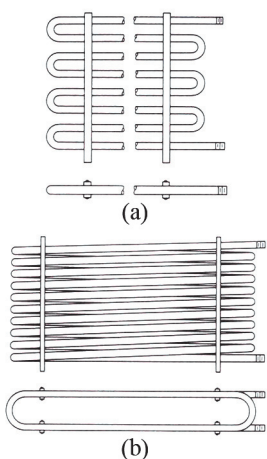
U konstrukcionom pogledu, isparivač treba da ispunji sledeće uslove: da je napravljen od materijala koji dobro prenosi toplotu, da poseduje oblik koji omogućuje što bolju razmenu toplote sa okolinom, da je odgovarajuće čvrstoće da izdrži pritisak rashladnog fluida bez curenja, da omogućujući povratak ulja, koje u njega dolazi zajedno sa rashladnim fluidom.

Pravilan izbor i položaj isparivača bitni su uslovi za postizanje dobrog efekta hlađenja.

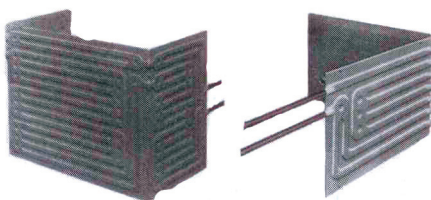
### 8.1. Isparivači sa direktnom ekspanzijom

Rashladni fluid u tečnom slanju dolazi u isparivač preko regulacionog ventila (termostatskog ekspanzionog ventila), ili kapilarne cevi. Ovi elementi regulišu pritisak i protok fluida na ulazu u isparivač. U isparivač sa direktnom ekspanzijom propušta se samo ona količina rashladnog fluida koja može u potpunosti da ispari i da se pregreje nekoliko stepeni pri prolazu kroz isparivač.

Prvi deo zapremine isparivača sa direktnom ekspanzijom ispunjen je fino raspršenom tečnošću rashladnog fluida, koja na izlazu iz isparivača prelazi u vlažnu, odnosno pregrejanu paru. Proces isparavanja počinje po prolasku tečnog fluida kroz prigušni organ. Rashladni fluid ulazi u isparivač u obliku mešavine tečnosti i pare, da bi se u daljem toku udeo pare u mešavini sve više povećavao i srazmerno smanjivao udeo tečnosti.



**Slika 8.1. Cevni isparivači**



**Slika 8.2. Isparivači za kućne frižidere**

Najjednostavniji oblik isparivača sa direktnom ekspanzijom je u obliku spiralnih cevi izrađenih od bakra ili čelika (slika 8.1).

Isparivači za kućne frižidere su takođe sa direktnom ekspanzijom. Izrađuju se presovanjem aluminijumskih limova, kao na slici 8.2. Kroz kanale struji rashladni fluid, prima toplotu iz okoline i isparava. Ovako proizveden isparivač sa direktnom ekspanzijom naziva se i „frizer“, jer se koristi za smrzavanje namirnica, čuvanje smrznutih namirnica i pravljenje kockica leda.

## 8.2. Preplavljeni isparivači

Za razliku od isparivača sa direktnom ekspanzijom, zapremina preplavljenih isparivača je delimično ili potpuno ispunjena rashladnim fluidom u tečnom stanju. Na slici 8.3 prikazan je jednostavniji oblik preplavljenog isparivača.

Kod ovih isparivača nastala para rashladnog fluida se probija kroz tečnost skupljajući se pri vrhu isparivača. Tečni rashladni fluid se u isparivaču održava na nepromenjenom nivou. Prisustvo tečnosti osigurava veliki koeficijent prelaza toplote, tj. efikasnu razmenu toplote. Smanjenje pritiska isparavanja je pomoću regulacionog ventila.

Preplavljeni isparivači se koriste najviše u amonijačnim instalacijama. Cirkulacija rashladnog fluida kroz preplavljeni isparivač može biti prinudna ili prirodna. Broj cirkulacija predstavlja odnos tečnosti koja dolazi u isparivač prema isparenoj količini rashladnog fluida. Broj cirkulacija sa cirkulacionom pumpom se kreće do 5 (10).

## 8.3. Isparivači za hlađenje vazduha

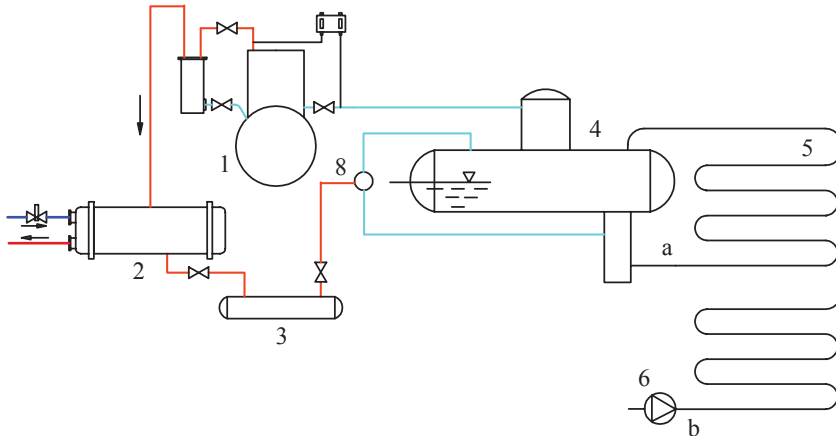
Isparivači za hlađenje vazduha mogu biti sa prirodnom ili prinudnom cirkulacijom vazduha.

Isparivači za hlađenje vazduha sastoje se od glatkih i orebrenih bakarnih ili čeličnih cevi. Rebra (lamele) kod bakarnih cevi su od aluminijuma (ređe od bakra), a kod čeličnih cevi od čelika. U posebnim slučajevima čelične cevi se mogu orebravati i aluminijumskim lamelama. Čelični razmenjivači toplote se najčešće toplo cinuju, što im daje kvalitetnu zaštitu i jednovremeno bolji kontakt lamele i cevi.

Isparivači sa prinudnom cirkulacijom vazduha imaju široku primenu u rashladnim uređajima i instalacijama, koji zahtevaju intenzivniji prelaz toplote sa robe na vazduh i sa vazduha na rashladnu površinu isparivača. Povećanjem brzine strujanja povećava se koeficijent prelaza toplote sa vazduha na spoljnu površinu ispa-

rivača, što uzrokuje smanjenje rashladne površine u odnosu na isparivače sa mirnim hlađenjem.

Isparivač se sastoji od snopa orebrenih cevi smeštenih u kućište od lima, na kome su montirani jedan ili više ventilatora (najčešće aksijalnih) i kade za prihvatanje vode od otapanja isparivača (slika 8.4). U isparivače za temperature isparavanja ispod 0 °C ugrađuju se elementi za otapanje isparivača i kada za prihvatanje vode.



**Slika 8.3. Preplavljeni isparivač; a – cirkulacija rashladnog fluida gravitacijom, b – pumpana cirkulacija; 1 – kompresor, 2 – kondenzator, 3 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 4 – odvajač tečnosti, 5 – isparivač, 6 – isparivač, 7 – cirkulaciona pumpa, 8 – regulacioni ventil**

Isparivači sa prinudnom cirkulacijom vazduha rade pri manjim temperaturnim razlikama nego isparivači sa prirodnom cirkulacijom. Pad temperature vazduha od ulaza do izlaza kroz isparivač iznosi  $\Delta t = 3 \text{ }^\circ\text{C} \div 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ovi isparivači mogu biti sa direktnom ekspanzijom ili preplavljeni.

Za rad na niskim temperaturama, zbog nagomilavanja inja i leda, korak lamela je veći, dok na višim temperaturama može biti manji. Za isparivače koji rade na niskim temperaturama isparavanja pri velikoj količini vlage, rastojanje lamele najčešće iznosi 8 mm do 15 mm. Pri temperaturama isparavanja iznad 0 °C ovo rastojanje iznosi 3 mm do 6 mm. Za isparivače koji rade na niskim temperaturama mogu se koristiti i isparivački blokovi sa manjim korakom, ali uz uslov da se češće otapaju i da imaju intenzivnije otapanje (veću snagu elektrogrejača, veću količinu vode za otapanje, veći protok toplog gasa). Kod većih isparivača, posebno u amonijačnim instalacijama, koristi se kombinacija toplog gasa i vode.



**Slika 8.4. Isparivači za hlađenje vazduha**

Vazdušni hladnjaci sa prinudnom cirkulacijom mogu biti različitih konstrukcionih rešenja, čija je osnovna namena poboljšanje razmene toplote između vazduha i isparivača. Prema mestu postavljanja dele se na tavanaške, zidne ili ležeće. Vrlo važan parametar isparivača sa prinudnom cirkulacijom vazduha je domet vazdušne struje. On se mora posebno definisati da bi se obezbedila dobra cirkulacija hladnog vazduha do svih delova hladene prostorije.



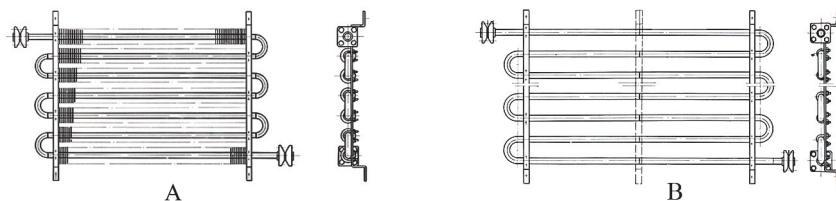
**Slika 8.5. Isparivač bakar-aluminijum za hlađenje vazduha prirodnom cirkulacijom**

Isparivači sa prirodnom cirkulacijom vazduha se najčešće izrađuju u obliku glatkih ili orebrenih cevi. Oblik i veličina isparivača i konstrukciona rešenja, menjaju se od slučaja do slučaja, što zavisi od namene rashladnog uređaja i od mogućnosti i potrebe njihovog smeštaja.

Ovi isparivači imaju veliku primenu u raznim komercijalnim uređajima (ormani, pultovi, vitrine) u kojima se koriste freoni. Prave se od bakarnih cevi i aluminijumskih rebara (slika. 8.5). Rebra sa cevima moraju imati dobar kontakt, koji se postiže ekspanzijom cevi hidraulično ili mehanički.

Isparivači od glatkih ili orebrenih čeličnih cevni zmija (slika 8.6), koriste se za komore za čuvanje smrznute robe. Radi zaštite od korozije, ovi isparivači se toplo cinkuju. Cink se zaliva oko cevi i lamela i na taj način se postiže dobar kontakt ova dva dela. Ovakvi isparivači se najviše koriste u amonijačnim instalacijama.

U cilju smanjenja dimenzija, isparivači se često izrađuju od više paralelnih cevni zmija, koje se orebravaju zajedničkim lamelama. Oblik lamela može biti veoma različit. Orebravanje se obavlja ručnim ili mašinskim nabijanjem lamela na cevi, sa malim zazorom, posle čega se ceo snop toplo cinkuje (kao čelični isparivač), što obezbeđuje dobro provođenje toplote.



**Slika 8.6. Isparivači sa prirodnom cirkulacijom vazduha, orebren (A) i sa glatkim cevima (B); 1 – cev, 2 – orebranje, 3 – koleno, 4 – prirubnica**

U prostorijama hlađenim cevni zmijama cirkulacija vazduha se ne oseća, ali nastaje usled hlađenja vazduha u dodiru sa cevni zmijama, usled čega on struji u donju zonu hladene prostorije a na njegovo mesto dolazi topliji vazduh.

Da bi se obezbedio potreban rashladni učinak, isparivači se često postavljaju na plafon i zidove, što je čest slučaj kod velikih komora za skladištenje smrznute robe.

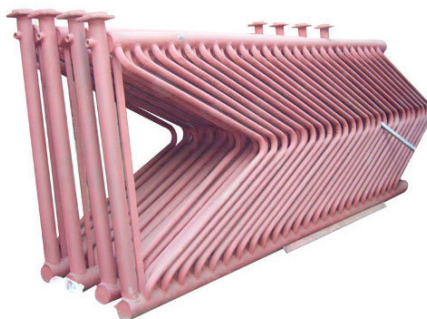
Isparivači sa prirodnom cirkulacijom vazduha (poznati i pod nazivom isparivači sa mirnom cirkulacijom) mogu biti sa direktnom ekspanzijom ili preplavljeni.

Za prihvatanje vode i leda pri otapanju ispod isparivača postavljaju se otkaplivači.

#### 8.4. Isparivači za hlađenje tečnosti

Isparivači za hlađenje tečnosti imaju široku primenu u tehnici hlađenja. Najviše su u upotrebi cevni, dobošasti i pločasti isparivači.

Cevni isparivači su u obliku cevne zmije, najčešće su potopljeni u tečnost koja se hladi. Za freonske sisteme prave se od glatkih bakarnih cevi, a za amonijačne instalacije od čelika (slika 8.7) i obično su preplavljenog tipa. Ovakvi isparivači često se koriste za formiranje leda oko cevi u cilju obezbeđenja akumulacije rashladne energije. Ovakva rešenja susrećemo u sistemima koji za kratak vremenski period postižu veliki rashladni kapacitet (mlekare, klimatizacija i sl.). U cilju povećanja koeficijenta prelaza toplote sa tečnosti koja se hladi na cevi isparivača, koriste se mešalice ili cirkulacione pumpe, a to povoljno utiče i na ravnomernu akumulaciju leda. Veoma često se ovakvi isparivači proizvode u obliku isparivačkih blokova, sastavljenih od više cevnih zmija i spojenih sabirnim i razdelnim kolektorima.



Slika 8.7. Isparivač „riblja kost“

Dobošasti isparivači – hladnjaci za tečnost, primenjuju se za hlađenje vode, piva, sole i drugih tečnosti u instalacijama srednjih kapaciteta. Najširu primenu nalaze u instalacijama za klimatizaciju, zatim u raznim rashladnim postrojenjima, u industriji za hlađenje ulja, za razne tehnološke procese i slično. Zbog oblika i kompaktne konstrukcije zauzimaju malo mesta. Mogu biti sa direktnom ekspanzijom i preplavljeni (slika 8.8). Kod dobošastog isparivača sa suvom ekspanzijom kroz cevi cirkuliše rashladni fluid, a oko cevi tečnost koja se hladi. Kod isparivača preplavljenog tipa kroz cevi cirkuliše tečnost, a oko cevi se nalazi rashladni fluid čiji se nivo održava konstantnim pomoću elemenata automatike.



Slika 8.8. Dobošasti isparivači za hlađenje vode

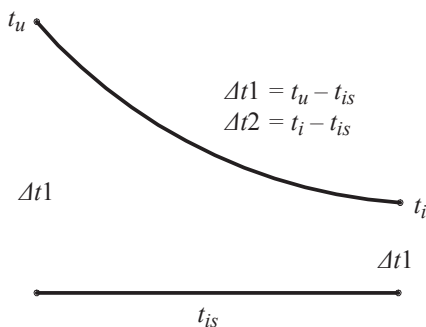
Osim priključaka za dovod i odvod rashladnog fluida i tečnosti, kod dobošastih isparivača amonijačnih instalacija postoji priključak za ispuštanje ulja. U freonskim instalacijama, zbog rastvaranja ulja u freonu, ovaj priključak nije potreban, jer ulje zajedno sa freonom dolazi u kompresor.

Dobošasti isparivači moraju se termički izolovati, kako bi se umanjili toplotni dobitci iz okoline.

Pored dobrih osobina koje poseduju u vidu jednostavnosti, kompaktnosti konstrukcije i mogućnosti dobijanja potpuno zatvorenog sistema cirkulacije tečnosti, dobošasti isparivači imaju i nedostatke, od kojih je značajna opasnost od zamrzavanja tečnosti i pucanja cevi.



**Slika 8.9. Pločasti isparivači**



**Slika 8.10. Srednja logaritamska razlika temperatura kod isparivača**

$$\Delta t_{\log} = \frac{(t_u - t_{is}) - (t_i - t_{is})}{2,3 \log \frac{t_u - t_{is}}{t_i - t_{is}}}$$

Orijentacione vrednosti koeficijenta K za pojedine tipove isparivača prikazane su u tabeli 8.1.

Vrednost srednje temperaturske razlike  $\Delta t$  najčešće iznosi za hlađenje tečnosti 5 °C – 6 °C, za hlađenje vazduha prirodnom cirkulacijom 10 °C – 15 °C i za hlađenje prinudnom cirkulacijom 6 °C – 10 °C.

Pločasti isparivači (slika 8.9) su novije konstrukcije koji sve više zamenjuju dobošaste isparivače. Kompaktni, malih dimenzija, visoke efikasnosti prenosa toplote nalaze široku primenu u hlađenju tečnosti. Osnovna mana im je veliki rizik od smrzavanja zbog male zapremine tečnosti, što iziskuje ugradnju posebne automatike. Ovakva konstrukciona rešenja primenjuju se i kod vodom hlađenih kondenzatora.

### 8.5. Izračunavanje rashladne površine isparivača

Količina toplote (Q) koja sa okolnih tela može da pređe na isparivač zavisi od njegove površine (A), srednje razlike temperature okolnih tela ili prostorije i temperature isparavanja rashladnog fluida, kao i koeficijenta prolaza toplote (K).

Površina isparivača može se izračunati na osnovu sledećeg obrasca:

$$P = \frac{Q_o}{K \cdot \Delta t_{\log}}$$

gde su:

$Q_o$  – časovna potreba za toplotom za hlađenje (rashladni učinak isparivača) (W),

K – koeficijent prolaza toplote (W/m<sup>2</sup>K),

$\Delta t_{\log}$  – srednja logaritamska temperaturska razlika, (oznake na sl. 8.10) (K)

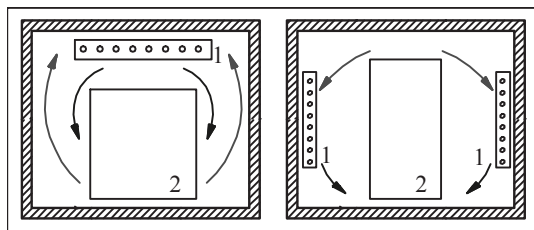
**Tabela 8.1. Koeficijent prelaza toplote za isparivače**

	<b>Tip isparivača</b>	<b>K (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>Napomena</b>
1	Isparivači za hlađenje vazduha		Za preplavljene isparivače uvećati vrednosti za 15 ÷ 20%
1.1	Direktna ekspanzija, freonski isparivači sa orebrenim cevima, prirodna cirkulacija	4,5÷6	$\Delta t = 15 \div 15$ K
1.2	Direktna ekspanzija, freonski, pločasti sa utisnutim lamelama, prinudna cirkulacija	10÷15	$\Delta t = 15 \div 15$ K
1.3	Amonijačni isparivači u vidu vertikalnih cevi na zidu, orebrene cevi	7÷10	Temperatura vazduha – 18 °C ÷ –20 °C, $\Delta t = 10$ K, 14 do 18 glatkih cevi po visini, 10 orebrenih po visini
1.4	Amonijačni isparivači u vidu vertikalnih cevi na zidu, glatke cevi	4,5	
1.5	Amonijačni isparivači u vidu horizontalnih glatkih cevi na tavanici	6÷7	Temperatura vazduha – 18 °C ÷ –20 °C, $\Delta t = 10$ K
1.6	Direktna ekspanzija sa prinudnom cirkulacijom vazduha, glatke cevi	30÷50	Brzina vazduha u najužem preseku 3 do 5 m/s
1.7	Direktna ekspanzija sa prinudnom cirkulacijom vazduha, orebrene cevi	10÷25	
2	Isparivači za hlađenje tečnosti		
2.1	Potopljeni, u vidu cevne zmijske sa mešalicom	250÷300	
2.2	Potopljeni sa vertikalnim cevima	500÷650	
2.3	Dobošasti amonijačni isparivači, potopljeni	250÷800	
2.4	Dobošasti freonski isparivači sa direktnom ekspanzijom, glatke cevi	350÷900	
2.5	Dobošasti freonski isparivači sa direktnom ekspanzijom, cevi sa unutrašnjim orebrenjem	500÷1200	

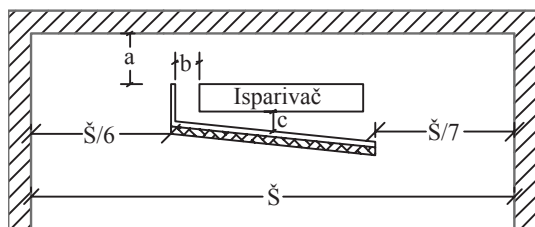
## 8.6. Položaj isparivača za hlađenje vazduha

Da bi se obezbedila što bolja cirkulacija vazduha, a time i bolja razmena toplote, od velikog je značaja pravilno postavljanje isparivača. Pri tome treba imati u vidu da lakši topliji vazduh struji na gore, a hladan na dole. Za usmeravanje struje vazduha upotrebljavaju se usmerivači vazduha i kanali.

Isparivači sa prirodnom cirkulacijom vazduha postavljaju se na tavanicu ili zidove prostorije koja se hladi (slika 8.11). Tavanski isparivači obezbeđuju bolju raspodelu toplote, ali zahtevaju ve-



**Slika 8.11. Strujanje vazduha kod isparivača sa prirodnom cirkulacijom; 1 - isparivači, 2 - roba koja se hladi**



**Slika 8.12. Položaj plafonskog isparivača sa mirnom cirkulacijom vazduha**

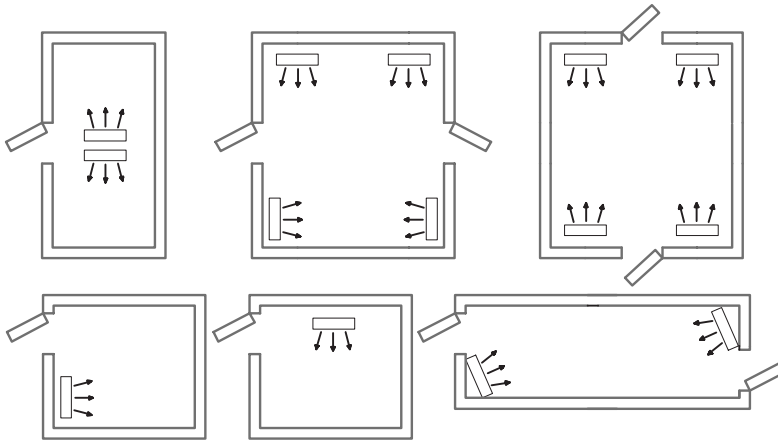
a veličina „c“ 50 mm do 100 mm. Otkapljivač se obavezno izoluje sa donje strane.

Isparivači – hladnjaci sa prinudnom cirkulacijom vazduha mogu biti postavljeni na pod (ležeći hladnjaci), na zid (zidni hladnjaci) ili na plafon (plafonski hladnjaci).

*Hladnjake* je potrebno povezati sa više raznih instalacija kao što su električna struja za pogon ventilatora i električnih grejača za otapanje (ukoliko ih ima), vodo- vod zbog vode koja se koristi za otapanje isparivača, kanalizacija za odvod vode od otapanja, dovod svežeg vazduha kada se vazdušni isparivač koristi za pothlađivanje svežeg vazduha i druge u zavisnosti od namene sistema. Svi priključci moraju biti izvedeni tako da bi im se lako moglo pristupiti u slučaju neke intervencije.

Na slici 8.13 prikazani su pojedini položaji isparivača i pravci cirkulacije vazduha u hladenoj komori. Kod plafonskih isparivača potrebno je voditi računa da se postave tako (slika 10.14) da se vazduh usisava preko isparivačke sekcije, jer se time obezbeđuje ravnomernija raspodela vazduha unutar same sekcije.





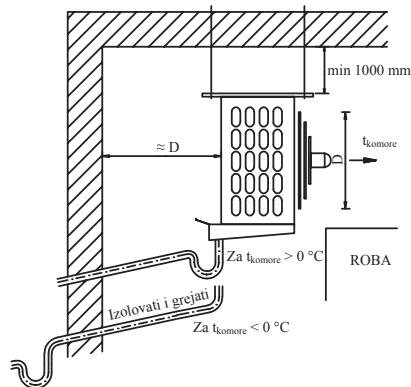
**Slika 8.13. Položaj isparivača sa prinudnom cirkulacijom vazduha u odnosu na zidove komore**

## 8.7. Otapanje isparivača

Potreba za povremenim otapanjem vazdušnih isparivača, kod kojih je temperatura površine dovoljno niska da se na njoj formira inje ili led, uobičajena je u rashladnim komorama gde se hlade ili održavaju razni proizvodi. Koliko često se isparivač mora otapati zavisi od tipa isparivača, namene instalacije i metode otapanja. Veliki isparivači sa glatkim cevima za potrebe održavanja ohlađenih ili smrznutih proizvoda, otapaju se jednom ili dva puta u toku meseca. Međutim, orebreni isparivači za intenzivno smržavanje otapaju se jednom ili više puta u toku dana. U nekim nisko-temperaturnim sistemima otapanje isparivača je kontinualno prskanjem rasoline ili nekog rastvora antifrizu.

Vreme otapanja zavisi od stepena oinjenja isparivača i količine toplote koja se dovodi isparivaču u cilju otapanja. Stepent oinjenja zavisi od tipa rashladnog sistema, godišnjeg doba i učestalosti otapanja. Kao opšte pravilo važi da učestalo otapanje isparivača utiče na manju akumulaciju inja, a time i na kraće vreme otapanja.

Vreme kada je potrebno otpočeti sa otapanjem je sa termodinamičke tačke gledišta potpuno jasno, međutim, u praksi taj momenat je teško ustanoviti na jednostavan način. Ukoliko želimo da isparivač u svom celokupnom vremenu rada



**Slika 8.14. Položaj plafonskog isparivača u odnosu na zidove komore**

uvek ima približno istu efikasnost, ne treba dozvoliti velike naslage inja po njegovoj površini. Sa druge strane, odmah nakon početka rada inje počinje da se hvata, utoliko brže ukoliko je intenzivnija razmena toplote sa vazduhom koji ima visoki sadržaj vlage. Ako se radi o orebrenom isparivaču, treba obezbediti dovoljno razmaka između lamela isparivača da bi vazduh nesmetano prolazio.

Sa druge strane dužina procesa otapanja je takođe važan faktor. Izabрати kraće vreme i uključiti proces hlađenja pre nego što se i poslednji delić inja ili leda otopio, usloviće i veće probleme, skoro kao da nije bilo otapanja, što može da izazove blokiranje isparivača. U sledećem ciklusu otapanja taj momenat bi bio još izraženiji i ne bi se mogao ispraviti bez intervencije. Međutim, ukoliko bi proces otapanja trajao duže nego što je potrebno, došlo bi do zagrevanja okolnog vazduha i eventualano bi se narušili parametri hlađenog prostora, povećao utrošak energije i otežao dalji proces hlađenja.

Da bi se odredilo pravo vreme početka otapanja i da bi ono trajalo onoliko koliko je to potrebno, najsigurniji način je ručna manipulacija. Međutim, kako to nije uvek moguće, potrebno je predvideti minimum automatike koja preuzima funkcije početka i prestanka procesa otapanja.

Najjednostavniji način je predvideti vremenski relej, koji prema unapred utvrđenom vremenu počinje sa procesom otapanja i po utvrđenom vremenu prestaje sa radom. Za ovakav način automatizacije mora se dobro poznavati mehanizam odvajanja vlage na isparivaču kao i njena količine. Zbog toga se ovaj metod koristi samo za relativno uravnotežene sisteme kod kojih su vreme izdvajanja vlage i izdvojena količina vlage uravnoteženi u toku dana.

Ukoliko bismo analizirali važnost početka i dužine trajanja otapanja, smatramo da je mnogo važnije tačno odrediti dužinu trajanja. Dužinu trajanja otapanja možemo sa sigurnošću kontrolisati temperaturom površine isparivača ili pritiskom rashladnog fluida u cevima isparivača. To se postiže preko termostata koji evidentira temperaturu površine isparivača i koji je najčešće fiksiran na temperaturu od 5 °C, što garantuje da se celokupna površina otopila. S obzirom da termostat konstatuje temperaturu površine isparivača preko svog senzora, treba voditi računa o njegovom pravilnom postavljanju.

Isto važi i za presostat koji konstatuje pritisak zasićenja, koji odgovara temperaturi od 5 °C.

Učestalost otapanja isparivača sa prinudnom cirkulacijom sa neujednačenim izdvajanjem vlage može se rešiti postavljanjem diferencijalnog presostata, koji meri razliku pritiska vazduha pre i posle isparivačkog bloka. Povećanjem debljine sloja inja na površini isparivača raste i pad pritiska, koji evidentira diferencijalni presostat. Pri unapred podešenoj vrednosti, diferencijalni presostat isključuje ventilator isparivača i uključuje proces otapanja.

U praksi najčešće susrećemo vremenski relej koji tačno u određeno vreme započinje proces otapanja i zaustavlja otapanje kada temperatura površine isparivača dostigne +5 °C.

### **8.7.1. Metode otapanja**

Otapanje isparivača vrši se na nekoliko načina. U zavisnosti od toplotnog izvora koji se koristi za topljenje inja ili leda, ono je prirodno ili sa dopunskim to-

plotnim izvorom. Prirodno otapanje se koristi kada je temperatura okolnog vazduha iznad 0 °C i kada se prestankom rada kompresora ili jednog isparivača koristi toplota vazduha za otapanje (manji komercijalni uređaji i frižideri u domaćinstvu). Kao dopunski toplotni izvor za otapanje koriste se toplota vode, ređe rasolne, električni grejači i topli gas iz potisa kompresora.

Sve metode prirodnog otapanja zahtevaju da sistem ili isparivač budu isključeni dovoljno dugo da bi temperatura isparivača porasla do nivoa kada počinje otapanjeinja. Dok traje otapanje isparivača temperatura u hlađenom prostoru raste. Vreme otapanje mora da bude dovoljno dugo da obezbedi kompletnu eliminacijuinja, a jednovremeno dovoljno kratko da temperatura prostora ne poraste iznad dozvoljene granice. U svakom slučaju temperatura okolnog vazduha treba da je 3 °C do 4 °C i da povišenje temperature vazduha za oko 2 °C ne utiče na koncept hlađenja. Ovakav sistem otapanja u praksi se može, u najboljem slučaju, predvideti za temperature od 1 °C naviše. Što je viša temperatura hlađenog prostora i viša temperatura površine isparivača (približno temperaturi isparavanja), to je i efikasnost otapanja veća.

Najjednostavniji metod otapanja je ručno isključiti sistem, sve dok se isparivač ne zagreje do temperature otapanjainja, posle čega se sistem ponovo uključuje. Ukoliko je isparivač sa prinudnom cirkulacijom vazduha, ventilator može da radi izvesno vreme u cilju intenzivnije razmene toplote sa okolnim vazduhom. Ako je nekoliko isparivača u različitim prostorima povezano sa jednim kompresorom, isključivanje isparivača se vrši pojedinačno, uz pomoć ručnog zaustavnog ventila postavljenog na tečnom vodu neposredno ispred isparivača.

Ako je potrebno obezbediti automatsko otapanje, koristi se vremenski relej za otapanje pomoću koga se isključuje sistem ili isparivač iz rada jednom u toku dana, najčešće oko ponoći, tj. u vreme kada se ne vrši nikakva manipulacija u hlađenom prostoru. Ponovno uključivanje sistema, tj. isparivača, vrši se takođe vremenskim relejom nakon nekoliko sati, što zavisi od specifičnih uslova eksploatacije odnosno količine nahvatanoginja i temperature okoline, trudeći se da vreme kada isparivač bude van pogona bude što kraće. Ako je u pitanju jedan kompresor sa jednim isparivačem, vremenski relej isključuje kompresor. Ako postoji veći broj isparivača smeštenih u više prostorija sa jednim zajedničkim kompresorom, isključuje (zatvara) se magnetni ventil na tečnom vodu isparivača koji se otapa. Preporučuje se da se otapanje pojedinih isparivača ne vrši jednovremeno, već u vremenskim razmacima.

Ovu metodu otapanja nije preporučljivo koristiti više puta u toku dana, jer bi to znatno poremetilo temperaturski režim hlađenog prostora. Međutim, ukoliko je temperatura isparavanja neznatno ispod 0 °C, a temperatra okolnog vazduha 8 °C do 10 °C, može se očekivati da se posle svakog ciklusa hlađenja obezbedi prirodno otapanje.

### 8.7.2. Otapanje vodom

Kada su temperature isparivača do ~ -40 °C, otapanje se može izvesti prskanjem vode preko isparivačke površine. Za temperature ispod -40 °C umesto vode koriste se rastvori ili antifriz. Iako se ova vrsta otapanja može automatizovati, ono se obično vrši pomoću ručnih ventila. Ova metoda otapanja se najčešće koristi

kod velikih isparivača za potrebe brzog smrzavanja (kontinualni ili šaržni tuneli), samostalno ili u kombinaciji sa toplim gasom.

Da bi se izbegla mogućnost zamrzavanje vode u odvodnim cevima, isparivač se postavlja u neposrednoj blizini spoljnog zida, ili se odvodna cev greje električnim grejačima. Odmah po napuštanju hlađenog prostora, odvodna cev mora da ima sifon, koji sprečava prodor toplog vazduha i mirisa iz spoljne sredine u hlađeni prostor. Pored toga, treba voditi računa da se zaostala voda u dovodnoj cevi lako eliminiše kako ne bi došlo do njenog zamrzavanja. Da bi se voda eliminisala na jednostavan način, potrebno je ventil za dovod vode postaviti iznad isparivača, a cev izolovati. Voditi računa da dovodna i odvodna cev imaju potrebne nagibe u smeru oticanja. Da ne bi došlo do prelivanja kade ispod isparivača za prihvat vode i leda, ona mora biti dovoljne zapremine da primi celokupnu zapreminu inja i leda. Brzina otapanja i brzina odvoda vode u velikoj meri zavise i od njene temperature. Iz tih razloga se preporučuje da se prethodno voda za otapanje greje toplotnom energijom iz kondenzatora.

Ukoliko se koriste neki rastvor ili antifriz, tečnost od otapanja se vraća u poseban rezervoar u cilju štednje. Rezervoar mora da bude dovoljne zapremine da primi svu količinu rastvora ili antifrizu uvećanu za količinu vode iz inja i leda sa isparivača.

Pošto koncentracija rastvora ili antifrizu slabi zbog vode od leda i inja, potrebno je povremeno izvršiti ponovnu koncentraciju rastvora do početnog stanja uz pomoć posebnog uređaja.

### **8.7.3. Otapanje električnom energijom**

Električni grejači se vrlo često koriste za otapanje orebrenih isparivača. Prave se u obliku štapova i ubacuju u orebrene sekcije isparivača kroz posebno pripremljene otvore. Iako je lokacija grejača u osi isparivačke cevi najbolja, zbog tehnoloških poteškoća zaptivanja češće se koriste grejači koji se postavljaju između isparivačkih cevi.

Otapanje električnim grejačima je vrlo slično otapanju uz pomoć vode, s tim što se električni grejači više koriste u sprezi sa automatskim uređajima za kontrolu (vremenski relej, presostat, diferencijalni presostat i sl.).

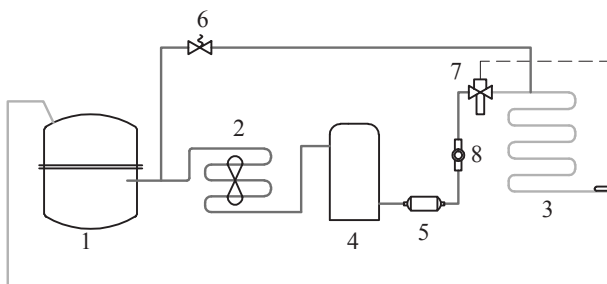
Broj, raspored i snaga grejača određuje se prema uslovima eksploatacije isparivača.

Broj štapova grejača zavisi od površine i dužine isparivača, načina nastrujavanja vazduha, konstrukcije isparivača, brzine vazduha u fasadnom preseku i drugih faktora. Osnovno je da se oni postavljaju bliže zoni ulaza vazduha u isparivač gde je i odvajanje vlage najviše.

### **8.7.4. Otapanje toplim gasom**

Otapanje toplim gasom ima razne varijacije kod kojih je osnovno da se kao toplotni izvor koristi toplota gasa iz potisa kompresora. Jedna od najjednostavnijih metoda otapanja toplim gasom prikazana je na slici 8.15. Obilazni vod sa magnetnim ventilom postavljen je između potisa kompresora i isparivača. Kada je magnetni ventil otvoren, topli gas iz potisa kompresora, zbog manjeg otpora, obilazi kondenzator, skupljač tečnosti i ekspanzioni ventil i ulazi u isparivač odmah iza

ekspanzionog ventila. U isto vreme ventilatori kondenzatora i isparivača prestaju sa radom i ukoliko se na tečnom vodu nalazi magnetni ventil zatvara se. Otapanje se vrši predajom toplote toplog gasa masi isparivača, otapajući inje i kondenzujući se u tečnost. Deo kondenzovane tečnosti ostaje u isparivaču, a deo odlazi u kompresor gde isparava zbog toplote kompresora.



**Slika 8.15. Princip otapanja isparivača toplim gasom; 1 – kompresor, 2 – kondenzator, 3 – isparivač, 4 – skupljač tečnosti, 5 – sušač, 6 – magnetni ventil, 7 – termostatski ekspanzioni ventil, 8 – vidno staklo**

Otapanje toplim gasom ima nekoliko nedostataka. Zbog toga što sva tečnost nije isparila i što se zadržava u isparivaču za vreme procesa

otapanja, ograničena je količina toplog gasa, koja dolazi iz kompresora. Kako vreme otapanja odmiče, tako se tečni rashladni fluid nagomilava u isparivaču, a sve je manje toplog gasa za otapanje.

Drugi mnogo ozbiljniji nedostatak ovog metoda je mogućnost povratka tečnosti u kompresor koja pri tome može izazvati tečni udar. To se može desiti u toku otapanja kao i odmah po njegovom prestanku.

Na sreću, obe ove slabosti mogu se izbeći naknadnim isparavanjem tečnosti, koja je zaostala u isparivaču, pre nego što se vrati u kompresor. Na taj način otapanje toplim gasom dobija u kvalitetu u odnosu na druge metode otapanja.

Ako su dva ili više isparivača povezana u jedinstveni sistem sa jednom kompresorskom jedinicom, isparivači se mogu otapati pojedinačno, što donekle eliminiše nedostatke otapanja toplim gasom.



## Pomoćni aparati

Pomoćni aparati u rashladnim instalacijama spadaju u opremu koja pored glavnih komponenata, kompresora, isparivača, kondenzatora, automatike i cevovoda obezbeđuje pouzdan rad sa zadatim radnim parametrima. Kao najzastupljeniji pomoćni aparati su sudovi pod pritiskom čija izrada, ugradnja i eksploatacija zahteva posebne uslove. Od projektovanja, proizvodnje, montaže a kasnije i eksploatacije, sudovi pod pritiskom podležu nizu propisa koji ovu materiju posebno tretiraju.

U našoj zemlji sudovi pod pritiskom obrađeni su u *Pravilniku o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom* (Sl. list SFRJ br. 16, od 1. aprila 1983).

Po ovom pravilniku pod stabilnim posudama pod pritiskom, u smislu ovog pravilnika, podrazumevaju se posude koje ne menjaju mesto od punjenja do praznjenja, čije su vrste i klase utvrđene propisima za vrste i klase posuda pod pritiskom iz kojih bi radna materija mogla ekspandirati u okolinu, a za koje su ispunjeni uslovi:

$$p > 1 \text{ i } p \times V > 0,3,$$

gde je  $p$  – najveći radni pritisak (bar), a  $V$  – radna zapremina ( $\text{m}^3$ ).

U toku proizvodnje, pre stavljanja u upotrebu i u toku upotrebe, posude na koje se odnosi ovaj pravilnik pregledaju se i ispituju pod nadzorom nadležnog organa. Stabilne posude pod pritiskom na koje se odnosi ovaj pravilnik podvrgavaju se sledećim pregledima i ispitivanjima:

1. pregledu konstrukcije,
2. prvom ispitivanju pritiskom,
3. ispitivanju pritiskom u eksploataciji,
4. unutrašnjem pregledu,
5. spoljašnjem pregledu i
6. vanrednom pregledu.

Redovno, periodično ispitivanje pritiskom posuda u eksploataciji mora se izvršiti najkasnije do kraja šeste godine od poslednjeg ispitivanja, ako propisima i tehničkim normativima za određivanje vrste posuda pod pritiskom nije drugačije određeno.

Unutrašnji pregled posuda vrši se svake treće godine, pre svakog ispitivanja pritiskom, uz obaveznu pripremu za unutrašnji pregled, koja je ista kao i ispitivanje pritiskom.

Ako nije moguće izvršiti unutrašnji pregled posude, umesto unutrašnjeg pregleda može se izvršiti ispitivanje pritiskom, uz istovremenu kontrolu debljine materijala i zavarenih spojeva metodama bez razaranja.

Spoljašni pregled vrši se za posude klase I i II (npr. amonijačni skupljači tečnosti) svake godine, a klase III (posude sa freonom kao rashladnim fluidom), svake druge godine.

Vanredni pregledi vrše se na način i po postupku kao i redovni pregledi u sledećim slučajevima:

1. ako je posuda pod pritiskom bila van pogona više od dve godine,
2. ako je posuda pod pritiskom premeštena,
3. ako postoji sumnja da je postrojenje oštećeno u toj meri da postoji opasnost za ljude i imovinu,
4. ako je posuda oštećena pa su potrebne dodatne opravke,
5. ako su na površinama posude primećena razvlačenja, prsline, zarezi i dr.,
6. ako jedan od redovnih pregleda nije dao zadovoljavajuće rezultate.

Posuda pod pritiskom mora biti postavljena tako da je moguć pristup svim delovima, pregled, remont i čišćenje sa unutrašnje i sa spoljašnje strane.

Ugradnja posuda pod pritiskom može se izvršiti samo na osnovu tehničke dokumentacije postrojenja u čijem sastavu se posude koriste. Dokumentacija mora da sadrži tačnu šemu postrojenja sa tokovima i parametrima radne materije (rashladnog fluida i/ili rashladnog sredstva), preseccima, cevovoda, nazivnim otvorima i mernim, regulacionim i sigurnosnim uređajima.

Od 1. jula 2012. godine počinje primena novih pravilnika iz oblasti opreme pod pritiskom i to:

1. *Pravilnik o pregledima opreme pod pritiskom tokom veka upotrebe* (Sl. glasnik RS br. 87). Ovim pravilnikom propisuju se zahtevi u pogledu bezbednosti opreme pod pritiskom i jednostavnih posuda pod pritiskom tokom veka upotrebe, redovni i vanredni pregledi na mestu korišćenja, postupci i rokovi pregleda i ispitivanja opreme pod pritiskom u upotrebi kao i zahtevi koje mora da ispuni telo za ocenjivanje usaglašenosti da bi bilo imenovano za razvrstavanje opreme pod pritiskom ili preglede i ispitivanja opreme pod pritiskom.

U skladu sa zakonom kojim se uređuju tehnički zahtevi za proizvode i ocenjivanje usaglašenosti, vlasnik/korisnik opreme pod pritiskom može da stavi u upotrebu odnosno da omogući upotrebu opreme pod pritiskom samo ako su izvršeni propisani pregledi i ispitivanja kojima je potvrđena njena bezbednost u skladu sa zahtevima ovog pravilnika.

2. *Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom* (Sl. glasnik RS br. 87/2011). Ovim pravilnikom propisuju se tehnički zahtevi koji se odnose na projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom i sklopova kod kojih je najveći dozvoljeni pritisak PS veći od 0,5 bar.

Pojam opreme pod pritiskom obuhvata posude, cevovode, sigurnosne uređaje, pomoćne uređaje pod pritiskom i pripadajuće delove ove opreme kao što su: pri rubnice, spojnice, priključci, oslonci, uške za nošenje i drugi delovi slične namene.

Standardi koji se direktno odnose na rashladnu tehniku su sledeći: SRPS EN 14276-1:2009 – Oprema pod pritiskom za sisteme za hlađenje i toplotne pumpe – Deo 1: Posude – Opšti zahtevi; SRPS EN 14276-2:2009 – Oprema pod pritiskom za sisteme za hlađenje i toplotne pumpe – Deo 2: Cevi – Opšti zahtevi; SRPS EN 378-2:2010 – Rashladna postrojenja i toplotne pumpe – Zahtevi za bezbednost i



zaštitu životne sredine – Deo 2: Konstrukcija, izrada, ispitivanje, obeležavanje i dokumentacija; SRPS EN 12284:2010 – Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Armature – Zahtevi, ispitivanja i obeležavanje; SRPS EN 13136/A1:2010 – Sistemi za hlađenje i toplotne pumpe – Uređaji za rasterećenje pritiska i cevovod sa kojim su povezani – Metode za proračun – Izmena 1; SRPS EN 14276-2:2009 – Oprema pod pritiskom za sisteme za hlađenje i toplotne pumpe – Deo 2: Cevi – Opšti zahtevi.

## 9.1. Skupljači tečnosti

Skupljač rashladnog sredstva je posuda koja se koristi za skladištenje tečnog fluida koji cirkuliše kroz rashladni sistem.

Osnovna uloga skupljača tečnog rashladnog fluida je:

- da omogući skladišni kapacitet kada se deo sistema mora servisirati ili se sistem mora zaustaviti neko vreme. Kod nekih sistema sa vodom hlađenim kondenzatorima, kondenzatori mogu preuzeti ulogu skupljača ukoliko „ukupno“ punjenje rashladnim fluidom ne prevazilazi skladišni kapacitet;

- da omogući manipulaciju viškom rashladnog fluida, pojava kod vazduhom hlađenih kondenzatora;

- da u sistemima gde se količina rashladnog sredstva u isparivaču i/ili kondenzatoru menja u zavisnosti od opterećenja, primi višak tečnosti pri nižem stepnju kompresije i prihvati tečnost iz kondenzatora kako se efektivna površina na kojoj se fluid kondenzuje ne bi smanjila. Kada je na isparivaču postavljen automatski ekspanzioni ventil, ručni ekspanzioni ventil ili ventil sa plovkom na strani niskog pritiska, količina rashladnog sredstva u isparivaču se znatno menja u zavisnosti od opterećenja. Pri niskom opterećenju isparivač mora biti „ispunjen“ sve dok proces isparavanja ne postane dovoljno intenzivan. Pri porastu opterećenja količina fluida u isparivaču se povećava i skupljač tečnosti mora preuzeti višak rashladne tečnosti;

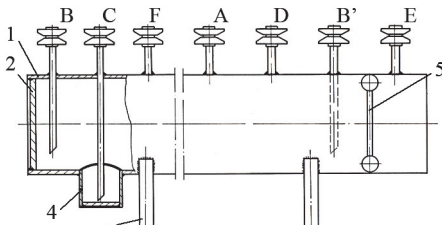
- da u sistemima sa većim brojem isparivača, u slučaju kada je zatvoren dotok fluida u jedan ili više isparivača, tj. kada se odsisava fluid iz njih, prime punu količinu rashladnog sredstva iz ovih isparivača i

- da u sistemima sa vazduhom hlađenim kondenzatorima pri startovanju instalacije snabdevaju cevovod dovoljnom količinom rashladnog fluida u cilju zaštite isparivača od nedovoljne „popunjenosti“ i suviše niskog pritiska.

Manje komercijalne rashladne instalacije imaju, po pravilu, skupljač tečnosti (slika 9.1) koji može primiti rashladni fluid iz cele instalacije. Time se omogućuje popravka ili zamena bilo kog elementa instalacije, uz minimalni gubitak rashladnog sredstva.



**Slika 9.1. Skupljač tečnog rashladnog sredstva za manje sisteme**



**Slika 9.2. Skupljač tečnog rashladnog sredstva za veće sisteme; 1 – doboš, 2 – dance, 3 – postolje, 4 – taložnik ulja, 5 – nivokazno staklo; A – priključak za dvovod tečnog rashladnog fluida, B, B' – priključak za odvod tečnog fluida, C – priključak za ispuštanje ulja, D – priključak za punjenje rashladnim fluidom, E – priključak za povezivanje sa odvajačem tečnog amonijaka, F – priključak za izjednačenje pritiska sa kondenzatorom**

količina rashladnog fluida u sudu, rezervni priključak za odvod tečne faze fluida, priključak za manometar, priključak za sigurnosni ventil i sl.

Na slici 9.2 prikazan je skupljač tečnog amonijaka za veće sisteme.

## 9.2. Odvajači tečnosti

Uloga odvajača tečnosti je sprečavanje pojave tečne faze fluida u usisnom cevovodu, a time i mogućnosti pojave tečnosti u usisnom priključku kompresora. Pojava tečnosti u usisnom vodu kompresora izaziva tzv. „tečni udar“ koji može ozbiljno da ošteti kompresor.

U toku rada rashladne instalacije, u zavisnosti od radnih i eksploatacionih parametara, može doći do pojave znojenja, pa čak i zamrzavanja usisnog dela, ventila na kompresoru.

Ova pojava neće ozbiljno uticati na sigurnost rada kompresora ukoliko traje kratko i nije intenzivna. Tečnost u tom delu kompresora vrlo brzo isparava zbog toplote koju odaje kompresor, pa u cilindar kompresora ulazi samo para.

Ovu neželjenu pojavu moguće je preduhitriti:

- pravilnim dimenzionisanjem elemenata rashladne instalacije (isparivač, regulacioni ventil, cevovod i sl.) i

- ugradnjom elemenata koji mogu sprečiti dotok tečnosti do kompresora.

Elementi koji mogu sprečiti eventualno prisustvo tečnosti u usisnom cevovodu su razmenjivač toplote, čija uloga je pored eliminisanja tečnosti i pothlađivanje tečnog rashladnog fluida koji dolazi iz skupljača.

Drugi način odvajanja tečnosti od pare je odvajač tečnosti koji se postavlja između jednog ili više isparivača i kompresora. Mešavina tečnosti i pare, koja dolazi iz isparivača, ulaskom u odvajač naglo gubi brzinu, što izaziva odvajanje kapljica i tečnosti od pare (slika 9.3). Kapi tečnosti padaju na dno suda i vremenom isparavaju zbog uticaja toplote iz okoline ili zagrevanjem električnim grejačem. Isparena

Skupljač tečnosti ne sme biti pun tečnim rashladnim fluidom u bilo kom režimu rada ili pri servisiranju rashladne instalacije. Parni prostor skupljača zauzima najmanje 1/5 do 1/4 zapremine skupljača tečnosti.

Skupljači tečnosti se izrađuju u obliku dobošastog zavarenog čeličnog suda sa odgovarajućim brojem priključaka.

Skupljači tečnosti u manjim rashladnim sistemima obično imaju samo dva priključka, jedan za dovod tečnog fluida iz kondenzatora i drugi za odvod (obično preko zaustavnog ventila) ka regulacionom ventilu i isparivaču. Veći skupljači pored ovih imaju i priključak za vidno staklo preko koga se može utvrditi trenutna

tečnost se zajedno sa parom prispelom iz isparivača odsisa-va u usis kompresora.

U instalacijama sa potopljenim isparivačima (amonijačne instalacije) odvajач tečnosti se obavezno ugrađuje ili kao nezavisan element, ili u sastavu nekih tipova isparivača.

### 9.3. Odvajači ulja

Para rashladnog fluida, koji potiskuje kompresor ka kondenzatoru sadrži čestice ulja za podmazivanje kompresora u vidu sitnih kapi ili pare. Pri prolazu kroz rashladnu instalaciju, ulje se taloži na površinama kondenzatora i isparivača. Pošto je ulje loš provodnik toplote, ono u znatnoj meri smanjuje rashladni učinak i kondenzatora i isparivača.

Zadatak odvajачa ulja je da iz pare rashladnog fluida (potisnute iz kompresora), kondenzuje paru ulja, a zatim, u što većoj meri, izdvoji čestice ulja iz rashladnog fluida i izdvojeno ulje vrati u kućište kompresora.

Odvajač ulja postavlja se na potisni vod između kompresora i kondenzatora. Poželjno je, da je potisna cev između kompresora i odvajачa ulja što duža, da bi se para ulja kondenzovala pre ulaska u odvajač.

Postoje razne konstrukcije odvajачa ulja. Sve su uglavnom bazirane na nagloj promeni pravca kretanja pare rashladnog fluida uz smanjenje brzine kretanja do 0,7 m/s – 0,8 m/s. Kod mnogih tipova odvajачa, ulogu separatora, kroz koji prolazi para rashladnog fluida, ima sloj keramičkih ili metalnih prstenova (tzv. Rašingovi prstenovi), zgužvane metalne žice i sl. Zbog česte promene pravca kretanja, kapi ulja se lepe za prstenove ili žicu i slivaju na dno suda. U većim freonskim instalacijama, u odvajač može biti ugrađena cevna zmija, kroz koju prolazi voda za hlađenje i olakšava kondenzaciju pare ulja.

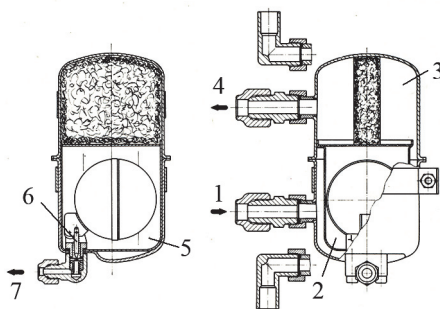
U donjem delu odvajачa taloži se ulje, zbog čega na dnu postoji ili priključak za periodično ispuštanje ulja, ili ventil sa plovkom za automatsko ispuštanje ulja. Ulje sa dna skuplača se vraća direktno u karter kompresora ili se prethodno filtrira.

U novije vreme u amonijačnim instalacijama se sve više koriste odvajači ulja, kod kojih se rashladni fluid sa potisa propušta kroz sloj tečnosti. Para se hladi, a čestice ulja odvajaju i talože na dno suda.

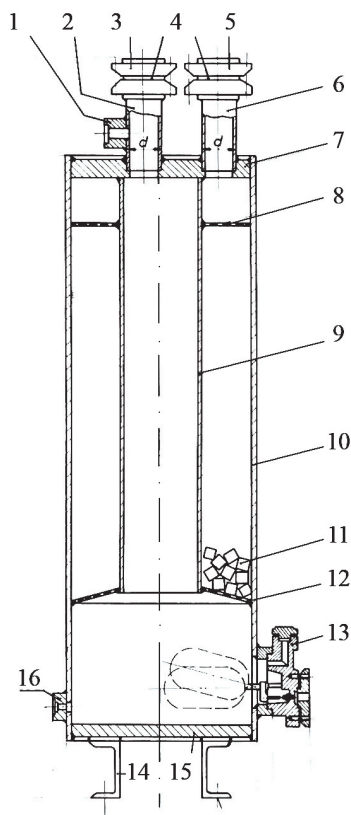
U odvajač ulja (slika 9.4) para rashladnog fluida ulazi kroz priključak (1), prolazi oko skupljača ulja (2) i kroz separator (3) u kome se vrši odvajanje ulja, izlazi kroz priključak (4). Odvojeno ulje se sakuplja u skupljaču ulja (5) i preko ventila se plovkom (6) odvodi nazad u kućište



Slika 9.3. Odvajač tečnosti za manje rashladne sisteme



Slika 9.4. Odvajač ulja; 1 – ulaz fluida, 2 – skupljač ulja, 3 – separator, 4 – izlaz fluida, 5 – dno skupljača ulja, 6 – ventil sa plovkom, 7 – izlaz ulja



**Slika 9.5. Odvajač ulja za amoni-  
jačne instalacije; 1 – priključak za  
ventil, 2 – izlaz pare amonijaka, 3  
– ženska prirubnica, 4 – zaptivka  
prirubnice, 5 – muška prirubnica,  
6 – ulaz pare amonijaka, 7 – gor-  
nje dance, 8 – gornja perforirana  
ploča, 9 – unutrašnja cev, 10 – te-  
lo odvajača, 11 – kontaktni prste-  
novi („Rašingovi“ prstenovi), 12 –  
donja perforirana ploča, 13 – ven-  
til sa plovkom, 14 – postolje, 15 –  
donje dance, 16 – priključak za  
ventil**

na gornjem delu nalaze se ventil za ispuštanje nekondenzujućih gasova i priključak za manometar. Gasovi se ispuštaju preko staklene posude sa vodom. Odvajač se postavlja iznad najviše tačke kondenzatora.

kompresora kroz priključak (7). Topla para rashladnog fluida sa potisa zagreva ulje u skupljaču, što uzrokuje isparavanje rashladnog fluida sadržanog u ulju. U neke konstrukcije odvajača ugrađuju se električni grejači koji sprečavaju zgušnjavanje ulja pri niskim temperaturama okoline i time olakšavaju povratak ulja u karter kompresora. Kontrola temperature ulja vrši se termostatom.

Odvajači ulja se, u svim amonijačnim instalacijama, obavezno postavljaju iza kompresora. Ugradnja odvajača ulja u manje freonske instalacije se ne isplati. Preporučuje se ugradnja odvajača u većim freonskim instalacijama, a pri nižim temperaturama isparavanja je obavezna za sve instalacije koje rade sa R22.

Na slici 9.5 prikazan je odvajač ulja za veće amonijačne rashladne instalacije, kod kojih je princip rada identičan kao kod odvajača na slici 9.4.

Za odvajače ulja može generalno da se konstatuje da nema idealnog odvajača ulja koji će iz mešavine ulja i pare rashladnog fluida izdvojiti 100% ulja koje je ušlo u odvajač, da svako odvajanje ulja podrazumeva i porast otpora strujanju na potisu kompresora, što uslovljava i porast snage kompresora, te da izbor tipa i efikasnosti odvajača ulja predstavlja određeni tehno-ekonomski kompromis. Međutim, i pored toga prednost odvajanja ulja u odvajačima je veća od negativne posledice.

## 9.4. Odvajači nekondenzujućih gasova

Prisustvo nekondenzujućih gasova i vazduha u instalaciji izaziva povećanje pritiska u kondenzatoru, veći utrošak energije za pogon kompresora i smanjenje aktivne površine kondenzatora u kome se skuplja.

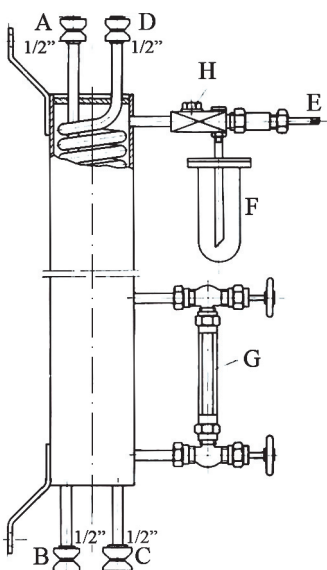
Odvajač vazduha (slika 9.6) ima posudu od čelične cevi u kojoj je smeštena cevna zmija za hlađenje rashladnog fluida. Na donjem delu posude ugrađen je nivokaz visokog pritiska, a

Nekondenzujući gasovi se izdvajaju tako što kao lakši iz najviše tačke instalacije iz dela visokog pritiska (kondenzator, skupljač tečnog rashladnog sredstva) (slika 9.7), zajedno sa rashladnim fluidom dospevaju u odvajač vazduha. Tu se hlade pomoću cevne zmijske kroz koju protiče amonijak na niskom pritisku, koji se pri tome kondenzuje. Kako je kod nekondenzujućih gasova i vazduha temperatura kondenzacije vrlo visoka, to će u odvajaču u gasovitom stanju ostati samo gasovi koji se ispuštaju u okolinu. Eventualno zaoostali amonijak se neutrališe u staklenoj boci sa vodom.

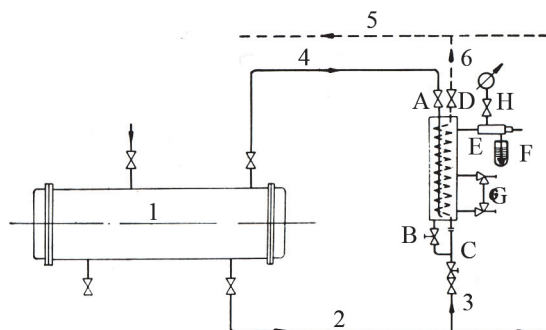
Pri ispuštanju nekondenzujućih gasova zaustavi se rad kompresora, a nastavi hlađenje kondenzatora. Kada se temperatura vode (vazduha) za hlađenje i rashladnog sredstva skoro izjednače, vazduh se otvaranjem priključka za ispuštanje izbacuje napolje. U toku ovog procesa para se pothlađuje preko cevne zmijske u odvajaču.

### 9.5. Sušaći za tečne rashladne fluide

Vlaga i prljavština u rashladnim sistemima imaju veliki uticaj na kvalitet i pouzdanost njihove



Slika 9.6. Odvajač nekondenzujućih gasova; A – dovod pare amonijaka, B – odvod kondenzovanog amonijaka, C – ulaz u cevnu zmijsu za hlađenje, D – izlaz amonijaka iz cevne zmijske za hlađenje, E – ispuštanje nekondenzujućih gasova, F – posuda sa vodom za neutralizaciju amonijaka, G – vidno staklo visokog pritiska, H – priključak za manometar



Slika 9.7. Šema povezivanja odvajača nekondenzujućih gasova; 1 – kondenzator ili skupljač tečnog amonijaka, 2 – tečni vod za isparivače, 3 – dovod tečnog amonijaka za cevnu zmijsu odvajača, 4 – odvod pare amonijaka i nekondenzujućih gasova, 5 – usisni vod sistema, 6 – odvod pare amonijaka iz cevne zmijske



**Slika 9.8. Sušač sa filterom**

vog rada. Upotreba sušača je obavezna u svim sistemima i koji rade sa freonima kao rashladnim fluidima, a posebno u sistemima koji rade na niskim temperaturama isparavanja zbog mogućnosti formiranja leda u ekspanzionim ventilima.

Prisustvo vlage u rashladnoj instalaciji veoma je štetno. Posledica prisustva vlage je hvatanje leda na otvoru regulacionog ventila te nemogućnost prolaska fluida, kao i korozija metalnih delova, stvaranje bakarne prevlake na tarućim površinama i slično. Prisustvo vlage je naročito štetno u instalacijama sa poluhermetičnim i hermetičnim kompresorima, jer izaziva razaranje izolacije statora elektromotora kompresora usled pojave kiselina, što dovodi do kratkog spoja i pregorevanja statora i prljanje celog rashladnog sistema.

Vlaga u rashladnu instalaciju može dospeti rashladnim fluidom, uljem za hlađenje i vazduhom (bilo tokom montaže, bilo tokom rada instalacije).

Ukoliko bi fluidi sadržali više vlage nego što mogu da rastvore, višak vlage bi kružio po rashladnom sistemu, izazivajući opisana štetna dejstva.

Ulje za podmazivanje ne sme sadržati više od 20 do 30 milionitih težinskih delova vlage (0,002% – 0,003%). Sud sa uljem treba otvarati neposredno pred punjenje instalacije i koristiti sudove što manjih dimenzija, tako da se ulje, po otvaranju suda, utroši za što kraće vreme. Ako je sud sa uljem za poluhermetičke i hermetičke kompresore bio otvoren duže vreme, ulje se mora ponovo sušiti.

U manjim freonskim instalacijama koriste se sušači (slika 9.8) sa filterima kod kojih nije moguća zamena mase sušača. Za veće instalacije koriste se sušači kod kojih je moguća zamena mase sušača u procesu rada (slika 9.9). Svaki proizvođač sušača daje preporuku o načinu montaže sušača (položaju ulaz/izlaz) u instalaciji, što je važan momenat jer se na taj način štiti instalacija od prodora materijala sušača u instalaciju.

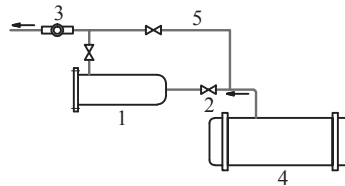
Sušač sa filtrom (1) postavlja se između skupljača tečnosti (4) i indikatora vlage (vidno staklo) (3) odnosno isparivača (slika 9.10). Pri zameni uložka filtra otvara se obilazni vod (5). U malim instalacijama u kojima se koristi kapilara kao ekspanzioni uređaj, sušač sa filtrom se postavlja iza kondenzatora na čijem kraju se postavlja kapilara koja direktno ulazi u isparivač.

Zamena sušača se vrši u dva slučaja – pri svakoj intervenciji na instalaciji (naročito važno za male instalacije) i ako postoji sumnja da je vakuumiranje instalacije kvalitetno izvršeno. U toku probnog rada instalacije koristi se „privremeni“ sušač, koji se posle nekoliko sati zamenjuje stalnim sušačem.

U slučaju pregorevanja elektromotora kod poluhermetičkih i hermetičkih kompresora, mogu se koristiti posebni sušači sa filtrom. Ovi filtri imaju čvrsto jezgro sa 70% aktivnog aluminijum-oksida i 30% molekularnog sита, što obezbeđuje upijanje štetne kiseline i vlagu. Na taj način se štite novi kompresori.



**Slika 9.9. Sušač sa izmenjivim uloškom**



**Slika 9.10. Način povezivanja sušača sa promenljivim uloškom; 1 – sušač, 2 – zaustavni ventili, 3 – indikator vlage, 4 – skupljač tečnog rashladnog sredstva, 5 – obilazni vod**

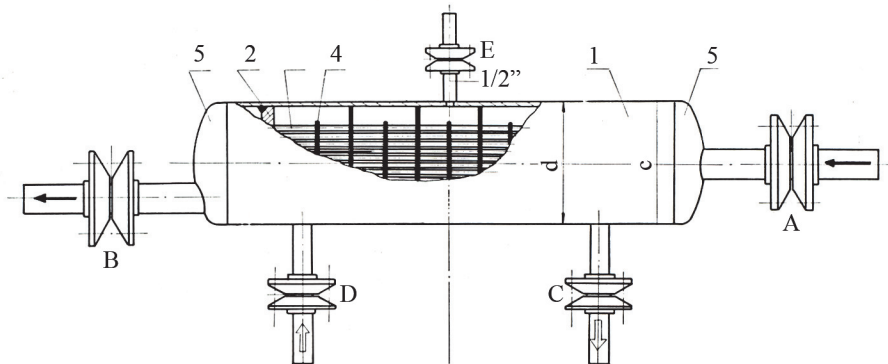
U manjim instalacijama mogu se koristiti kombinovani filtri sušači i skupljači tečnog rashladnog fluida. Ta vrsta sušača sadrži 100% molekularno sito, a posebno su pogodni za instalacije sa rashladnim fluidima HFC i poliesterskim uljima sa aditivima.

## 9.6. Pothlađivači tečnosti

Pothlađivači tečnosti su razmenjivači toplote koji pothlađuju tečni rashladni fluid pre prolaska kroz regulacioni ventil uz istovremeno pregrevanje gasovitog rashladnog fluida na usisu kompresora.

Efekat pothlađivanja se ogleda u smanjenju gubitka toplote na hlađenje tečnog rashladnog fluida pri prolasku kroz regulacioni ventil i sprečavanju tečnog udara isparavanjem delića tečnosti prisutnih u gasovitom fluidu na usisu u kompresor.

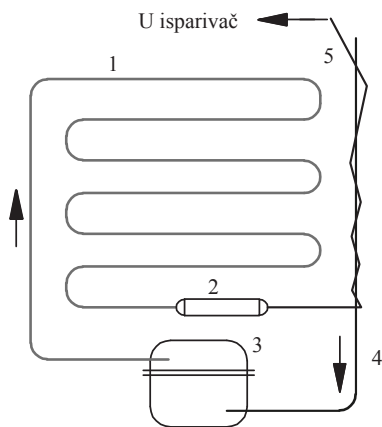
Na slici 9.11 prikazana je konstrukcija dobošastog razmenjivača toplote sa cevnom zmijom. U doboš (1) ulazi gas rashladnog fluida, priključak A, a izlazi kod pri-



**Slika 9.11. Pothlađivač tečnosti; 1 – kućište, 2 – cevna ploča, 3 – cevi za prolaz pare rashladnog fluida, 4 – pregradna ploča, 5 – poklopac**

ključka B. U dobošu se nalazi cevna zmi-  
ja, kroz koju prolazi tečan rashladni flu-  
id od C ka D. Priključak E je za ventil si-  
gurnosti. Ovakva konstrukcija razmenji-  
vača se koristi u manjim freonskim insta-  
lacijama. U većim instalacijama koristi se  
konstrukcija slična dobošastim i ploča-  
stim kondenzatorima. Brzina tečnosti se  
može povećati ubacivanjem pregrada,  
tj. smanjenjem protočnog preseka.

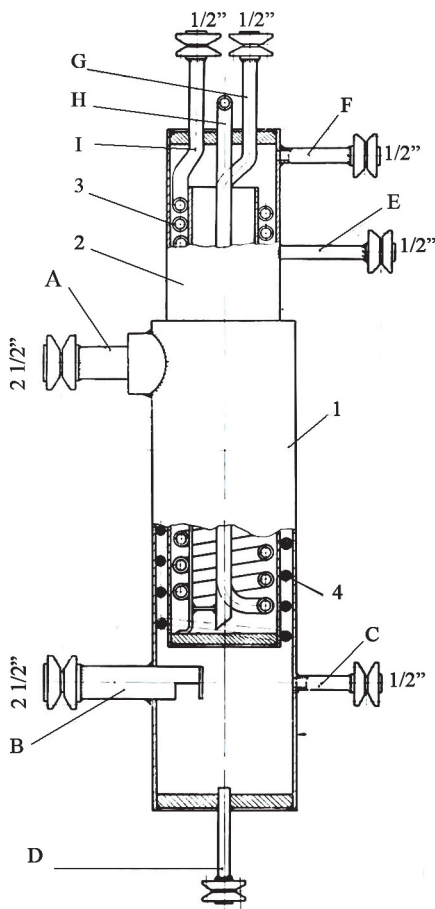
Kod izrazito malih instalacija (sa  
kapilalom), pothlađivanje se ostvaru-  
je intimnim kontaktom potisne i usisne  
cevi ili obmotavanjem kapilare oko usi-  
sne cevi. Tečni vod je uvek ispod usi-  
snog cevovoda kako bi se ostvario kon-  
takt tečnosti fluida u usisnoj cevi sa ce-  
vovodom koji dolazi iz skupljača tečno-  
sti (slika 9.12).



**Slika 9.12. Pothlađivanje tečnosti u instalaciji sa kapilalom; 1 - kondenzator, 2 - sušač, 3 - kompresor, 4 - usisna cev, 5 - kapilara**

Pothlađivači toplote primenjuju se u freonskim instalacijama kod kojih se želi bolji stepen iskorišćenja instalacije, a najčešće u instalacijama sa niskim temperaturama isparavanja.

Brzina tečnosti iznosi 0,8 m/s do 1,2 m/s, a gasovitog fluida do 10 m/s, uz koeficijent prolaza toplote  $K = 200 \text{ W/m}^2\text{K} - 250 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



**Slika 9.13. Međuhladnjak; 1 - veća posuda, 2 - manja posuda, 3 - cevna zmijsa, 4 - spiralno namotana žica, A - ulaz pare fluida iz niskog stupnja, B - izlaz fluida ka visokom stupnju, C - priključak za izjednačenje pritiska sa karterom kompresora, D - priključak za povratak ulja, E - ulaz tečnog fluida za hlađenje međuhladnjaka, F - izlaz gasovitog fluida ka visokom stupnju, G - ulaz tečnog fluida, H - priključak za ispuštanje ulja, I - izlaz tečnog fluida**



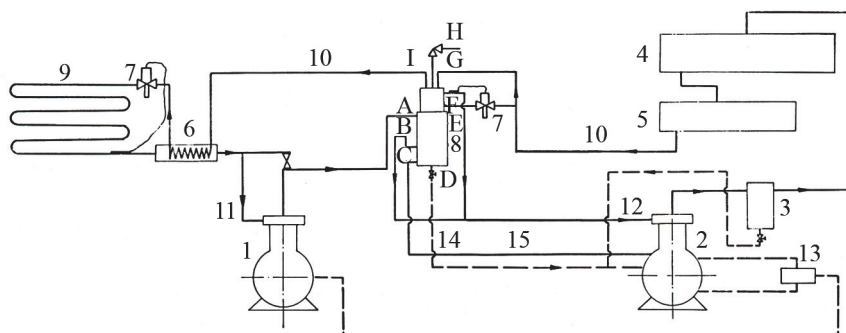
Pothlađivanje tečnog amonijaka vrši se često, pored pothlađivanja u kondenzatoru, u odvačajima tečnog amonijaka sa potopljenom cevnom zmijom kroz koju protiče gasoviti rashladni fluid ( $K = 400 \text{ W/m}^2\text{K} - 500 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Pothlađivanje je moguće i vodom za hlađenje ili ekspanzijom dela tečnog rashladnog fluida.

## 9.7. Međuhladnjaci

Međuhladnjak se koristi u dvostepenim instalacijama, postavlja se između kompresora niskog i visokog stupnja. U njemu se hladi para koja dolazi iz kompresora niskog stupnja, a pre ulaska u kompresor visokog stupnja.

Međuhladnjak (slika 9.13) radi po principu direktnog isparavanja tečnog rashladnog fluida u prostoru male posude (2). Isparavanje je posledica toplote prehladivanja tečnog rashladnog fluida u cevnoj zmiji (3) i pregrevanja pare iz potisnog voda niskog stupnja koja prolazi kroz spiralni kanal između velike (1) i male posude (2). Para nastala isparavanjem u maloj posudi (2) uvodi se u vod visokog stupnja (slika 9.14) kompresora gde se meša sa ohlađenom parom iz niskog stupnja. Ovako nastalu mešavinu usisava visoki stupanj kompresora. Temperatura mešavine je funkcija njenog sadržaja. U maloj i velikoj posudi i karteru dvostepenog kompresora vlada isti pritisak.



**Slika 9.14. Šema povezivanja međuhladnjaka; 1 – kompresor niskog stupnja, 2 – kompresor visokog stupnja, 3 – odvačaj ulja, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – pothlađivač tečnosti, 7 – termoekspanzioni ventil, 8 – međuhladnjak, 9 – isparivač, 10 – tečni vod, 11 – usis kompresora niskog stupnja, 12 – usis kompresora visokog stupnja, 13 – regulacioni ventil visokog pritiska sa plovkom, 14 – vod za povrtak ulja, 15 – vod za izjednačavanje pritiska**

## 9.8. Vidna stakla

Vidna stakla (slika 9.15) se najčešće montiraju u tečnim vodovima između filtera sušača i termostatskog ekspanzionog ventila, da bi se obezbedila kontrola protoka rashladnog fluida i eventualnog prisustva vlage u fluidu.



**Slika 9.15. Vidno staklo sa indikatorom vlage**

Vidna stakla bez indikatora vlage ugrađuju se na skupljače rashladnog fluida, na karter kompresora i sl.

Primenjuju se za rashladne fluide CFC i HCFC. Pojava mehurića u vidnom staklu je znak da u tečnom vodu nema dovoljno rashladnog fluida ili da je u njemu došlo do pojave pare fluida.

Boja indikatora se menja od zelene boje (instalacija bez vlage), do žute boje (prisustvo vlage u instalaciji).

## Cevovodi i armature

Kvalitet rada rashladne instalacije, pored toga što zavisi od kvaliteta ugrađenih elemenata, u velikoj meri zavisi i od pravilno dimenzionisanog cevovoda i pravilno izabrane armature. Svrha cevovoda i armature je da, u skladu sa odgovarajućim projektom, na bezbedan način poveže sve elemente instalacije, da obezbedi njenu nepropusnost, da omogući snabdevanje svih elemenata rashladnim fluidom i da obezbedi što je moguće manje padove pritiska rashladnog fluida.

### 10.1. Cevovodi

Ekonomičnost sistema, pad pritiska, buka i povraćaj ulja uslovljava pravilan izbor brzine fluida u cevovodima. Veće brzine gasa mogu se dozvoliti samo u relativno kratkim cevovodima, u klimatizerima i drugim uređajima, čije je godišnje vreme rada 2000 do 4000 časova, a cene sistema su važnije od troškova održavanja.

U industrijskoj i komercijalnoj primeni, gde je vreme rada sistema mnogo duže, brzine fluida su manje u cilju dobijanja veće efikasnosti kompresora i nižih pogonskih troškova.

Tečni vodovi, od kondenzatora do skupljača tečnosti, dimenzionišu se na bazi brzine  $\leq 0,5$  m/s, koja obezbeđuje protok pod uticajem gravitacije i sprečava obrnuti tok tečnosti. Brzina u tečnom vodu, od skupljača do isparivača, pri korišćenju magnetnog ventila za zatvaranje može biti do 1,5 m/s, čime se umanjuje mogućnost tečnog udara.

**Tabela 10.1. Brzina rashladnog fluida u cevovodu**

Uisni cevovod, freoni	4,5–20 m/s
Uisni cevovod, amonijak	8–30 m/s
Potisni cevovod, freoni	8–20 m/s
Potisni cevovod, amonijak	10–25 m/s
Tečni vod od kondenzatora do skupljača, amonijak	0,6 m/s
Tečni vod od skupljača do prigušnog ventila, amonijak i freoni	0,5–1,25 m/s

Prilikom dimenzionisanja cevovoda<sup>\*)</sup> potrebno je optimizirati cenu i dimenzije cevi. Pad pritiska u potisnom i usisnom cevovodu ima za posledicu smanjenje

<sup>\*)</sup> Ovaj deo poglavlja cevovoda odnosi se pretežno na freonske rashladne fluide. Detaljnije podatke za dimenzionisanje cevovoda videti u „Malom termotehničkom priručniku“ u izdanju SMEITS-a, 2011. god.

učinka kompresora i povećanje njegove snage za pogon. Prekomerni pad pritiska u tečnom vodu može izazvati pulsiranje rashladnog fluida, što izaziva nepravilan rad ekspanzionog ventila. Osnovna veličina za određivanje padova pritiska je za data promena temperature zasićenja. Cevovod u rashladnom sistemu se dimenzioniše tako da padovi pritiska usled trenja ne prekorače razliku pritisaka ekvivalentnu odgovarajućoj promeni zasićenja rashladnog fluida na temperaturi isparavanja. Protok rashladnog fluida se smanjuje približno 0,5% za svaki stepen pregrevanja fluida u isparivaču. Međutim, pregrevanje u usisnoj cevi od isparivača do kompresora ne utiče na smanjenje protoka.

Pad pritiska u cevovodima smanjuje efikasnost sistema. Dobro dimenzionisanje cevovoda podrazumeva smanjenje troškova (eksploatacionih troškova) i povećanje efikasnosti sistema.

**Tabela 10.2. Uticaj pada pritiska gasa na učinak sistema sa R22**

Gubitak, K	Učolak, %	Energija, %
Usisni cevovod		
0	100	100
1	96,8	104,3
2	93,6	107,3
Potisni cevovod		
0	100	100
1	99,2	102,7
2	98,4	105,7

U tabeli 10.2 prikazan je uticaj pada pritiska gasa na efikasnost rada sistema sa R22, u kome je temperatura isparavanja 5 °C i temperatura kondenzacije 40 °C.

Pad pritiska je u funkciji zadate promene temperature isparavanja rashladnog fluida. Uobičajeno je da se cevovod dimenzioniše prema padu pritiska koji odgovara promeni temperature isparavanja  $\leq 1$  K.

**Tečni vodovi.** Pad pritiska ne sme biti tako veliki da izazove formiranje parnih čepova u tečnom vodu i/ili da bude uzrok nedovoljnog pritiska tečnosti ispred prigušnog ventila. Pad pritiska u tečnom vodu izazvan trenjem, ne sme biti veći od pada pritiska koji odgovara promeni temperature zasićenja za  $\sim 0,5$  K – 1 K.

Padovi pritiska u tečnom vodu, koji za posledicu imaju promenu temperature zasićenja za 0,5 K pri temperaturi kondenzacije od 40 °C, utiču na promenu pritiska kondenzacije približno za 18,6 kPa kada se koristi R22, odnosno 13,6 kPa kada se koristi R134a.

Brzina tečnosti koja napušta delimično ispunjen sud (skupljač tečnosti ili dobošasti kondenzator) ograničena je visinom nivoa tečnosti u sudu. Ako je brzina tečnosti u sudu veoma mala ili jednaka nuli, brzina ( $w$ ) u tečnom vodu jednaka je  $w^2 = 2gh$ , gde je  $h$  visina tečnosti u sudu. U slučaju kada tečnost i gas istovremeno protiču kroz cevovod, protok tečnost će biti ograničen.

Ne postoji precizan podatak koji definiše veličinu priključka na izlazu tečnosti iz suda. Ako visina nivoa tečnog stuba u cevovodu, iznad mesta promene preseka cevovoda daje željenu brzinu, tečnost će napustiti sud očekivanim protokom. Prečnik tečnog voda na celoj svojoj dužini treba da bude manji od prečnika priključka. Posle promene preseka cevi, brzina opada za  $\sim 40\%$ . Ako se cevovod spušta od skupljača tečnosti, vrednost  $h$  se povećava.

Pad pritiska usled trenja posledica je prolaska rashladnog fluida kroz armature i elemente automatike (magnetni ventili, sušači, zaustavni ventili i ostalo), kao i

kroz cevne priključke (od izlaza iz skupljača tečnog fluida do prigušnog ventila na isparivaču).

**Usisni cevovod.** Pad pritiska u usisnom cevovodu utiče na smanjenje učinka sistema tako što uslovljava rad kompresora na nižem usisnom pritisku, a to utiče na snižavanje temperature isparavanja. Usisni cevovod se dimenzioniše prema uslovu da pad pritiska usled trenja ne bude veći od pada pritiska koji odgovara promeni temperature zasićenja za  $\sim 1$  K.

**Potisni cevovod.** Usled pada pritiska u cevovodu toplog gasa povećava se snaga potrebna za pogon kompresora po jedinici proizvedene rashladne energije i smanjuje učinak kompresora. Minimalni pad pritiska se održava pravilnim dimenzionisanjem cevovoda, pri čemu brzina fluida mora biti takva da omogućava prenos ulja pri bilo kom protoku rashladnog fluida.

**Cirkulacija ulja.** Ulje za podmazivanje se u toku procesa rada gubi iz kompresora. Gas koji se potiskuje iz kompresora odnosi ulje koje se mora vratiti u kompresor.

Ulje koje napušta kompresor ili odvajač ulja dospeva do kondenzatora i rastvara se u tečnoj fazi rashladnog fluida, te kroz tečni cevovod lako dospeva do isparivača. U isparivaču rashladni fluid isparava lako i u tečnoj fazi se obogaćuje uljem. Koncentracija rashladnog fluida zavisi od temperature isparavanja i vrste rashladnog fluida i ulja koji se koriste u instalaciji.

Viskozitet mešavine ulja i rashladnog fluida određen je parametrima instalacije. Ulje koje se odvaja u isparivaču vraća se u kompresor pod uticajem sile gravitacije ili uz pomoć povratnog gasa. Uticaj protoka ulja na pad pritiska je veliki, u nekim slučajevima ga povećava i 10 puta.

**Povraćaj ulja kroz usisni usponski vod.** U mnogim rashladnim instalacijama deo usponskih vodova je vertikalna, jer se isparivač nalazi na nižem nivou od kompresora. Ulje koje cirkuliše u sistemu može se vratiti kroz usponske vodove sa povratnim gasom ili posrednim putem pumpama i sifonima. Minimalni uslovi neophodni za prenos ulja zavise od razlike gustina između tečne i gasovite faze rashladnog fluida i trenutnog protoka pare. Osnovni parametri koji definišu transport ulja su brzina gasa, gustina gasa i unutrašnji prečnik cevi. Gustina mešavine ulja i rashladnog fluida je od manjeg uticaja, jer je praktično konstantna u širokom polju brzine. Treba dodati da je pri temperaturama ispod  $-40$  °C, brzina ulja zadovoljavajuća. Veće brzine gasa se preporučuju pri padu temperature i pri smanjenju gustine gasa. Veće brzine su potrebne kod većih prečnika cevovoda.

Usponski vodovi moraju biti dimenzionisani za minimalni učinak sistema. Ulje se mora vratiti u kompresor pri radnim uslovima koji odgovaraju minimalnom rashladnom učinku i minimalnoj usisnoj temperaturi pri kojoj kompresor radi. Ako su regulatori pritiska locirani na usisnom vodu i na isparivaču, usponski vodovi se moraju dimenzionisati prema stvarnim parametrima koji vladaju u cevovodima.

U sistemima sa jednim kompresorom sa regulacijom učinka, pod minimalnim učinkom podrazumeva se najmanji učinak potreban za rad kompresora. U sistemima sa više kompresora sa regulacijom učinka, pod minimalnim učinkom podrazumeva se najmanji učinak pri kome jedini preostali kompresor, posle isključenja svih ostalih, nastavlja da radi.

**Dimenzionisanje usponskih vodova.** Kada se vertikalni usponski vodovi redukuju do dimenzija koje obezbeđuju minimalnu brzinu gasa, pad pritiska se, pri punom protoku rashladnog fluida, znatno povećava. U tom slučaju je potrebno tako dimenzionisati horizontalne deonice da ne ograničavaju ukupan pad pritiska. Ukoliko su horizontalne deonice na istom nivou ili su cevi pod nagibom u pravcu kompresora, ulje će se transportovati preporučenim projektovanim brzinama.

Iz navedenog sledi da je u najvećem broju instalacija sa kompresorima sa stepenastom regulacijom učinka, vrlo teško održati brzinu gasa u usponskim vodovima koja osigurava povraćaj ulja pri svim protocima rashladnog fluida. Ukoliko se usponski vodovi dimenzionišu prema minimalnom protoku, pad pritiska pri maksimalnom protoku može biti suviše veliki. Ukoliko pri korektno dimenzionisanim usponskim vodovima pad pritiska bude suviše veliki pri punom radnom opterećenju, mogu se primeniti dvostruki usponski vodovi.

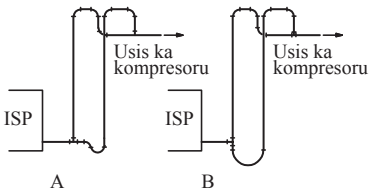
**Vertikalni vodovi za povraćaj ulja – višestepeni sistemi.** Transport ulja u višestepenim sistemima zahteva isti pristup dimenzionisanju usisnog cevovoda kao i kod jednostepenih sistema. Kod niskotemperaturnih sistema gde je usled velikog viskoziteta ulja onemogućen njegov protok, potrebno je ulju dodati aditive koji će smanjiti njihov viskozitet i omogućiti nesmetan protok.

**Dvostruki usponski vodovi.** Na slici 10.1 prikazana su dva tipa konstrukcije usponskih vodova. U sistemima sa dvostrukim usponskim vodovima povraćaj ulja

se obavlja isključivo pri minimalnom protoku rashladnog fluida, a pri maksimalnom protoku ne izaziva dodatni pad pritiska. Dimenzionisanje i rad dvostrukih usponskih vodova može se opisati na sledeći način:

– Povratni vod A je dimenzionisan za povraćaj ulja pri minimalnom protoku rashladnog fluida.

– Povratni vod B je dimenzionisan sa odgovarajućim padom pritiska kroz



**Slika 10.1. Rešenje sa dvostrukim usponskim vodovima**

oba usponska voda pri maksimalnom protoku rashladnog fluida. Uobičajeni metod je da se dimenzioniše usponski vod B tako da kombinovani poprečni presek A i B bude jednak ili malo veći od poprečnog preseka svake pojedinačne cevi koja se dimenzioniše prema dozvoljenom padu pritiska pri maksimalnom protoku fluida, ne uzimajući u obzir povraćaj ulja pri minimalnom protoku. Kombinovani poprečni presek ne bi trebalo da bude veći od preseka pojedinačne cevi kroz koju se ulje vraća „na gore“ pri maksimalnom protoku rashladnog fluida. Sifon se u obe metode nalazi između dva usponska voda, kao što je pokazano. Pri delimičnom protoku rashladnog fluida, kada je drugi usponski vod zatvoren, brzina gasa nije dovoljno velika da obezbedi povraćaj ulja kroz oba usponska voda i postepeno punjenje sifona uljem. Tada se gas transportuje samo na gore kroz vod A, jer se kreće dovoljno velikom brzinom da prenese ulje nazad u glavnu horizontalnu deonicu usisnog voda.

Količina ulja koju može da primi sifon ograničena je „najmanjom „čvrstom vezom“ na dnu usponskog voda. Ukoliko ovo nije ostvareno, sifon može akumulira-

ti dovoljno ulja pri delimičnom protoku rashladnog fluida, da bi smanjio nivo ulja u karteru kompresora. Na slici 10.1 usponski vod B formira obrnutu petlju i pristupa horizontalnoj deonici sa gornje strane. Na taj način se sprečava drenaža ulja u ovaj vod, usled praznog hoda koji može nastupiti pri delimičnom protoku rashladnog fluida. Ovo se može obezbediti i horizontalnim priključenjem na glavnu deonicu, pri čemu je prečnik usponskog voda B veći od prečnika svakog pojedinačnog usponskog voda.

Dvostruki usisni usponski vod je veoma važan u niskotemperaturnim sistemima, zato što mogu dopustiti vrlo male padove pritiska. U sistemu sa ovakvim usponskim vodovima potrebno je da bude i sifon (akumulator), što omogućuje postepeno vraćanje ulja.

U sistemima sa visokom temperaturom isparavanja, kao što su sistemi za komfornu klimatizaciju, jednostruki usponski vodovi mogu se dimenzionisati prema količini ulja koje se vraća pri minimalnom protoku rashladnog fluida. U sistemima sa jednim kompresorom sa mogućnošću regulacije učinka, minimalni učinak obično iznosi 25% ili 33% od maksimalnog učinka. U ovom slučaju pad pritiska u jednostrukim usponskim vodovima dimenzionisanim za povraćaj ulja pri minimalnom protoku rashladnog fluida, najčešće je izuzetno mali pri maksimalnom protoku.

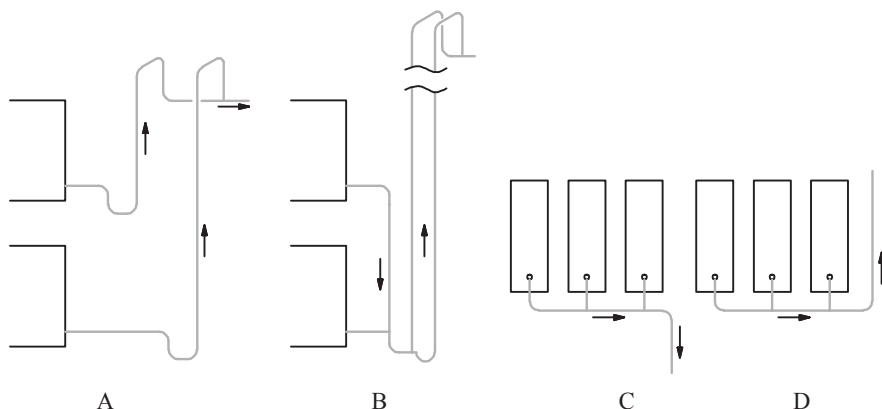
U sistemima sa većim brojem kompresora, jedan ili više njih se može isključiti, dok ostali nastavljaju sa radom, pri čemu je odnos maksimalnog i minimalnog pritiska znatno veći. Ova pojava se može uspešno rešiti primenom dvostrukih usponskih vodova.

Ostali delovi usisnog cevovoda se dimenzionišu tako da omogućuju odgovarajući pad pritiska između isparivača i kompresora, da bi se ulje kretalo kroz horizontalne deonice pri relativno malim brzinama gasa. U praksi je dobre rezultate pokazao usisni cevovod postavljen pod nagibom prema kompresoru. Primenu sifona je potrebno izbegavati. U slučaju da u sistemu postoji sifon, usponske vodove koji izlaze iz njega treba tretirati na isti način kao cevi koje izlaze iz isparivača.

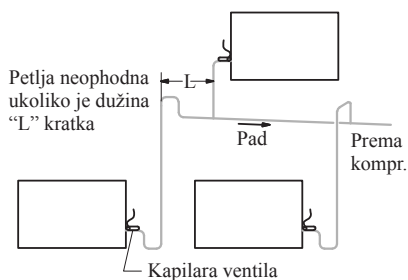
**Zaštita isparivača od nagomilavanja ulja.** Usisni cevovod se dimenzioniše tako da ulje iz aktivnog isparivača ne dospeva u onaj koji je van pogona. Skica A na slici 10.2 prikazuje sistem sa većim brojem isparivača postavljenih na različite visine i kompresorom iznad njih. Svaki usisni vod se diže gore i preko petlje uključuje u zajednički usisni cevovod, kako bi se sprečio prodor ulja u isparivač koji je van pogona. Skica B prikazuje sistem u kome su isparivači postavljeni jedan iznad drugog, a kompresor iznad njih. Ulje ne može dospeti u najniži isparivač zato što se usisni vod nalazi niže od izlaza iz najnižeg isparivača – ispred priključka na usisni usponski vod.

Na slici 10.2 je tipičan primer cevovoda za sistem u kome su isparivači postavljeni ispod i iznad zajedničkog usisnog cevovoda. Svi usisni vodovi moraju biti usmereni, ili pod nagibom ka kompresoru kako bi osigurali povraćaj ulja.

Skica C prikazuje sistem sa većim brojem isparivača postavljenih na istom nivou i kompresorom lociranim ispod njih. Usisni vod iz isparivača priključuje se na zajednički usisni vod, tako da ulje ne može dospeti u isparivač koji je van pogona. Slučaj kada je kompresor postavljen na višem nivou od isparivača prikazan je na skici D.



**Slika 10.2. Postavljanje usisne cevi na isparivač**



**Slika 10.3. Raspored cevovoda u kombinovanom položaju**

Primenu sifona u usisnom cevovodu na izlasku iz isparivača preporučuju proizvođači ekspanzionih ventila, da bi se izbegao nestabilan rad ovog ventila. Kapilara ekspanzionog ventila se postavlja na usisnom cevovodu između isparivača i sifona. Sifon ima ulogu skupljača tečnosti i zadržava tečnost ispod kapilare ekspanzionog ventila kada kompresor ne radi. Sifoni se primenjuju u slučajevima gde se cevovod koji napušta isparivač, direktno ili preko usponskih vodova, povezuje sa usisnim cevovodom.

**Cevovod toplog gasa**<sup>\*)</sup> potrebno je dimenzionisati tako da se:

- izbegne taloženje ulja pri delimičnom protoku rashladnog fluida,
  - spreči povraćaj kondenzata rashladnog fluida i ulja u kompresor čak i pri niskoj spoljnoj temperaturi ili pri praznom hodu kada su spoljni potisni cevovodi dugački,
  - pažljivo odaberu veze između magistralnog voda i grana ka kompresorima
- i
- izbegne pojava pojačanog zvuka ili vibracija, usled pulsiranja toplog gasa pri bilo kakvom protoku rashladnog fluida.

**Prolaz ulja kroz usponske vodove pri nominalnom opterećenju.** U slučaju kada su potrebni mali padovi pritiska, predimenzionisan cevovod toplog gasa ima za posledicu smanjenje brzine gasa do one vrednosti kada rashladni fluid više ne transportuje ulje. Međutim, u sistemima sa većim brojem kompresora sa regulaci-

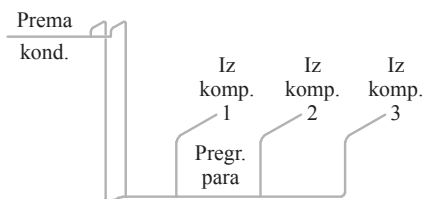
<sup>\*)</sup> Cevovod između kompresora i kondenzatora.



jom kapaciteta, ulje se mora, pri bilo kom protoku rashladnog fluida, transportovati kroz usponske vodove toplog gasa.

**Minimalna brzina gasa za prolaz ulja kroz usponske vodove.** U instalaciji sa više kompresora mora se proračunati najmanje opterećenje sistema i prema njemu dimenzionisati usponski vodovi, kako bi bio obezbeđen minimalni učinak potreban za prenos ulja. U nekim instalacijama sa većim brojem kompresora sa regulacijom kapaciteta, vertikalni usponski vodovi toplog gasa dimenzionišu se tako da se obezbedi protok ulja pri minimalnom protoku rashladnog fluida, što za posledicu ima pojavu prekomernog pada pritiska pri maksimalnom protoku. Ovaj problem se rešava primenom jednostrukog ili dvostrukog usponskog voda i separatora ulja.

**Dvostruki usponski vodovi toplog gasa.** Dvostruki usponski vodovi toplog gasa mogu se koristiti na isti način kao kod usisnog cevovoda. Na slici 10.4 prikazan je uobičajeni način primene cevovoda toplog gasa.

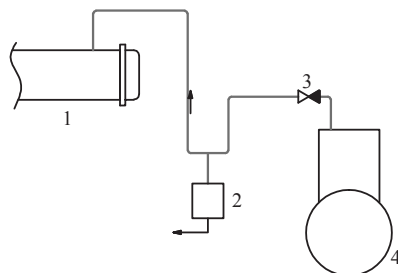


**Slika 10.4. Dvostruki usponski cevovod**

**Jednostruki usponski vodovi i odvajač ulja.** U određenom slučaju kada je odvajač ulja postavljen u potisnom cevovodu neposredno ispred usponskog voda, dozvoljava se da se usponski vod dimenzioniše za male padove pritiska. Ukoliko dođe do povraćaja dela ulja kroz usponski vod, ulje će se istaložiti u odvajaču ulja. U instalacijama sa većim brojem kompresora ponekad je potrebno postaviti odvajač ulja u svaku granu potisnog cevovoda. Horizontalni cevovod mora biti nivelisan ili postavljen pod nagibom nadole u pravcu toka gasa da bi se olakšao transport ulja kroz sistem i nazad u kompresor.

**Cevovod za zaštitu kompresora od tečnog udara.** U svaki potisni cevovod, u instalaciji sa većim brojem kompresora, postavlja se nepovratni ventil da spreči pojavu kondenzacije toplog potisnog gasa, koji izlazi iz kompresora koji je u radu, na glavu kompresora koji su van pogona.

Kada je kondenzator postavljen iznad kompresora, cevovod toplog gasa mora imati petlju pre priključenja na kompresor, posebno ako je usponski vod toplog gasa dugačak. Ovo se izvodi u cilju smanjenja mogućnosti da rashladni fluid, kondenzovan u cevovodu u toku mirovanja, dospe nazad do kompresora. Ni ulje koje se diže uz zidove cevovoda neće dospeti nazad do kompresora.



**Slika 10.5. Petlja toplog gasa; 1 – kondenzator, 2 – odvajač tečnosti sa ventilom sa plovkom, 3 – nepovratni ventil, 4 – kompresor**

Petlja na cevovodu toplog gasa (slika 10.5) predstavlja rezervoar i skupljač tečnosti nastale kao posledica kondenzacije u toku prekida rada i sprečava gravitacioni povratak ulja i tečnosti u kompresor.

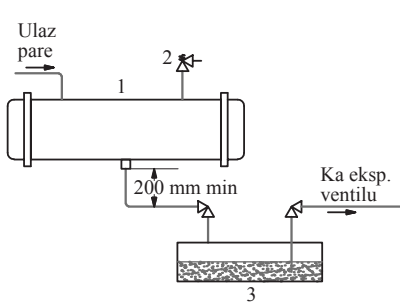
Kada su kondenzator i skupljač tečnosti smešteni u sredinu u kojoj je temperatura viša nego u kompresoru, u cevovod toplog gasa se mora postaviti nepovratni ventil. Uloga nepovratnog ventila je da spreči pojavu ključanja rashladnog fluida u kondenzatoru i njegovo kondenzovanje u kompresoru u toku prekida rada. Kod kompresora sa vodom hlađenim uljnim hladnjacima, magnetni i regulacioni ventil postavljaju se na vodenoj strani. Regulacioni ventil ima ulogu da reguliše proces hlađenja, dok se magnetni ventil zatvara u toku prekida rada da bi sprečio lokalno kondenzovanje rashladnog fluida.

**Prigušivač zvuka na (potisnom) cevovodu toplog gasa.** Prigušivači se mogu postaviti na cevovod toplog gasa da priguše pulsiranje potisnog gasa i smanje vibracije i zvuk. Prigušivači se postavljaju u horizontalnim ili silaznim deonicama cevovoda toplog gasa, neposredno iza kompresora, ali ne na usponskom vodu.

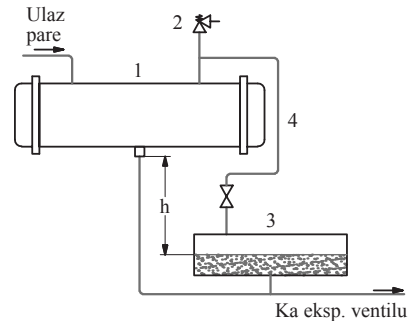
Kako su brzine gasa znatno manje u prigušivaču nego u cevovodu toplog gasa, u prigušivaču buke se može skupljati ulje, ukoliko je on postavljen na usponskom vodu ili horizontalnom kraku, i tu ostati.

**Skupljači tečnosti.** Prisustvo skupljača u rashladnoj instalaciji postavlja dodatne zahteve u odnosu na cevovod, zbog čega se oni ne koriste bez posebne potrebe. Skupljači korišćeni kao „prolazni“ (slika 10.6) takođe zahtevaju minimalno radno rashladno opterećenje, koje se dodaje ukupnom opterećenju sistema. Podatak o minimalnom opterećenju daje proizvođač.

Ako se koristi „prolazni“ skupljač tečnosti, fluid mora uvek strujati u smeru od kondenzatora ka skupljaču. Zato, pritisak u skupljaču mora biti ili niži nego na izlazu iz kondenzatora, ili visina samog skupljača i cevovoda između skupljača i kondenzatora mora biti dovoljna da stub rashladnog fluida savlada razliku pritisaka i gubitke usled trenja.



**Slika 10.6.** Kondenzator i „prolazni“ tip skupljača tečnosti; 1 – kondenzator, 2 – ventil sigurnosti, 3 – skupljač tečnog rashladnog fluida



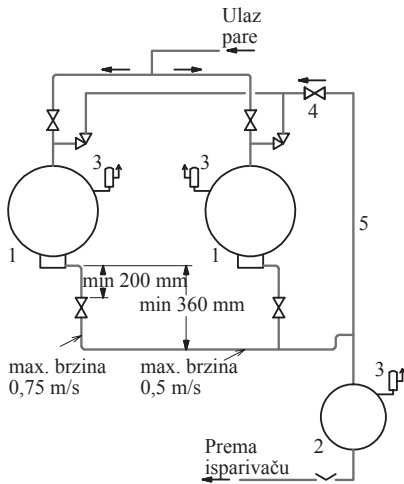
**Slika 10.7.** Kondenzator i „sisajući“ tip skupljača tečnosti; 1 – kondenzator, 2 – ventil sigurnosti, 3 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 4 – voda za izjednačenje, parna faza

Skupljač tečnosti i njemu pripadajući cevovod obezbeđuju slobodan protok tečnosti od kondenzatora do skupljača izjednačavajući pritisak između njih, tako

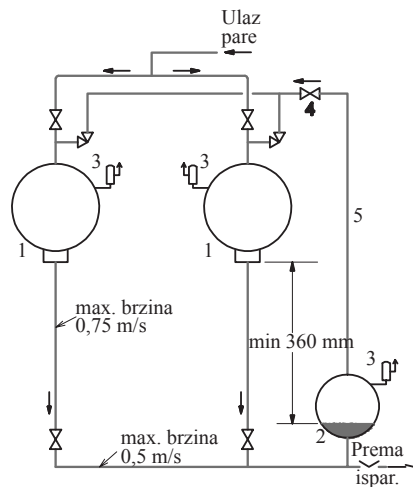
da skupljač ne može „dobiti“ viši pritisak od kondenzatora, što se postiže na jedan od sledeća dva načina.

a) Cevovod između kondenzatora i skupljača dimenzionisati tako da istovremeno omogući strujanje tečnosti u jednom, a pare u drugom smeru, što se postiže brzinom tečnosti do 0,5 m/s i nagibom njegovih horizontalnih deonica od 20 mm/m.

b) Vezu između kondenzatora i skupljača izvesti tako da ona, pored osnovnog cevovoda, kojim se tečnost sliva u skupljač, sadrži i cevovod za izjednačenje pritiska između kondenzatora i skupljača. U ovaj cevovod se može ugraditi i nepovratni ventil (slika 10.8 i 10.9).



**Slika 10.8. Veza kondenzatora sa protočnim skupljačem fluida; 1 – kondenzator, 2 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 3 – ventil sigurnosti, 4 – jednosmerni ventil, 5 – vod za izjednačenje**



**Slika 10.9. Veza kondenzatora sa sisajućim skupljačem tečnosti; 1 – kondenzator, 2 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 3 – ventil sigurnosti, 4 – jednosmerni ventil, 5 – vod za izjednačenje**

**Veze sa sisajućim tipom skupljača.** Kad pri radu sistema dolazi do kolebanja fluida u skupljaču tečnosti, skupljač se u instalaciji može postaviti kao što je prikazano na slici 10.7. Zapremina skupljača je dovoljna da primi svu tečnost koja se nalazi u sistemu.

Visina  $h$  mora biti jednaka ukupnom padu pritiska kroz kondenzator, tečni vod i vod za izjednačenje treba dimenzionisati pri maksimalnoj temperaturskoj razlici između temperature okoline gde je postavljen skupljač i temperature kondenzacije. Podatak o padu pritiska kroz kondenzator, pri najvećem očekivanom toplotnom opterećenju, daje proizvođač. Najmanja visina  $h$  može se izračunati i na osnovu dobijene vrednosti doneti odluka o primeni „sisajućeg“ tipa skupljača. Protok fluida kroz odzračni vod je u smeru od skupljača ka kondenzatoru kada je temperatura u skupljaču veća od temperature kondenzacije. Smer strujanja fluida od

kondenzatora ka skupljaču je kada je temperatura vazduha oko skupljača niža od temperature kondenzacije. Veličina protoka zavisi od ove temperaturske razlike i od spoljne površine skupljača. Veličina odzračnog voda može se izračunati kada je protok poznat.

**Sistem sa većim brojem kondenzatora.** Dva ili više redno ili paralelno vezanih kondenzatora mogu se primeniti u jednom rashladnom krugu.

U rednoj vezi se padovi pritiska kroz kondenzatore sabiraju. Kondenzatori se češće vezuju paralelno. Pad pritiska u jednom od paralelnih tokova *uvek* je jednak padu pritiska kroz bilo koji drugi krug, čak i ako to rezultira većom količinom tečnosti u pojedinim krugovima, dok kroz ostale istovremeno struji gas.

Slika 10.8 pokazuje osnovni način paralelnog povezivanja više kondenzatora sa prolaznim tipom skupljača tečnosti. Cev na izlazu iz kondenzatora mora biti dovoljno duga da omogući nivo tečnosti da ujednači padove pritiska između kondenzatora u instalaciji pri svim radnim uslovima. Izlazne cevi bi trebalo da budu 150 mm do 300 mm duže od proračunom dobijene vrednosti, da bi se osiguralo da tečnost slobodno prolazi kroz odvod. Visina tečnosti može da kompenzuje povećan pad pritiska u kondenzatoru a time i da spreči protok gasa između kondenzatora.

Veliki kondenzatori sa većim brojem prolaza vezuju se u sistem tako što se svaka sekcija veže nezavisno (kao veći broj paralelnih kondenzatora). Na primer, levi kondenzator, na slici broj 10.8, ima 14 kPa veći pritisak od desnog. Nivo tečnosti na levoj strani biće za 1,2 m viši nego na desnoj. Ukoliko cevovod sa kondenzovanim rashladnim fluidom nema dovoljnu visinu za ovu razliku nivoa, tečnost će doticati u kondenzator sve dok se ne postigne isti pritisak u oba kruga.

Izlaz tečnosti iz kondenzatora se dimenzioniše na osnovu brzine kondenzata od 0,75 m/s. Glavni kondenzni vod dimenzioniše se za brzinu od 0,5 m/s. U zavisnosti od standarda koji se primenjuje, nepovratni ventil se obično postavlja u potisni cevovod.

Na slici 10.9 prikazana je konfiguracija cevovoda u sistemu sa većim brojem kondenzatora i usisnim skupljačem tečnosti. Kada je sistem vezan kao na slici 10.8, pri čemu su samo jedan ili dva kondenzatora u radu, protok kroz potisne cevovode neće biti simetričan. Male razlike pritiska nisu neuobičajena pojava i mesta razdvajanja tečnosti bi trebalo da su 0,6 m do 0,9 m ispod donje ivice kondenzatora. Tačna veličina može se izračunati u funkciji pada pritiska kroz svaku putanju pri svim mogućim radnim uslovima.

Za sve vodom hlađene kondenzatore u jednom rashladnom krugu dovoljan je samo jedan ventil za vodu. Ukoliko se za svaki kondenzator postavi po jedan ventil, vrlo je teško ili čak nemoguće postići jednake radne uslove za svaki kondenzator.

Kod evaporativnih kondenzatora padovi pritiska su veći (slika 10.10). Ukoliko su svi kondenzatori sličnih karakteristika i vezani paralelno, pri čemu se svi nalaze u radu, razlike će biti male. Izlaz iz kondenzatora ne treba da bude viši od 0,6 m do 0,9 m iznad čvorišta tečnih vodova. Ukoliko ventilator jednog od kondenzatora ne radi, a ostali rade, nivo tečnosti u jednom kondenzatoru mora biti dovoljno visok da kompenzuje pad pritiska kroz kondenzator koji je u radu.

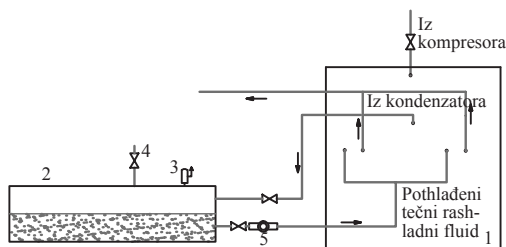
Kada je raspoloživa razlika nivoa između izlaza iz kondenzatora i čvorišta tečnih vodova zadovoljavajuća, skupljač se može odzračivati preko ulaza u konden-

zator (slika 10.11). U tom slučaju koristi se sisajući skupljač tečnosti. Razlika nivoa, u tom slučaju, mora biti najmanje jednaka zbiru najvećih gubitaka kroz krug bilo kog kondenzatora i odzračnog voda, pri čemu je temperatura vazduha viša od temperature kondenzacije.

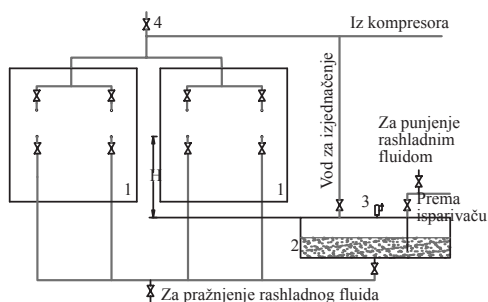
Pad pritiska kroz **vazduhom hlađene kondenzatore** dobija se sabiranjem padova kroz svaku pojedinačnu jedinicu pri određenom protoku fluida. Ukoliko je pad pritiska rashladnog fluida dovoljno mali, praktično u opsegu karakteristike opreme, paralelna veza kondenzatora se može izvesti kao što je prikazano na slici 10.12. Ovakva veza dozvoljava smanjenje učinka jednog kondenzatora na nulu, ne dovodeći do povraćaja tečnosti u druge kondenzatorske jedinice.

Vazdušni kondenzator samac, sa bilo kojom vrednošću pada pritiska može se povezati sa skupljačem bez voda za izjednačenje i bez „krivine po visini“ ukoliko se izlaz iz kondenzatora i vod do skupljača mogu dimensionisati prema odvodu bez krivine, pri čemu maksimalna brzina iznosi 0,5 m/s. Kondenzator samac može se povezati preko voda za izjednačenje sa ulazom toplog gasa, ako vertikalni izlaz iz kondenzatora može da uravnoteži pad pritiska rashladnog fluida kroz kondenzator i tečni vod do skupljača.

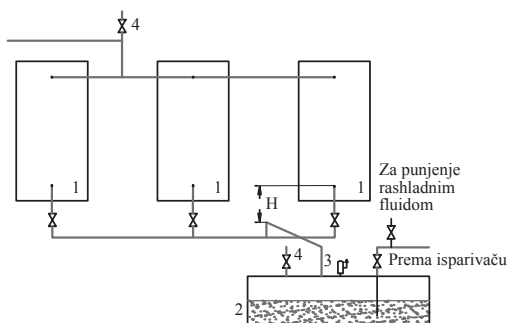
Ako skupljač tečnosti nije postavljen u zoni okolnog vazduha, ispod ulaza vazduha u kondenzator, potrebno je po-



**Slika 10.10. Evaporativni kondenzator sa skupljačem i pothlađivačem; 1 – evaporativni kondenzator, 2 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 3 – ventil sigurnosti, 4 – odzračni ventil, – vidno staklo**



**Slika 10.11. Više evaporativnih kondenzatora sa skupljačem; 1 – evaporativni kondenzator, 2 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 3 – ventil sigurnosti, 4 – odzračni ventil**



**Slika 10.12. Veza većeg broja vazdušnih kondenzatora; 1 – vazdušni kondenzator, 2 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 3 – ventil sigurnosti, 4 – odzračni ventil**

većati visinu  $H$  (slika 11.12) da bi se savladala razlika pritisaka između risivera i kondenzatora.

Potlađivanje u tečnom kolenu ima tendenciju da kondenzuje paru u skupljaču da bi se uravnotežilo sa kondenzacijom na pritisku zasićenja, pri prelasku toplote iz okoline na risiver. Potrebno je relativno veliko „tečno koleno“ da bi se izbalansirala mala temperaturna razlika, međutim, ovaj slučaj možemo susresti samo u ekstremnim situacijama. Tečnost koja napušta skupljač biće zasićena i svako potlađivanje u cilju sprečavanja kolebanja tečnosti mora biti iza skupljača. Ako je temperatura okoline u kojoj se nalazi skupljač viša od temperature kondenzacije samo pri delimičnom protoku rashladnog fluida, povraćaj tečnosti u kondenzator se može tolerisati, pri čemu se smanjuje ekonomičnost kondenzatora.

**Paralelno vezani kompresori** moraju biti povezani odgovarajućim cevovodom kako bi se osiguralo pravilno funkcionisanje sistema.

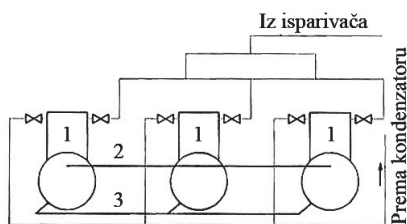
Dimenzionisanje usisnog cevovoda vrši se prema uslovima da svi kompresori treba da rade na približno istom pritisku i da se ulje u kompresor vraća u jednakim količinama. Svi usisni vodovi se vode ka glavnoj grani na način koji najbolje garantuje podjednak povraćaj ulja u svaki karter. U zavisnosti od vrste i veličine kompresora, ulje se može vratiti na jedan od sledećih načina:

- nekontrolisano sa usisanom parom u svaki kompresor,
- skuplja se u akumulator i vraća kontrolisanim putem i
- skuplja se u akumulatoru na potisnoj strani (odvajač ulja) i vraća kontrolisanim putem.

Usisni kolektor mora biti iznad usisa u kompresor, tako da se ulje može gravitaciono vraćati u kompresor.

Poprečni presek usisnog kolektora treba da je isti po celoj dužini.

Slika 10.13 prikazuje način povezivanja kolektora sa tri kompresora, kojima se postiže maksimalno izjednačenje pritisaka na svakom od tri paralelno vezana kompresorska usisa. Na taj način se kolektor vezuje za tri ili više kompresora. Druga varijanta, ne naročito povoljna, predviđa povezivanje ulaza isparivača sa jednim krajem kolektora umesto povezivanja u „piramidu“.



**Slika 10.13. Usisni i potisni kolektor za više kompresora; 1 – kompresor, 2 – gasni egalizacioni vod, 3 – uljni egalizacioni vod**

Potrebno je da odvajanja kompresora od usisnog kolektora budu horizontalna, zbog ujednačene distribucije ulja i sprečavanja gomilanja tečne faze rashladnog fluida u kompresoru koji je van pogona (u slučaju prepunjavanja).

Potrebno je da odvajanja kompresora od usisnog kolektora budu horizontalna, zbog ujednačene distribucije ulja i sprečavanja gomilanja tečne faze rashladnog fluida u kompresoru koji je van pogona (u slučaju prepunjavanja).

Usisni sifoni se postavljaju u sistemima sa paralelno vezanim kompresorima, kod potopljenih isparivača, kod duplih usponskih vodova, kod dugačkih usponskih vodova, u sistemima sa većim brojem ekspanzionih ventila, pri otapanju toplim gasom, u reverzibilnom radnom ciklusu i u sistemima sa regulatorima pritisaka na usisu.

Usisni sifon mora biti odabran tako da može da primi gas i izdvojenu tečnost i da je pravilno raspoređi. Skupljač ulja sa električnim grejačem omogućuje efikasno isparavanje rashladne tečnosti akumulirane u usisnom sifonu i omogućuje da svaki kompresor dobije odgovarajuću količinu ulja. Za kontrolu dotoka ulja u kompresor koristi se ili karterski ventil sa plovkom, ili spoljašnji plovak sa prekidačem i magnetni ventil.

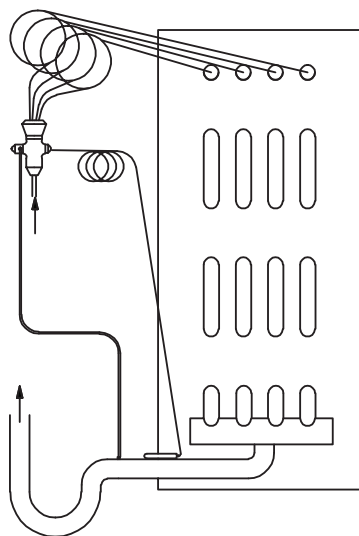
Potisni cevovod se izvodi tako da spreči povratak kondenzovanog rashladnog fluida i ulja u kompresor koji je van pogona, zbog čega se na potisnom cevovodu postavljaju i jednosmerni ventili. Povraćaj ulja u kompresor može biti na više načina i zavisi od projektovanog sistema. Ulje se može sakupiti i u poseban skupljač ulja, a zatim preko kontrolnog ventila vratiti u kompresore.

Skupljač ulja se mora podići na dovoljnu visinu da obezbedi pritisak veći od pada pritiska između skupljača i kartera. Veličina uljnog skupljača mora da, u slučaju kvara na mehanizmu za kontrolu ulja, primi sve ulje da ne bi došlo do prepunjavanja kompresora koji je van pogona.

Pri povezivanju dva ili više kompresora, svi priključci za ulje treba da budu na istom nivou. Ako u karтеру nema plovka, vod za izjednačenje se povezuje sa svim karterima na minimalnom nivou na kome se održava nivo ulja u njima. Vod za izjednačenje ulja može se voditi na nivou priključka, sa donje strane ako je pogodan pristup, ali nikad na nivou višem od priključka.

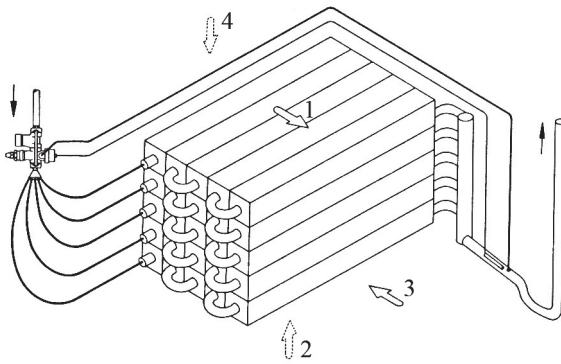
Za pravilan rad kompresora potrebno je da gasni vod za izjednačenje pritiska u parnom prostoru bude postavljen iznad nivoa ulja u kompresoru. Potrebno je da vod za izjednačenje ulja i gasni vod budu istih dimenzija kao i priključak na najvećem kompresoru.

Na slikama 10.14 i 10.15 prikazan je uobičajeni način *povezivanja isparivača za hlađenje* vazduha sa direktnom ekspanzijom. Rešenje dato na slici 10.15 obezbeđuje pregrevanje potrebno za pravilan rad ekspanzionog ventila i efektivan prelaz toplote, jer je vazduh na izlazu iz isparivača u kontaktu sa hladnijom stranom isparivačke površine (3). Ovakvo rešenje pogoduje sistemima sa niskim temperaturama isparavanja, jer pad pritiska u isparivaču utiče na promenu temperature isparavanja. Isparivači sa direktnom ekspanzijom mogu se u instalaciji postaviti u vertikalnom ili horizontalnom položaju, u odnosu na smer strujanja vazduha, pod uslovom da se omogući dobar povratak ulja.

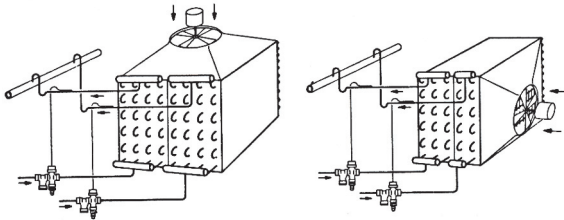


**Slika 10.14. Isparivač sa direktnom ekspanzijom; napajanje odozgo**

Na slici 10.16 prikazana je veza isparivača sa usisnim cevovodom gde fluid napaja isparivač sa donje strane. Brzina pare rashladnog fluida mora biti takva da, pri najmanjem toplotnom opterećenju isparivača, obezbedi dopremu ulja u usisni cevovod.



**Slika 10.15. Ispariša sa direktnom ekspanzijom; horizontalno nastrujavanje vazduha; 1 i 3 – dobri pravci strujanja vazduha, 2 i 4 – nepoželjni pravci strujanja vazduha**



**Slika 10.16. Ispariša sa direktnom ekspanzijom, napajanje odozdo**

### 10.1.1. Materijali i dimenzije cevovoda

U rashladnoj tehnici se uglavnom koriste standardne cevi od čelika i bakra. Čelične cevi se koriste za amonijačne rashladne instalacije, dok se u „freonskim“ instalacijama koriste u većim rashladnim sistemima. Cevi od bakra koriste se samo u „freonskim“ rashladnim sistemima. Cevi od drugih materijala koriste se samo u delovima sistema gde nema rashladnog fluida. Aluminijum se koristi kao materijal za cevovode samo za manje rashladne uređaje za domaćinstvo.

Cevi su standardizovane. Osnovni pojmovi su nazivna veličina, nazivni pritisak i pogonski i radni pritisak.

*Nazivna veličina* cevovoda (NV) – SRPS M.B6.005 – je karakteristika pojedinih delova cevovoda (prirubnice, navoji i dr.) koji odgovaraju jedni drugima bez obzira da li je veličina izražena u metričkom mernom sistemu ili u colovima. Standardima su utvrđene spoljne veličine cevovoda, dok su debljine zida različite, nazivna veličina odgovara približnim vrednostima svetlog otvora cevi.

*Nazivni pritisak* (NP) – SRPS M.B6.006 – je pritisak za koji su predviđeni cevovodi. Prema ovom pritisku određene su i armature, prirubnice, prelazni komadi i dr.

*Radni pritisak* ili pogonski pritisak je dozvoljeni pritisak cevovoda koji zavisi od pogonskih uslova (materijala cevovoda, temperature).

Probni pritisak ili pritisak ispitivanja je pritisak na kome proizvođač ispituje cevi u fazi proizvodnje i obično je 1,5 puta veći od nazivnog pritiska.

Standard SRPS M.E7.105, Osnovna tehnička pravila bezbednosti – Radni i probni pritisci u rashladnoj tehnici.

Čelične cevi koje se koriste u instalacijama za hlađenje su bešavne cevi (SRPS C.B5.221) hemijskog sastava prema SRPS C.B5.021 i mehaničkih karakteristika. Bakarne cevi rade se u veličinama prema standardu SRPS C.D5.500 i mogu biti tvrde, polutvrde i meke. Tvrde i polutvrde se isporučuju u obliku šipki najčešće do 6 m dužine a meke cevi u koturovima. Bakarne cevi za rashladnu tehniku se isporučuju sa očišćenom unutrašnjom površinom i zaštićenim krajevima cevi.



### 10.1.2. Elementi za spajanje

Povezivanje cevodova vrši se nerastavljivim vezama (zavarivanje, lemljenje) ili rastavljivim vezama (prirubnice, spojne navrtke, armature). Zavarivanjem ili lemljenjem se ostvaruje nepropusna veza. Promena pravca, račvanje, promena preseka se najčešće vrši standardnim prefabrikovanim komadima.

*Prirubnice* se rade prema standardima kao ravne prirubnice, prirubnice sa grlom, od čelika ili sivog liva, sa navojem i bez njega. Nazivne veličine su definisane prema cevovodu.

*Spojne navrtke* se najčešće koriste za spajanje bakarnih cevodova. Nazivna veličina navrtki definisana je prema nazivnom prečniku cevodova (SRPS M.E7.106).

### 10.1.3. Elementi za nošenje cevodova

Elementi za nošenje cevodova sa prirubnicama i armaturama moraju da obezbede ovesenje cevodova, dilataciju cevodova zbog uticaja temperatura radnog fluida na materijal cevodova i spreče gubitak toplote. Oslonci mogu biti čvrsti (fiksni), ili pokretni. Fiksni oslonci preuzimaju opterećenje cevodova od širenja cevodova usled promene temperature radnog fluida i same težine cevodova dok su pokretni oslonci opterećeni samo težinom cevodova.

## 10.2. Armatura

### 10.2.1. Ventili

**Zaustavni ventili** se ugrađuju u rashladne instalacije u cilju upravljanja i održavanja. Oni omogućuju potpun ili delimičan protok rashladnih fluida (pare i tečnosti), postavljaju se uz sve elemente da bi se omogućila brza zamena ili popravka (bez dugih prekida rada), a izrađuju se od različitih materijala. U amonijačnim instalacijama se koriste ventili od čelika i livenog gvožđa. Za freone se koristi čelik, bronza i mesing.

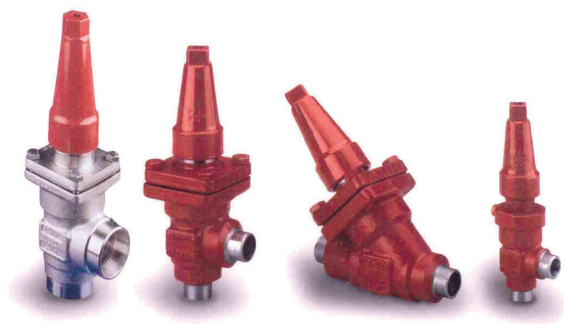
Zaustavni ventili mogu biti pravi i ugaoni, a sastoje se iz tela ventila u kome su smešteni elementi za otvaranje i zatvaranje. Konstrukcija ventila zavisi od proizvođača i vrste rashladnog fluida za koji su namenjeni, a spajaju se sa cevovodom prirubničkim spojevima ili zavarivanjem (slika 10.17).

Smer strujanja fluida označen na telu ventila omogućava najmanji pad pritiska kroz ventil.

**Ručni regulacioni ventil** služi za regulaciju protoka rashladnog fluida i može biti glavni ili rezervni regulacioni ven-

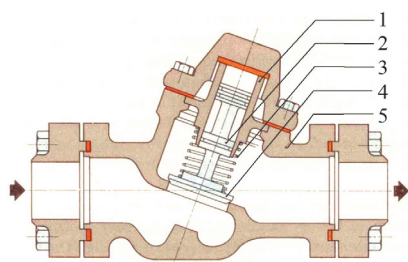


Slika 10.17. Zaustavni ventil



**Slika 10.18. Ručni regulacioni ventil**

til. Zbog malih dimenzija pogodni su za ugradnju u obilazne vodove termostatskih ekspanzionih ventila malog i srednjeg rashladnog učinka. Ugrađuju se u obilazni vod da bi, prilikom intervencije na glavnom prigušnom ventilu, obezbedili kontinualno napajanje isparivača (slika 10.18).



**Slika 10.19. Nepovratni ventil; 1 – vodi-  
ca, 2 – prigušivač, 3 – opruga, 4 – ventil-  
ska pločica, 5 – telo ventila**

### **Nepovratni ventili**

se postavljaju u usisne, potisne i tečne vodovima i obezbeđuju pravilan smer strujanja fluida. Proizvode se od istih materijala kao i zaustavni ventili. Mogu biti različite konstrukcije, ali najčešće imaju oprugu sa diskom (slika 10.19) ili slobodno lebdeći disk. Ventili sa oprugom mogu da se montiraju u bilo kom položaju, dok se ventili sa lebdećim diskom ugrađuju u tačno definisanom položaju.

U toplijem u hladnijem isparivaču. U ovom slučaju, ventili se mogu postaviti na izlazu iz isparivača sa nižim temperaturama isparavanja ili na svakom isparivaču. Postavljaju se, takođe, na usisnom vodu kompresora čiji se rad reguliše presostatom. U slučaju da u instalaciji nema nepovratnog ventila moglo bi doći do učestalih isključivanja i uključivanja, zbog propuštanja pare rashladnog fluida kroz potisne ventile. Nepovratni ventil ne sme da bude u blizini kompresora, čiji rad može praćen štetnim vibracijama.

Nepovratni ventil se koristi u instalacijama sa više isparivača koji rade na različitim **temperaturama** isparavanja, da bi se sprečilo proticanje rashladnog fluida iz

Ventil se otvara pod dejstvom struje fluida, a pravac strujanja fluida obavezno je naznačen na telu ventila.

**Ventil sigurnosti** se ugrađuju na sve sudove većih zapremina koji sadrže znatne količine rashladnog fluida. Prilikom ugradnje i izbora ventila sigurnosti, moraju se poštovati svi tehnički propisi iz ove oblasti. Najčešće se na jednom sudu postavljaju dva paralelna sigurnosna ventila, kako bi pri baždarenju i kontroli jednog, drugi ostao u funkciji.

**Filteri** imaju ulogu sprečavanja čvrstih čestica da uđu u radni prostor kompresora, u regulacione ventile, u magnetne ventile i drugu armaturu, čime bi se njihova funkcija smanjila ili bi se trajno oštetili. Filteri se sastoje od metalnog kućišta u kome se nalazi metalna mreža, najčešće postavljena u dva sloja (slika 10.21). Ve-



**Slika 10.20.**  
**Ventil sigurnosti**



**Slika 10.21. Filter**

ličina okca mreže je od 0,1 mm do 0,4 mm u zavisnosti od vrste fluida i njegovog agregatnog stanja. Mrežica se mora povremeno čistiti, zbog čega se ispred i iza filtra ugrađuju zaustavni ventili.

Noviji filteri se proizvode od finijih materijala, npr. molekularnog sita, koji obezbeđuju kvalitetnije filtriranje fluida, što je od posebnog značaja za manje instalacije sa hermetik kompresorima i kapilarnom cevi.

Filteri mogu biti i sastavni deo rashladnog elementa i postavljaju se ispred regulacionog organa, magnetnog ventila i sl. U većim sistemima filteri se ugrađuju i u kompresore.

**Nivokaz** služi za kontrolu nivoa tečnosti u sudovima rashladne instalacije. Nivokazi, po pravilu, sadrže zaustavne ventile, gornji povezan sa parnim prostorom suda, a donji povezan sa tečnim prostorom. Nivo tečnosti se očitava na staklenoj cevi.

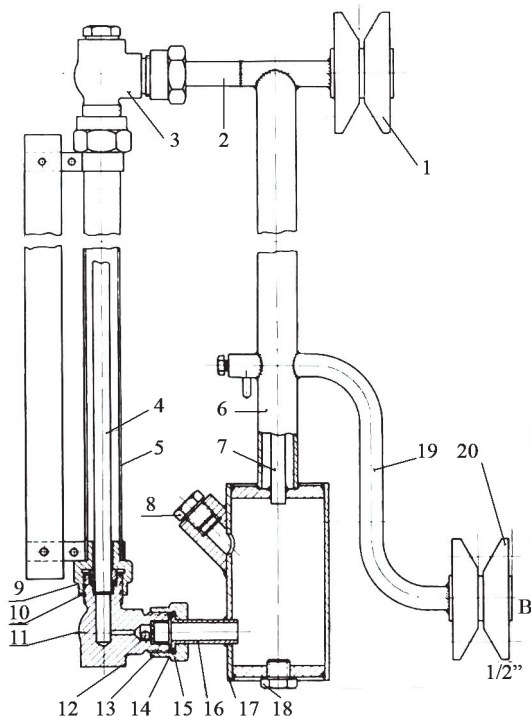
Savremeni nivokazi imaju automatske ventile koji omogućavaju da se, ako se staklo razbije, nivokaz zameni i da se spreči isticanje rashladnog fluida.

Nivokazi se proizvode u dve varijante. Nivokaz visokog pritiska (slika 10.22) se koristi za očitavanje nivoa tečnog rashladnog fluida u skupljačima ili očitavanje nivoa ulja u odvajачima. U manjim instalacijama nivokaz zamenjuje vidno staklo koje se direktno ugrađuje na sud preko navojnice i zapativnog materijala ili se zavaruje.

Nivokaz niskog pritiska (slika 10.23) se najčešće ugrađuje u sudovima amonijačnih instalacija kao što su odvajачi tečnog amonijaka, potpoljeni isparivači i dr. Ovi nivokazi su drugačiji od nivokaza visokog pritiska. Da ne bi došlo do naglog isparavanja amonijaka u staklenoj cevi, koji je na znatno nižoj temperature od temperature okolnog vazdu-



**Slika 10.22. Nivokaz visokog pritiska**



**Slika 10.23. Nivokaz niskog pritiska; 1 – prirubnica, 2 – priključak za cev, parni deo, 3 – telo ventila, 4 – staklena cev sa oblogom, 5 – skala za očitavanje nivoa, 6 – veća cev, 7 – manja cev, 8 – čep, 9 – zaptivka staklene cevi, 10 – navrtka staklene cevi, 11 – telo ventila, 12 – kuglica, 13 – korpica, 14 – zaptivka korpice, 15 – navrtka za priključak, 16 – priključak za cev, 17 – sud za ulje, 18 – čep, 19 – priključak tečnog amonijaka, 20 – prirubnica**

ha, koristi se metoda indirektnog očitavanja visine tečnosti u sudu sa amonijakom. U nivokaz je ugrađena posuda za ulje (17) koje se potiskivano tečnim fluidom penje i pokazuje nivo u staklenoj cevi (4). Očitavanje stvarnog nivoa fluida u sudu vrši se preko kompenzacione skale (5), jer nivo ulja u staklenoj cevi nije isti kao nivo fluida u sudu (zbog različite specifične gustine). Nivokazi niskog pritiska mogu biti električni nivokazi kada imaju i upravljačku funkciju.

### 10.3. Izolacija

Izolacija se ne koristi samo u cilju sprečavanja gubitaka toplote već i sprečavanja kondenzacije na cevima a time i zaštite cevi. Postoji nekoliko važnih momenata koje treba rešiti u izolaciji cevovoda u rashladnim sistemima.

Prvi i možda najvažniji problem je sprečiti kondenzaciju na cevima. U kontaktu hladne površine cevi sa toplim i vlažnim vazduhom (ispod tačke rose), doći će do kondenzacije vlage iz okolnog vazduha što će uslovi-

ti formiranje kapi vode a ako je temperatura cevi znatno ispod tačke rose, doći će i do korozije cevi, plesni ili formiranje leda. Ukoliko dođe do prodora vlažnog vazduha ispod izolacije doći će i do razaranja cevi – korozijom i znatnog gubitka toplote.

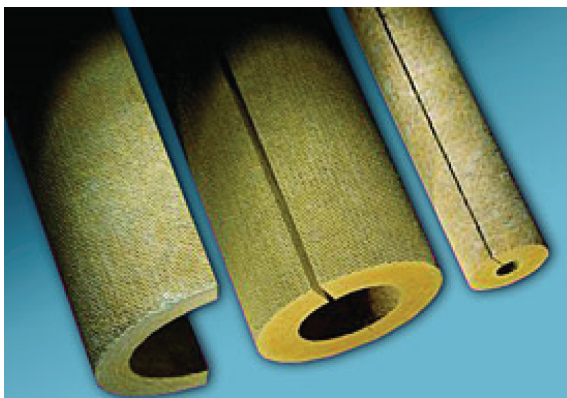
Izolacija cevovoda u rashladnim instalacijama ne može se tretirati isto kao kod izolacija toplih cevi. Osnovne razlike su u – zatvorenim ćelijama izolacionog materijala, koje sprečavaju prodor spoljnog vazduha do spoljne površine cevi i – završnoj površini izolacije, koja mora biti paronepropusna.

Postoji nekoliko vrsta materijala koji se mogu koristiti za izolaciju cevovoda u instalacijama za hlađenje. Najčešće korišćeni materijali su fleksibilni ili tvrdi poliuretani sa odgovarajućom parnom branom.

Posebni zahtevi za izolaciju cevovoda su:

- kvalitetna parna brana,
- zatvorene ćelije izolacionog materijala i
- nemogućnost prodora vazduha do površine cevi.

Zahtevi za izolaciju armature identični su kao i kod cevovoda a izvodi se sa prefabrikovanim oblicima, koji odgovaraju armaturama ili pomoću traka.



**Slika 10.24. Izolacija od tvrdog poliuretana**



---

## Automatika

Osnovna uloga uređaja automatike u rashladnoj instalaciji je da automatski uspostavljaju zadate parametre hlađenja, obezbede što ekonomičniji rad rashladne instalacije i osiguraju njenu zaštitu i sigurnost u radu.

Pod pojmom uspostavljanja zadatih parametara podrazumeva se uspostavljanje, regulisanje i kontrola temperaturnih režima u procesu hlađenja, regulisanje i kontrola protoka rashladnog fluida, regulisanje i kontrola protoka vode i drugih fluida, puštanje u rad kompresora, isključivanje kompresora, regulisanje rashladnog učinka instalacije, zaštita rashladne instalacije od oštećenja i dr.

Podela uređaja automatike vrši se prema sadržaju osnovnih elemenata, funkciji u instalaciji, principima delovanja i dr. Prema funkciji koju obavljaju u rashladnoj instalaciji dele se na uređaje za automatsko upravljanje, za regulaciju, za zaštitu, za kontrolu i za signalizaciju.

Uređaji za automatsko upravljanje na osnovu dobijenih signala, uključuju i isključuju pojedine uređaje u instalaciji ili njihove delove (otvaranjem i zatvaranjem ventila, uključivanjem i isključivanjem uređaja za otapanje i sl.).

Uređaji za automatsko regulisanje održavaju ili menjaju, u predviđenim granicama, osnovne parametre instalacije – temperature, pritiske, nivoe tečnosti, protok rashladnog fluida i vode.

Uređaji za automatsku zaštitu isključuju iz rada rashladnu instalaciju ili neke njene delove u slučaju pojave neregularnih uslova rada (suviše visok pritisak kondenzacije, nizak pritisak ulja za podmazivanje, visoka temperatura namotaja elektromotora i sl.).

Uređaji za automatsku evidenciju služe za registrovanje promena parametara instalacije (temperature, pritiska, protoka rashladnog fluida, potrošnje vode, električne energije itd.).

Uređaji za automatsku signalizaciju svetlosnim ili zvučnim signalima upozoravaju na neregularan rad instalacije (odstupanje temperatura, pritiska i drugih parametara van predviđenih područja, nastanak kvara nekog uređaja u instalaciji i dr.).

Rad malih rashladnih uređaja za domaćinstvo, komercijalnih rashladnih uređaja i klimatizera uvek je automatizovan. Izuzetak je proces otapanja isparivača koji može, a ne mora biti automatizovan. Rad industrijskih rashladnih instalacija je najčešće poluautomatski.

U komercijalnim rashladnim instalacijama koriste se uređaji za automatsku regulaciju, uređaji za automatsku zaštitu i ređe uređaji za automatsko upravljanje. Uređaji za automatsku kontrolu i signalizaciju sve više se primenjuju. U nastavku

ovog poglavlja su pregled i opis najčešće korišćenih uređaja automatike u komercijalnim i manjim industrijskim i klimatizacionim rashladnim instalacijama.

## 11.1. Regulatorni organi

Uloga ekspanzionih ili prigušnih regulatornih organa je prigušivanje pritiska tečnog rashladnog fluida pre ulaska u isparivač i regulisanje količine tečnog rashladnog fluida koji ulazi u isparivač.

U instalacijama malog rashladnog učinka za regulaciju protoka i prigušivanje isključivo se koristi kapilarna cev. U komercijalnim rashladnim instalacijama najčešće se koristi termostatski regulatorni ventil i automatski regulatorni ventil. U industrijskim rashladnim instalacijama koriste se termostatski ekspanzion ventil, ventil sa plovkom na strani niskog pritiska, ventil sa plovkom na strani visokog pritiska i ručni regulatorni ventil (kao pomoćni element – videti poglavlje 10).

### 11.1.1. Kapilarna cev

**Kapilarna cev** se koristi se za regulaciju protoka i prigušivanje rashladnih fluida u domaćim frižiderima, sobnim klimatizerima, kod većine sanduka za duboko zamrzavanje i u drugim manjim komercijalnim rashladnim uređajima. Kapilara je cev veoma malog protočnog preseka, u navedenim instalacijama obično 0,6 mm do 2 mm, dužine 1 m do 5 m.

Kapilarna cev je veoma jednostavan i jeftin element. Uvek je otvorena te omogućava izjednačenje pritiska na usisu i potisu posle prestanka rada kompresora, čime je olakšano njegovo pokretanje. Proračun i izbor kapilare je delikatan proces, pa se ona najčešće određuje eksperimentalno prema protoku azota na pritisku 10 bar, ali se, nakon njene ugradnje, obavezno proveravaju radni parametri sistema.

Da bi rashladna instalacija imala što je moguće ujednačeniji rad, potrebno je da količina rashladnog fluida i ulja za podmazivanje bude veoma precizno određena i precizno napunjena instalacija. U instalaciji sa kapilarnom cevi nema skupljača tečnosti, protok rashladnog fluida je veoma mali i instalacija mora biti potpuno zaptivena.

Potrebno je da zapremina isparivača bude što manja, ali dovoljno velika da primi celu količinu tečnog rashladnog fluida koji će, prestankom rada kompresora, preko kapilare otići u isparivač. Da bi se sprečio dotok tečnosti na usis kompresora, na izlaz isparivača se postavlja mali rezervoar (akumulator) koji će primiti višak tečnosti. Usisna cev se obavezno postavlja sa gornje strane rezervoara.

### 11.1.2. Automatski regulatorni ventil

**Automatski regulatorni ventil** se koristi u manjim rashladnim instalacijama sa jednim isparivačem. Automatski regulatorni ventil održava konstantan pritisak u isparivaču u toku rada kompresora, a sprečava preplavlivanje isparivača kada kompresor ne radi. Ne koristi se u instalacijama sa više isparivača, jer je praktično nemoguće da svi ventili rade istovremeno i da pri tome u svakom bude isti pritisak isparavanja.

Konstrukcija automatskog regulatornog ventila prikazana je na slici 11.1. Tečan rashladni fluid ulazi kroz otvor (1), prolazi kroz diznu (12) gde se pomoću igle

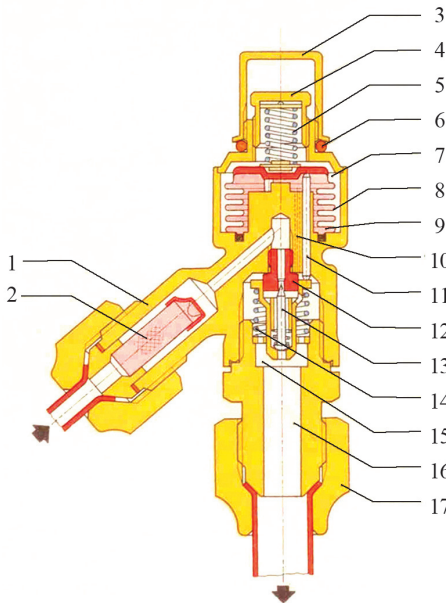


(14) prigušuje i izlazi kroz otvor (10). Na položaj igle utiču sila opruge (10) i sila koja nastaje dejstvom atmosferskog pritiska na meh (8).

**Tabela 11.1. Izbor kapilarne cevi u zavisnosti od učinka isparivača (W)**

Temperatura isparavanja* (°C)				Kapilarna cev		
-30	-20	-10	+5	N <sub>2</sub> pri 10 bar (l/min)	Unutrašnji prečnik (mm)	Dužina (mm)
40				5,5	0,63	2500
56				6,2	0,71	3550
85				8,4	0,80	3550
90	60			9,4	0,90	5000
115	80			11,9	0,90	3150
	110			13,5	1,00	4000
	142	105		16,2	1,12	5000
	175	140		18,0	1,00	2300
			210	20,0	1,00	1900
	190	180	290	22,0	1,00	1500
	230	250		25,0	1,20	3000
	290		340	27,0	1,20	2600
		300	450	29,0	1,20	2200
			500	32,0	1,20	1800
		325		33,0	1,25	2100
	290		590	36,0	1,50	4500
		395		38,0	1,50	4000
	395		640	42,0	1,50	3200
		460		46,0	1,50	2700
			780	48,0	1,50	2500
	450			51,0	1,50	2200
		570	960	56,0	1,50	1750
		680		63,0	1,80	3600
			1100	70,0	1,80	2900
		790		75,0	1,80	2500
			1340	81,0	1,80	2200
			1550	95,0	2,00	2700

\*) Temperatura kondenzacije 55 °C, temperatura okoline 32 °C (EN12900).



**Slika 11.1. Automatski regulacioni ventil;**  
**1 – ulaz rashladnog fluida, 2 – filter, 3 – kapa za zaptivanje, 4 – zavrtanj za podešavanje, 5 – opruga, 6 – gumena zaptivka, 7 – komora u dodiru sa spoljnim vazduhom, 8 – mehanizam, 9 – komora meha, 10 – otvor između komore meha i strane niskog pritiska, 11 – čivija, 12 – dizna ventila, 13 – igla, 14 – opruga, 15 – strana niskog pritiska, 16 – izlaz rashladnog fluida, 17 – matica**

Automatski regulacioni ventil je potrebno prigušiti samo u slučaju kada tečan rashladni fluid prodre kroz usisnu cev i ulazi u kompresor, što se može zaključiti po buci koja dopire iz kompresora. To znači da u isparivač dolazi veća količina tečnosti nego što može da ispari, a može se smanjiti prigušivanjem ventila. U instalacijama sa automatskim regulacionim ventilom ovaj momenat nastaje kada se temperatura vazduha hladene prostorije približi zadatoj vrednosti.

Regulisanje protoka rashladnog fluida kroz ventil vrši se obrtanjem zavrtnja za podešavanje, u jednom ili drugom smeru, pri čemu smer obrtanja zavisi od tipa ventila, tj. od njegovog proizvođača, pa je potrebno, pre podešavanja, pažljivo pročitati odgovarajuće uputstvo.

### 11.1.3. Termostatski ekspanzioni ventili

Zadatak **termostatskog ekspanzionog ventila** (slika 11.2) je da omogućiti maksimalno iskorišćenje isparivača i onemogućiti da tečan rashladni fluid sti-

Pri određenom položaju igle, odnosno prigušenju, sila opruge i sila usled dejstva atmosferskog pritiska biće u ravnoteži. Kako su sile (10) konstantne, pritisak isparavanja se podešava promenom veličine sile na opruzi (14) okretanjem zavrtnja (4). Sabijanjem opruge (4) pritisak isparavanja raste, a njenim otpuštanjem njegova vrednost se smanjuje. Jednom regulisan ventil održavaće konstantan pritisak isparavanja u toku rada instalacije.

Kada se kompresor isključi iz rada, pritisak u isparivaču počinje da raste i zatvara prolaz rashladnom fluidu kroz ventil.

Nedostatak u radu je nedovoljno dobra iskorišćenost isparivača na početku rada kompresora.

U instalaciji sa automatskim regulacionim ventilom regulacija nije putem presostata, jer ventil radi na konstantnom pritisku isparavanja, već je putem termostata.

U instalacijama za hlađenje prostora temperatura koja odgovara pritisku isparavanja može biti najviše 10 °C niža od temperature hladnog prostora. Ukoliko bi pritisak odnosno temperatura isparavanja bili niži, rashladni učinak bi bio sve manji.

gne do kompresora. Mogu biti ventili sa unutrašnjim izjednačenjem pritiska ili ventili sa spoljnim izjednačenjem pritiska.

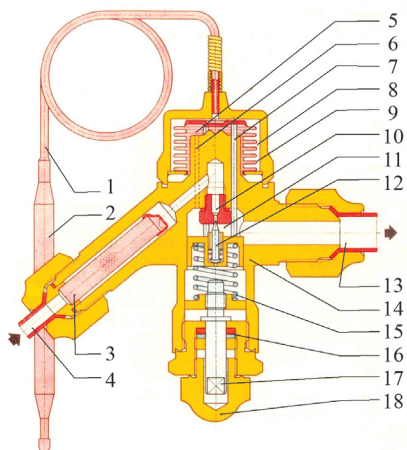
Termostatski ekspanzioni ventil sa unutrašnjim izjednačenjem pritiska prikazan je na slici 11.3. Tečan rashladni fluid dospeva do ulaznog otvora (1) i prolazi kroz diznu (2) (gde se obara pritisak) i kroz otvor (4) odlazi u isparivač (12). Količina rashladnog fluida koja prolazi kroz ventil zavisi od veličine otvora dizne (2).

Na položaj igle (3) deluju tri sile. Sila  $F_2$  nastaje dejstvom pritiska rashladnog fluida na donju površinu meha (5). Kretanje meha prenosi se preko vodica (6) na iglu. Pipak (8) je napunjen točnošću ili gasom i pričvršćen na usisnu cev na izlazu isparivača. Prenos toplote sa rashladnog fluida na pipak izaziva porast pritiska u pipku, koji se preko kapilare (7) prenosi na prostor iznad meha (5) i proizvodi silu  $F_1$ .

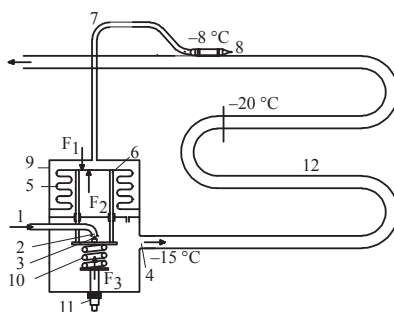
Sila  $F_3$  nastaje usled dejstva opruge (10), a može se regulisati okretanjem zavrtnja (11).

Pri radu rashladne instalacije, zbir sila  $F_2$  i  $F_3$  mora biti jednak sili  $F_1$ . Da bi sila  $F_1$  savladala silu  $F_2$  i  $F_3$  i otvorila diznu, potrebno je da se rashladni fluid pregreje u isparivaču. Ovo pregrevanje obično iznosi 4 °C do 7 °C, a zavisi od konstrukcije ventila, ispunjenosti pipka i pritiska opruge.

Potpuna iskorišćenost isparivača postiže se na sledeći način. Pri većem toplotnom opterećenju rashladni fluid brže isparava, pa je i pregrevanje veće, veći je pritisak u pipku, igla se više pomera i povećava otvor na dizni. Pri manjem toplotnom opterećenju rashladni fluid sporije isparava, pa se smanjuje stepen



**Slika 11.2. Termostatski ekspanzioni ventil:** 1 – kapilara, 2 – proširenje (senzor), 3 – filter, 4 – ulaz rashladnog fluida, 5 – komora, 6 – otvor između komore meha i strane niskog pritiska, 7 – čivija, 8 – prostor koji je povezan sa kapilarem, 9 – meh, 10 – dizna, 11 – strana niskog pritiska, 12 – igla, 13 – izlaz rashladnog fluida, 14 – telo ventila, 15 – opruga za podešavanje pregrevanja, 16 – zaptivka, 17 – zavrtnaj za podešavanje pregrevanja, 18 – kapa za zaptivanje



**Slika 11.3. Termostatski ekspanzioni ventil sa unutrašnjim izjednačenjem pritiska:** 1 – ulazni otvor, 2 – dizna, 3 – igla, 4 – izlazni otvor, 5 – meh, 6 – polugica, 7 – kapilara, 8 – pipak, 9 – telo ventila, 10 – opruga, 11 – zavrtnaj za regulisanje, 12 – isparivač

pregrevanja i pritisak u pipku, igla pritvara otvor na dizni i smanjuje se protok tečnog rashladnog fluida.

Termostatski ekspanzioni ventil sa unutrašnjim izjednačenjem pritiska ima i ulogu da održava stalnu temperatursku razliku između temperature hladene sredine (vazduh, voda itd.) i temperature isparavanja.

Sve navedene osobine čine ga skoro idealnim regulacionim elementom, zbog čega se izuzetno mnogo koristi u velikim i složenim rashladnim instalacijama.

Termostatski ekspanzioni ventil sa spoljnim izjednačenjem pritiska prikazan je na slici 11.4.

Kod isparivača sa dužim cevima, odnosno sa većim padom pritiska, pritisak na izlazu iz isparivača je znatno niži od pritiska na ulazu u isparivač (kod regulacionog ventila).

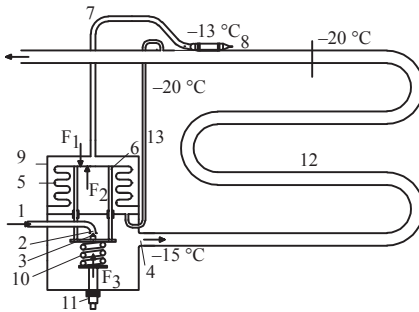
Da bi sila  $F_1$  mogla da nadvlada sile  $F_2$  i  $F_3$ , potrebno je znatno veće pregrevanje rashladnog fluida, pri čemu će se korisna površina isparivača smanjiti.

Da bi se iskoristila cela površina isparivača, potrebno je u termostatski ventil ubaciti vod za izjednačenje pritiska (13). Razlika u odnosu na ventil sa unutrašnjim izjednačenjem pritiska je u tome što na donju površinu meha ne deluje sila pritiska gasa na ulazu u isparivač, već sila pritiska gasa na izlazu iz isparivača.

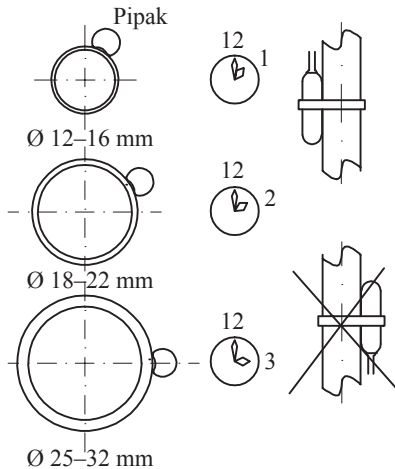
Termostatski ekspanzioni ventili se, obično, koriste sa isparivačima u kojima su padovi pritiska veći od 0,2 bar i sa isparivačima koji se napajaju preko razdelnika tečnosti.

Za pravilan rad termostatskog ekspanzionog ventila važan je položaj pipka (8) i položaj priključka cevi ( $\varphi$  6 mm) za izjednačenje pritiska. Priključak cevi za izjednačenje pritiska uvek se postavlja sa gornje strane usisnog

cevovoda (parni prostor) iza kapilare gledano u pravcu kretanja rashladnog fluida prema kompresoru (slika 11.4). Položaj kapilara zavisi od prečnika usisne cevi i određuje se prema slici 11.5.



**Slika 11.4. Termostatski ekspanzioni ventil sa spoljnim izjednačenjem pritiska; 1 – ulazni otvor, 2 – dizna, 3 – igla, 4 – izlazni otvor, 5 – mehanizam, 6 – vodica, 7 – kapilara, 8 – pipak, 9 – telo ventila, 10 – opruga, 11 – zavrtanj za regulisanje, 12 – isparivač, 13 – vod za izjednačenje pritiska**



**Slika 11.5. Položaj pipka kapilare i termostatskog ekspanzionog ventila**

Izbor termostatskog ekspanzionog ventila zavisi od rashladnog učinka, pada pritiska u ventilu, temperature isparavanja i vrste rashladnog fluida. Što je veća razlika pritiska na ulazu i izlazu iz ekspanzionog ventila, veći je i protok kroz njega. Pri niskim temperaturama isparavanja, pri ekspanziji, dolazi do isparavanja veće količine tečnog fluida, što otežava protok i smanjuje količinu rashladnog fluida koja protiče.

Pri izboru termostatskog ekspanzionog ventila primarne su preporuke proizvođača. Potrebno je imati na umu da se promena rashladnog učinka kompresora pri promeni temperature kondenzacije vrši po sasvim drugim principima od promena učinka ekspanzionog ventila; npr. pri padu pritiska kondenzacije učinak kompresora se povećava, a učinak regulacionog ventila se smanjuje. To znači da se izbor termostatskog ekspanzionog ventila ne vrši prema nominalnom ili standardnom rashladnom učinku instalacije, već prema učinku pri predviđenom režimu rada.

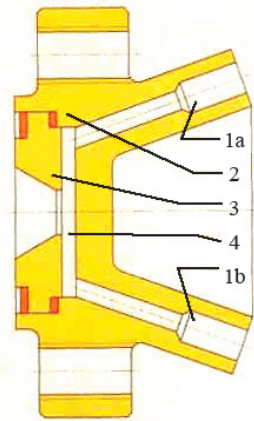
Izabrani ekspanzioni ventil treba da ima isti ili nešto veći maksimalni učinak, od maksimalnog učinka instalacije. Međutim, termostatski ekspanzioni ventil ne sme biti znatno većeg učinka nego što je potrebno, jer bi to izazvalo brzo habanje sedišta igle, smanjenje veka trajanja ventila i neravnomerniju regulaciju. Prilikom izbora položaja i načina montaže potrebno je pridržavati se preporuka proizvođača ventila.

#### 11.1.4. Razdelnik tečnosti

**Razdelnik tečnosti** se koristi kod većih isparivača sa nekoliko paralelnih sekcija. Da bi pad pritiska kroz isparivač bio što manji, napajanje svake sekcije tečnim rashladnim fluidom vrši se posebno. U cilju ravnomernijeg napajanja svih sekcija i boljeg iskorišćenja površine isparivača, u instalaciji se ugrađuje razdelnik tečnosti (slika 11.6) koji se sastoji iz tela razdelanika dizne (2), komore razdelnika (4) i razdelne cevi (1). Prolazeći kroz diznu tečan rashladni fluid se širi u obliku lepeze i ravnomerno deli po odvodnim kanalima tela razdelnika do cevčica.

Razdelnik je za termostatski regulacioni ventil vezan direktno ili veoma kratkim cevovodom. Prečnik cevi je nešto veći od cevi na ulazu u regulacioni ventil. Dok je položaj termostatskog regulacionog ventila najčešće proizvoljan, razdelnik se mora postaviti u vertikalni položaj (kretanje tečnosti u oba smera) zbog ravnomerne podele fluida. Broj otvora na razdelniku mora biti jednak broju sekcija isparivača. Na razdelniku može biti od 2 do 30, ali i više otvora.

Razdelna cev (3) odvodi tečan rashladni fluid iz razdelnika do sekcije isparivača. Razdelne cevi koje napajaju jedan isparivač moraju biti istih dužina, najčešće od 0,3 m do 1,5 m (veće dužine samo izuzetno). Prečnik cevi zavisi od protoka rashladnog fluida, temperature isparavanja i dužine cevi. U tabeli 11.1 dati su



**Slika 11.6. Razdelnik tečnosti; 1 – razdelna cev, 2 – telo razdelnika, 3 – dizna, 4 – komora razdelnika**

orijentacioni podaci za izbor prečnika razdelnih cevi za R134a. Prečnik cevi ne sme biti suviše veliki da ne bi došlo do znatnijeg isparavanja tečnosti rashladnog fluida pre nego što stigne u isparivač.

Prečnik dizne u razdelniku tečnosti je za 15 % do 20 % manji od prečnika dizne u regulacionom ventilu sa kojim je povezan, a to je, po pravilu termostatski regulacioni ventil sa spoljnim izjednačenjem pritiska.

**Tabela 11.2. Maksimalni dozvoljeni rashladni učinak (W) razdelnih cevi za R134a**

Prečnik, mm	Dužina, m	Temperatura isparavanja				
		+5 °C	0 °C	-10 °C	-20 °C	30 °C
φ 5 × 1	0,5	2100	1850	1300	880	620
	1,0	1630	1400	1000	670	470
	1,5	1270	1100	790	520	360
φ 6 × 1	0,5	4200	3600	2620	1720	1200
	1,0	3200	2750	2000	1300	90
	1,5	2510	2100	1630	1000	720
φ 8 × 1	0,5	10420	2560	6860	4200	3000
	1,0	8000	6900	5000	3300	2300
	1,5	6320	5450	3950	2600	1800

## 11.2. Termostati

Termostati kontrolišu temperaturu u instalaciji i pri odstupanju od zadate vrednosti šalju impuls regulacionim aparatima koji svojim dejstvom regulišu željene granice. Električni termostati impulsima zatvaraju ili prekidaju strujno kolo, a specijalne vrste modulacionih termostata menjaju u strujnom kolu otpor između prekinutog kola i položaja zatvorenog kola.

Modulacioni termostati se retko upotrebljavaju u rashladnim uređajima, pa ćemo razmatrati samo tzv. „dvopoložajne“ termostate, čiji kontakti mogu biti u položaju zatvorenog strujnog kola ili u položaju prekinutog strujnog kola. Svaki termostat sadrži deo koji registruje promenu temperature i električni prekidač koji prekida ili zatvara strujno kolo.

Elementi za registraciju promene temperature najčešće imaju kapilaru i meh, napunjene gasom. Meh se pri porastu temperature gasa širi i rasteže, a pri sniženju temperature gas se skuplja, usled čega se meh sabija. Rastezanje i sabijanje meha prenosi se preko mehanizma na električni prekidač. Kapilaru i meh može zameniti spirala koja se sastoji od dva metala međusobno čvrsto zavarena po celoj dužini. Pri promeni temperature metali se različito izdužuju, usled čega se spirala skuplja ili širi, a njeno kretanje se preko mehanizma prenosi na električni prekidač. Pored toga, mehanizmi prenose kretanje elemenata za registrovanje promene temperature na prekidač i istovremeno služe i za podešavanje termostata.

Da bi se podešavanje termostata pravilno izvelo, potrebno je da:

– svaki termostat ima određen opseg delovanja, unutar koga može da radi. Opseg delovanja određen je najvišom i najnižom temperaturom. Ako je opseg ter-

mostata  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , to znači da će on moći da održava ma koju temperaturu u navedenom intervalu, a da neće biti upotrebljiv za kontrolu temperatura ispod  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  i iznad  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

– u okviru zadatog opsega termostat će, pri određenoj temperaturi, zatvarati kolo struje, tj. „uključivati“, a pri drugoj temperaturi prekidati kolo struje, tj. „isključivati“ odgovarajuće elemente instalacije;

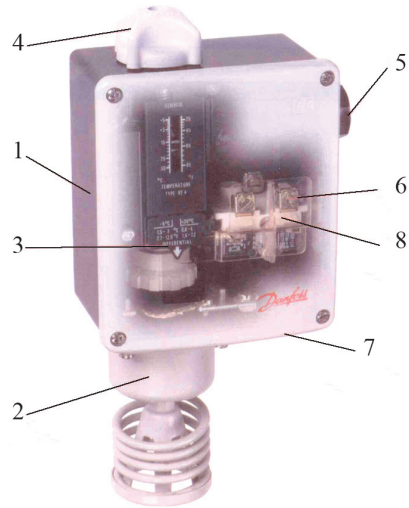
– razlika između temperature uključivanja i temperature isključivanja elementa naziva se „diferencija“. Diferencija je kod nekih termostata konstantna vrednost, a kod nekih se može menjati u fabrički podešenim granicama;

– prilikom podešavanja termostata sa nepromenljivom diferencijom, okretanjem regulacionog dugmeta ili zavrtnja, menja se temperatura isključivanja, a samim tim proporcionalno i temperatura uključivanja. Kod termostata sa promenljivom diferencijom mogu se podešavati i temperatura isključivanja i diferencija.

U rashladnim instalacijama obično se koriste električni termostati povezani tako da upravljaju radom ili magnetnim ventilima na potisnom vodu instalacija, ili elektromotorom koji pokreće kompresor, ili ventilatorom na vazдушnom hladnjaku ili svim ovim aparatima odjednom.

Termostati su podešeni tako da prekidaju kolo struje (isključuju) onog momenta kada je, u prostoru koji termostat kontroliše, postignuta zadata temperatura. Isključivanjem termostata hlađenje se obustavlja i temperatura vazduha u prostoru će početi da raste do temperature uključivanja. Termostat će tada zatvoriti strujno kolo i ponovo počinje proces hlađenja. U prostoru koji se hladi temperatura se stalno menja između temperature uključivanja i temperature isključivanja. Ovu razliku temperatura (diferenciju) ne bi trebalo mnogo smanjivati, ako to nije iz nekih specijalnih razloga potrebno, zbog toga što će, pri veoma maloj diferenciji, temperatura vrlo brzo da se menja od temperature uključivanja do temperature isključivanja i obratno, pa će usled toga termostat često prekidati i zatvarati strujno kolo, što opterećuje instalaciju i može dovesti do kvara. Isto tako nije poželjno snižavati temperaturu isključivanja niže nego što je to potrebno jer se i time instalacija nepotrebno opterećuje. Uobičajena vrednost diferencije se kreće u intervalu od  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Termostati sa podešavanjem diferencije imaju dve skale i dva dugmeta, za podešavanje temperature isključivanja i za podešavanje diferencije. Termostati bez



**Slika 11.7. Industrijski termostat; 1 – kućište, 2 – meh od nerđajućeg čelika, 3 – izbor radne temperature, 4 – točak za podešavanje, 5 – uvodnik za električni priključak, 6 – strujni priključak, 7 – poklopac, 8 – kontakti**

mogućnosti podešavanja diferencije imaju samo jednu skalu i jedno dugme kojim se podešava temperatura isključivanja. Temperatura je na termostatima prikazana Celzijusovim stepenima, dok neki imaju samo oznake „hladnije/toplije“ i brojeve 1, 2, 3 itd. Veći broj označava viši stepen hlađenja, tj. nižu temperaturu isključivanja.

Na termostatu se često nalazi još jedan prekidač i odgovarajuće dugme za podešavanje. Uloga ovog dugmeta je da ili potpuno prekine strujno kolo, tj. prekine rad, ili omogući neprekidan rad, ili uključujući automatsko otapanje (kod kućnih frižidera).

Termostati se dele u tri grupe: 1. sobni termostati, 2. isparivački termostati i 3. termostati za tečnost.



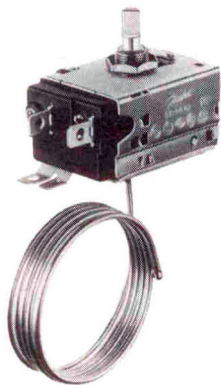
**Slika 11.8. Sobni termostat**

### 11.2.1. Sobni termostat

**Sobni termostat** (slika 11.8) se koristi za kontrolu temperature u rashladnim ormanima i rashladnim komorama. Pipak koji kontroliše temperaturu postavlja se u komori na mesto na kome se mere i kontrolišu zadati parametri (odmaknuto od zida i udaljeno od vrata ili isparivača).

Kućište termostata može se montirati u rashladnoj komori ili van nje. Kod nekih konstrukcija kućište termostata i kapilarna cev postavljaju se na mestu gde je temperatura  $2\div 3$  °C viša od temperature na kojoj se nalazi pipak, pa je poželjno da budu van rashladne komore.

U nekim tipovima sobnih termostata ulogu pipka i kapilarne cevi preuzima meh sa fluidom koji menja zapreminu sa promenom temperature. Promenom temperature menja se i pritisak koji deluje na kontakte termostata, zbog čega ceo termostat mora biti u komori na mestu na kome se mere i kontrolišu zadati parametri (odmaknuto od zida i udaljeno od vrata ili isparivača).



**Slika 11.9. Isparivački termostat**

### 11.2.2. Isparivački termostat

**Isparivački termostat** (slika 11.9) najčešće se koristi za kontrolu temperature u domaćim frižiderima i komercijalnim rashladnim uređajima (vitrinama, ormanima itd). Pipak termostata je vezan za usisnu cev na izlazu iz isparivača, na mestu gde rashladni fluid nije pregrejan. Isparivački termostati, posredno, preko temperature isparivanja, kontrolišu temperaturu okoline. Obavezno se primenjuju u rashladnim instalacijama u kojima se regulacija vrši automatskim regulacionim ventilom ili pomoću kapilarne cevi. Isparivački termostati mogu imati mehanizam kojim se reguliše automatski ili kontinual-



ni rad instalacije ili isključivanje rashladne instalacije ili imaju uređaje za poluautomatsko otapanje.

### 11.2.3. Termostat za tečnost

*Termostat za tečnost* (slika 11.10) koristi se za kontrolu temperature tečnosti. Pipak koji kontrolira temperaturu ostvaruje dobar kontakt sa tečnošću i istovremeno obezbeđuje zaptivanje na mestu uvođenja u sud sa tečnošću. Pipak ne sme da dodiruje cevi isparivača. Diferencija kod ovih termostata je veoma mala (1–4 °C).

Poseban tip termostata može se koristiti istovremeno kao sobni i kao termostat za tečnost. Druga uloga mu je omogućena dodavanjem zaptivke za zaptivanje kapilarne cevi na mestu ulaza u sud sa tečnošću.

### 11.3. Presostati

Presostati su kontrolni aparati koji isključuju elektromotor kompresora ili preko regulacionog sistema isključuju iz rada pojedine cilindre u kompresoru, kada pritisak gasa na potisu ili usisu pređe zadatu vrednost. Presostati su tankom cevi spojeni sa prostorom u kome kontroliraju pritisak. Meh se u presostatu pri promeni pritiska širi ili skuplja. Posebnim mehanizmom dilatiranje meha se prenosi na električni prekidač.

Pri podešavanju presostata posebnu pažnju treba obratiti na sledeće:

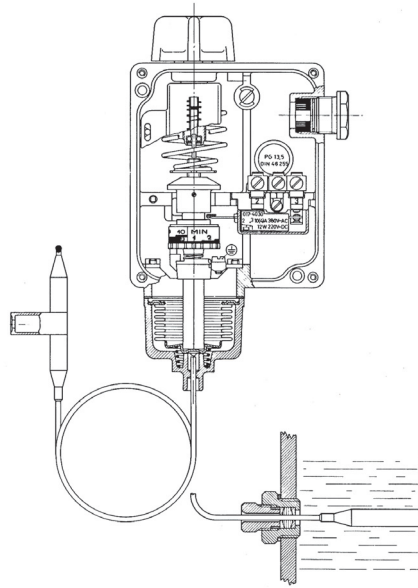
– svakom presostatu odgovara odabrani radni opseg pritiska izvan koga nije upotrebljiv;

– u okviru radnog opsega se, pri jednoj zadatoj vrednosti pritiska, kolo struje može prekinuti (obustavljati rad motora), a pri drugoj zadatoj vrednosti zatvoriti kolo struje (puštati motor u rad).

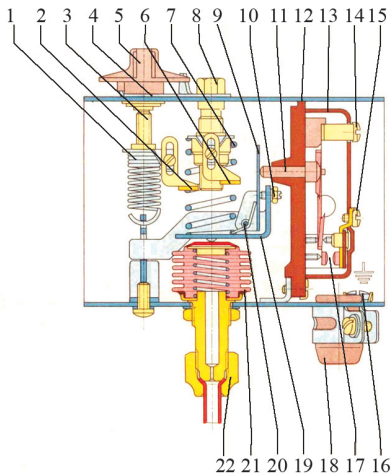
Presostati se prema nameni dele na tri osnovne grupe: presostate visokog pritiska, presostate niskog pritiska i diferencijalne presostate.

#### 11.3.1. Presostat visokog pritiska

*Presostati visokog pritiska* su aparati čija je funkcija isključivo zaštita kompresora i instalacije od prekoračenja predviđenih pritisaka. Spojeni su sa potisnim vodom kompresora. Ako pritisak u potisnom vodu poraste iznad pritiska isključivanja, presostat prekida strujno kolo i preko sklopke zaustavlja rad kompresora. Porast pritiska u potisnoj cevi može nastati iz više razloga. Najčešći razlozi su nedovoljan protok vode potrebne za hlađenje kondenzatora, prestanak rada ventilato-



Slika 11.10. Termostat za tečnost



**Slika 11.11. Presostat niskog pritiska; 1 – opruga, 2 – oslonac, 3 – vijak za podešavanje, 4 – pločica za fiksiranje položaja, 5 – dugme, 6 – držač, 7 – opruga, 8 – vijak za podešavanje, 9 – elastični deo, 10 – vijak za podešavanje, 11 – osovinica, 12 – kućište, 13 – kućište prekidača, 14 – držač prekidača, 15 – graničnik, 16 – priključak za električni vod, 17 – električni prekidač, 18 – uvodnik, 19 – nosač, 20 – osovina, 21 – meh, 22 – matica**

uključuju do punog opterećenja kondenzatora.

### 11.3.2. Presostat niskog pritiska

*Presostat niskog pritiska* je aparat čija je funkcija da zaustavlja rad kompresora kada pritisak gasa u usisnoj cevi opadne ispod pritiska isključivanja presostata. Pritisak isključivanja je različit u raznim instalacijama, a zavisi od namene instalacije i vrste rashladnog fluida kojim je instalacija napunjena. Pritisak isključivanja se podešava u toku montaže instalacije, ali se često dešava da rukovalac u toku rada instalacije mora da promeni pritisak isključivanja i pritisak uključivanja na presostatu niskog pritiska.

Iz tog razloga neophodno je računati da pritisak isključivanja mora da odgovara temperaturi koja je niža od zadate temperature hladene materije (vazduh u hladnjači, voda, rasolina itd.). Ukoliko uputstvom za rukovanje nisu date tačne vrednosti temperaturske razlike, mogu se koristiti sledeći orijentacioni podaci:

- pri hlađenju prostorija,  $\Delta t$  je 15 °C do 20 °C,
- pri hlađenju vode,  $\Delta t$  je 5 °C do 10 °C,
- pri hlađenju rasoline,  $\Delta t$  je 15 °C do 20 °C.

ra vazdušnih kondenzatora ili zatvoren ventil na putu kretanja rashladnog fluida. Kada pritisak u potisnom vodu opadne na zadovoljavajuću vrednost, presostat visokog pritiska će ponovo uspostaviti strujno kolo i elektromotor kompresora se može pustiti u pogon.

Presostati visokog pritiska mogu imati „uređaj za blokiranje“, namenjeni sprečavanju automatskog uspostavljanja strujnog kola posle povratka pritiska na potrebnu vrednost. Kod ovih presostata pritiskom na odgovarajuće dugme na presostatu strujno kolo se zatvara. Poželjno je pre ponovnog aktiviranja presostata utvrditi uzrok njegovog reagovanja, da opet ne bi došlo do prekida rada iz istog razloga. Presostat visokog pritiska podešen je, prilikom montaže instalacije, da isključi kompresor na radnom pritisku instalacije koji je različit u zavisnosti od upotrebljenog rashladnog fluida. Pritisak podešen na presostatu ne sme se ni pod kakvim okolnostima menjati.

Jedan ili više presostata visokog pritiska mogu se koristiti i kao upravljački elementi za kontrolu rada ventilatora vazdušnih kondenzatora. Pri porastu pritiska kondenzacije ventilatori se redom

U sledećem primeru navešćemo način korišćenja ovih podataka.

Rashladni fluid u instalaciji je R134a. Zadatak je ohladiti prostoriju na najnižu zadatau temperaturu od 0 °C.

Pritisak isključivanja na presostatu niskog pritiska mora da odgovara temperaturi od 15 °C do 20 °C nižoj od zadate temperature, tj. temperatura isključenja je između -15 °C i -20 °C.

Iz parne tabele za R134a, u prilogu ove knjige, sledi da odgovarajući pritisci iznose:

- 1,64 bar, za temperaturu -15 °C i
- 1,33 bar, za temperaturu -20 °C.

Prema tome, pritisak isključivanja treba podesiti tako da se nalazi između ove dve vrednosti (npr. 1,5 bar):

- ako instalacija hladi neku tečnost, pritisak isključivanja mora da odgovara temperaturi koja je najviše 2°C ispod temperature smrzavanja tečnosti. Ovo pravilo ne važi ako na usisnom vodu postoji ventil konstantnog pritiska;

- izbegavati da pritisak isključivanja bude ispod 0 bar, jer će u tom slučaju pritisak u usisnoj cevi i u karteru kompresora, bar kratko vreme, biti ispod atmosferskog, što će za poledicu imati prodor vazduha u instalaciju kroz nezaptivena mesta;

- diferencija između pritiska uključivanja i pritiska isključivanja trebalo bi da bude takva da pritisak uključivanja odgovara temperaturi između temperature predmeta hlađenja i temperature isparavanja;

- presostatom niskog pritiska, kod nekog tipa otvorenih vitrina, reguliše se otapanje isparivača. U tim slučajevima, pritisak uključivanja treba da odgovara temperaturi od +1 °C do +2 °C.

Presostati niskog pritiska koji se često primenjuju kod kompresora sa automatskim smanjenjem rashladnog učinka, predstavljaju izvor impulsa za isključivanje pojedinih cilindara. Ovi kompresori imaju uređaj pomoću koga se automatski mogu isključiti jedan ili više cilindara. Često se ovi kompresori montiraju tako da se sa usisnim vodom, pored presostata niskog pritiska koji isključuje motor kompresora, povezuje još jedan ili više presostata niskog pritiska od kojih svaki upravlja radom jedne grupe cilindara. Broj presostata odgovara broju cilindara ili broju grupa cilindara u kompresoru koje se mogu isključivati nezavisno jedni od drugih. Pritisci isključivanja ovih presostata viši su od pritiska isključivanja presostata koji isključuje rad motora, a međusobno su različiti.

Kada u usisnom vodu, usled smanjenja kapaciteta instalacije, pritisak počne da opada, iz rada će se isključiti prvo ona grupa cilindara čijim radom upravlja presostat sa najvišim pritiskom isključivanja, a zatim, ako pritisak nastavi da opada, isključivaće se jedna za drugom ostale grupe cilindara, sve dok poslednji presostat ne isključi elektromotor kompresora. Pritisci isključivanja pojedinih cilindara podešeni su na presostatu prilikom montaže instalacije i mogu se menjati samo na osnovu preciznih uputstava. U protivnom može doći do oštećenja kompresora.

Presostati niskog pritiska imaju, obično, dva regulaciona dugmeta i dve odgovarajuće skale. Jedno dugme ili zavrtanj reguliše se pritiskom isključivanja, a drugo se reguliše diferencijom. Nije poželjno da rukovalac instalacije samoinicijativno podešava presostat niskog pritiska ako za to ne postoji stvarna potreba, što može biti jedino pri promeni režima rada instalacije. Prilikom prelaza sa jednog na dru-

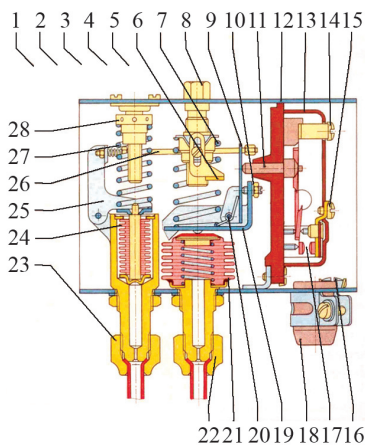
gi režim rada, potrebno je podesiti presostate niskog pritiska prema parametrima novog režima.

Posebno rešenje su kombinovani presostati kod kojih u jednom kućištu nalaze i presostat visokog pritiska i presostat niskog pritiska (slika 11.12).

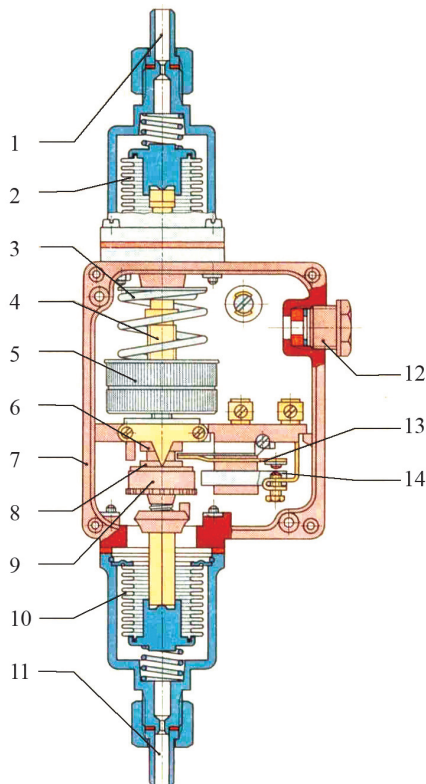
### 11.3.3. Diferencijalni presostat

*Diferencijalni presostat* služi za kontrolu pritiska ulja u kompresorima kod kojih je podmazivanje pod pritiskom. Njima se kontroliše razlika pritisaka između pritiska ulja za podmazivanje i pritiska rashladnog fluida u karteru kompresora. Ako pritisak ulja opadne ispod željene vrednosti i poremeti se zadata vrednost razlike pritisaka, diferencijalni presostat će zaustaviti rad kompresora.

Pritisak ulja može da dostigne potrebnu vrednost tek kada kompresor dostigne određeni broj obrtaja, zbog čega se uz diferencijalni presostat predviđa i jedan vremenski relej, koji na početku rada kompresora isključuje delovanje diferencijalnog presostata za cca 90 sekundi, dok kompresor ne dobije potreban broj obrtaja i pritisak ulja ne poraste do odgovarajuće vrednosti. Ako ovog releja nema, postoji ručni prekidač kojim se diferencijalni presostat „premosti“ za vreme dok kompresor ne dostigne takav broj obrtaja da pumpa za ulje može da postigne dovoljan pritisak ulja. Bez pre-



**Slika 11.12. Kombinovani presostat;** 1–22 kao na slici 11.11, 23 – priključak za visoki pritisak, 24 – mali meh, 25 – obrtna poluga, 26 – poluga, 27 – opruga, 28 – dugme za regulaciju



**Slika 11.13. Diferencijalni presostat;** 1 – cev, 2 – meh, 3 – opruga, 4 – osovina, 5 – točak za podešavanje, 6 – gornje rame, 7 – kućište, 8 – donje rame, 9 – pokazivač diferencije, 10 – meh, 11 – cev, 12 – uvodnik, 13 – jezičak, 14 – prekidač

moščavanja, diferencijalni presostat ne bi dozvolio da motor počne da radi, jer je pritisak ulja za vreme mirovanja kompresora niži od onog koji je potreban da diferencijalni presostat zatvori kolo struje.

Postoje i jednostavniji diferencijalni presostati koji se ugrađuju na male kompresore i koji rade bez vremenskog releja.

Na diferencijalnim termostatima fabrički su podešeni opsezi visokog i niskog pritiska, a diferencija se može podešavati prema zahtevu instalacije. Diferencijalni presostati se mogu isporučivati sa ugrađenim vremenskim relejima ili bez njih.

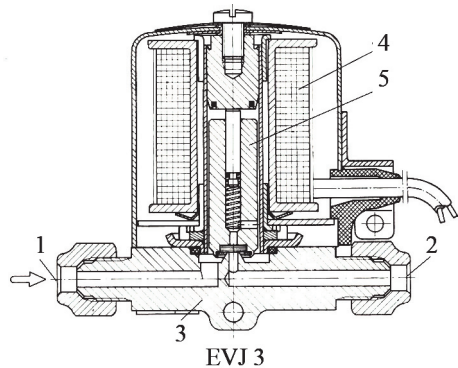
#### 11.4. Magnetni ventili

Magnetni ventili (solenoidni ventili) su vrsta zaustavnih ventila koji, pod dejstvom električnih impulsa, otvaraju i zatvaraju prolaz rashladnom fluidu, vodi ili drugim fluidima. Električni impulsi se dobijaju od termostata, presostata ili dr. Pro-laskom struje kroz namotaj ventila obrazuje se magnetno polje koje otvara ventil podizanjem kotve. Pri prekidu strujnog kola ventil se zatvara.

Magnetni ventili se prema načinu funkcionisanja dele na ventile sa direktnim dejstvom, ventile sa servodejstvom, ventile sa prisilnim servodejstvom i ventile sa pilotskim upravljanjem. Najčešće su u upotrebi magnetni ventili sa direktnim dejstvom koji se koriste na cevovodima manjih preseka (slika 11.14). Pri protoku električne struje kroz namotaj (4), obrazuje se magnetno polje koje podižu kotvu (5) i iglu (3), čime se oslobađa otvor (6) i omogućuje prolaz fluida od ulaznog otvora (1) ka izlaznom otvoru (2). Prekidom kola struje dejstvo magnetnog polja prestaje, pa se kotva i igla spuštaju i zatvaraju prolaz fluidu.

Kod ostalih tipova magnetnih ventila uspostavljeno magnetno polje ne deluje direktno, već posredno na otvaranje otvora za prolaz fluida. Ovi ventili su za cevovode srednjih i većih prečnika. Prednost im je u manjoj dimenziji i mirnijem radu u odnosu na ventile sa direktnim dejstvom.

U rashladnim instalacijama magnetni ventili mogu imati ulogu zaustavnih ventila za tečna i gasovita rashladna sredstva i za vodu. Magnetni ventili se proizvode u dve osnovne varijante: kada su pod naponom otvoreni ili kada su pod naponom zatvoreni sa radnim naponima od 12 V jednosmernog napona do 220 V naizmjeničnog napona. Sa cevima se spajaju zavarivanjem ili preko navojnog/prirubničkog spoja.

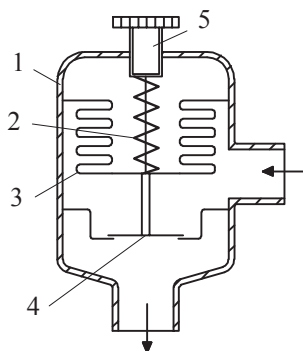


**Slika 11.14. Magnetni ventil; 1 – ulazni otvor, 2 – izlazni otvor, 3 – igla, 4 – namotaj, 5 – kotva**

#### 11.5. Ventil konstantnog pritiska

U rashladnim instalacijama sa isparivačima sa različitim temperaturama isparavanja, ventili konstantnog pritiska se postavljaju u usisni vod na izlazu iz ispari-

vača. Uloga ventila konstantnog pritiska je da obezbedi zahtevani pritisak a time i temperaturu isparavanja u isparivačima sa nižim pritiscima u odnosu na isparivače sa višim pritiscima. Oni se postavljaju na izlazu iz isparivača sa višim pritiscima isparavanja da bi snizili pritisak u rashladnom fluidu koji odgovara isparivaču sa najnižim pritiskom isparavanja.



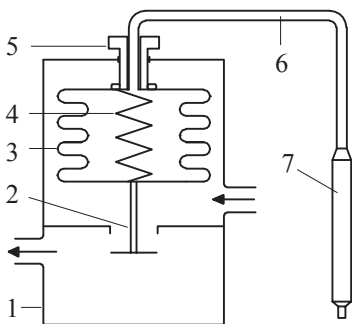
**Slika 11.15. Ventil konstantnog pritiska; 1 – telo ventila, 2 – opruga. 3 – meh, 4 – otvor za prolaz fluida, 5 – zavrtnaj za podešavanje**

Na slici 11.15 prikazana je konstrukcija ventila konstantnog pritiska. Regulisanje pritiska koji želimo da ostvarimo u isparivaču vrši se dejstvom opruge (2), čiju silu podešavamo okretanjem zavrtnja za regulisanje (5). Kada pritisak u isparivaču opadne ispod podešene vrednosti u ventilu, opruga savladava silu pritiska na meh (3), pritvara otvor (4) i pritisak u isparivaču raste na podešenu vrednost. U suprotnom slučaju, kada pritisak u isparivaču raste, sila na mehu savladava silu opruge, povećava se otvor i pritisak u isparivaču opada do podešene veličine. Ventil konstantnog pritiska se postavlja na izlazu iz isparivača na usisnoj cevi.

Pored primene u složenim rashladnim instalacijama, ventili konstantnog pritiska se koriste i u instalacijama za hlađenje tečnosti, gde održavanjem konstantnog pritiska i temperature u isparivaču onemogućavaju zamrzavanje tečnosti.

## 11.6. Termostatski regulatori temperature

*Termostatski regulator temperature* se koristi za regulisanje temperature u rashladnim instalacijama sa nekoliko isparivača sa različitim temperaturama isparavanja, najčešće kada se njihov rad reguliše presostatom. Termostatski regulator temperature održava veoma malu diferenciju temperature vazduha u komori ( $\pm 0,75$  °C) i sprečava da temperatura padne ispod dozvoljenog minimuma.



**Slika 11.16. Termostatski regulator temperature; 1 – telo, 2 – sedište ventila sa otvorom, 3 – meh, 4 – opruga, 5 – zavrtnaj za regulisanje, 6 – kapilara, 7 – pipka**

Koristi se i za regulisanje temperature vode ili drugih tečnosti kada se želi sprečiti smrzavanje tečnosti ili za regulisanje hlađenja (samo pri malim promenama temperatura sole).

Na slici 11.16 prikazan je princip rada termostatskog regulatora temperature: porast temperature u komori izaziva porast pritiska u pipku (7), koji preko kapilare (6) i meha (3) otvara otvor za prolaz fluida (2) snižavajući temperaturu u isparivaču.

Pri sniženju temperature u komori, pritisak u mehu opada i otvor (2) se pritvara.

Termostatski regulator se postavlja na usisnom vodu iza isparivača i po mogućstvu van

komore koja se hladi. Pipak (7) se postavlja u komori na mesto sa prosečnom temperaturom odmaknuto od zida i udaljeno od vrata i isparivača. U svakom slučaju, telo regulatora i kapilare treba da se nalaze na temperaturi 2 °C – 3 °C višoj od temperature mesta na kome se nalazi pipak.

Termostatski regulatori mogu biti bez pipka, kada se fluid za regulisanje rada nalazi uz sam meh. U tom slučaju se ceo termostatski regulator postavlja u komoru, na usisnom vodu na izlazu iz isparivača i na mestu sa prosečnom temperaturom koju regulišemo.

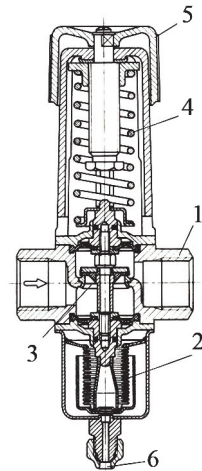
### 11.7. Ventil za vodu

*Ventil za vodu* se koristi za automatsko regulisanje protoka vode za hlađenje kondenzatora, tako što se pritisak i temperatura kondenzacije održavaju konstantnim, a po prestanku rada rashladne instalacije protok vode se prekida.

*Ventil za vodu* može biti presostatski i termostatski. Protok vode kod presostatskog ventila reguliše se u skladu sa promenama pritiska kondenzacije, jer je ventil direktno vezan za deo sistema pod visokim pritiskom (slika 11.17). Regulacija protoka vode kroz termostatski ventil vrši se pomoću kapilare sa pipkom koji se nalazi u kondenzatoru ili na izlaznoj cevi kondenzatora.

Porastom pritiska kondenzacije odnosno temperature kondenzacije, sila pritiska na membranu (2) raste, sabija oprugu (4) i povećava otvor za protok vode (3). Pri smanjenju pritiska (temperature) sila opruge postepeno savladava silu na membrani i pritvara otvor. Po zaustavljanju rada instalacije pritisak kondenzacije opada, sila opruge je savladala silu pritiska na membranu i potpuno zatvara protok vode. Visinu pritiska kondenzacije podešavamo primenom sile u opruzi (4) okretanjem zavrtnja za regulisanje (5). Veza sa rashladnim sredstvom visokog pritiska ostvaruje se preko priključka (6). Kod ventila za vodu u kom se regulacija protoka vode vrši promenom temperature kondenzacije na delu (6), postavljena je kapilara sa senzorom koji kontroliše temperaturu kondenzacije.

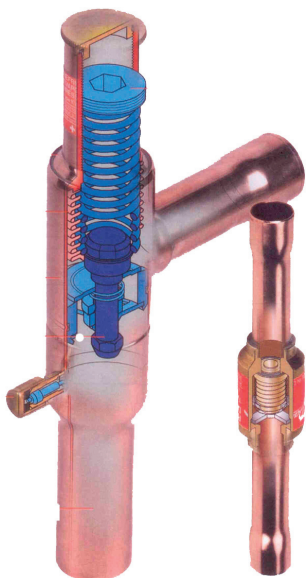
Ventili za vodu mogu biti sa ugrađenim presostatom visokog pritiska, kojim se automatski isključuje kompresor pri prestanku dovoda vode za hlađenje kondenzatora.



**Slika 11.17. Ventil za vodu; 1 – telo ventila, 2 – meh, 3 – otvor ventila, 4 – opruga, 5 – zavrtnj za regulaciju, 6 – priključak za cevovod visokog pritiska**

### 11.8. Regulatori posebne namene

*Regulator pritiska kondenzacije* može se montirati na gasnoj ili na tečnoj strani kondenzatora. Njime se obezbeđuje dovoljno visok pritisak kondenzacije u sistemima koji koriste vazduhom hlađene kondenzatore kao i u sistemima koji koriste termoeekspanzione ventile čiji je kapacitet proporcionalan razlici pritisaka kondenzacije i isparavanja.

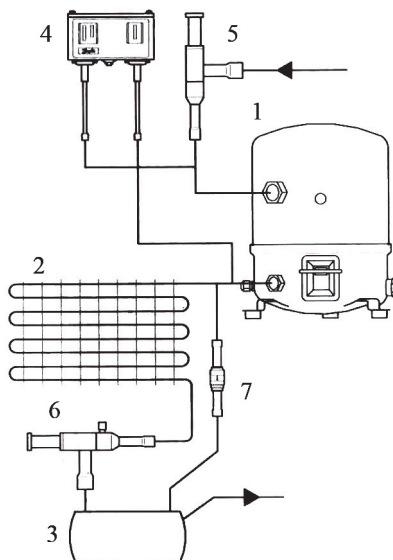


**Slika 11.18. Regulator pritiska kondenzacije**

Regulatori pritiska (slika 11.18) se najčešće koriste u sprezi sa diferencijalnim regulatorom pritiska i regulatorom pritiska u karteru kompresora. Šema povezivanja ovih elemenata prikazana je na slici 11.19.

*Regulator pritiska* u karteru kompresora ugrađuje se u usisni cevovod ispred kompresora. On štiti elektromotor kompresora od preopterećenja prilikom uključivanja kompresora nakon dužeg mirovanja ili posle ciklusa otapanja (visoki pritisak u isparivaču). Opseg podešavanja je do 6 bar usisnog pritiska. Šema povezivanja data je na slici 11.19.

*Regulator učinka kompresora* koristi se za regulisanje učinka kompresora prema stvarnom toplotnom opterećenju isparivača. Ugrađuje se u zaobilazni vod koji povezuje stranu visokog pritiska i niskog pritiska u rashladnoj instalaciji. Regulator ograničava donju granicu usisnog pritiska u kompresor, obezbeđujući „dodatno toplotno opterećenje“ propuštajući paru sa potisne na usisnu stranu kompresora (slika 11.20).



**Slika 11.19. Šema ugradnje regulatora pritiska kondenzacije; 1 – kompresor, 2 – kondenzator, 3 – skupljač tečnosti, 4 – kombinovani presostat, 5 – regulator pritiska u karteru, 6 – regulator pritiska u skupljaču tečnosti, 7 – regulator pritiska kondenzacije**

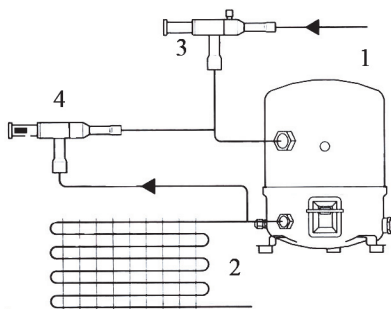
## 11.9. Servoventil

Proizvođači ventila konstantnog pritiska i ventila konstantne temperature izrađuju iz konstrukcionih i komercijalnih razloga, obično do nazivnih prečnik od 1 1/2". Ukoliko u većim cevovodima postoji potreba za korišćenjem ovih ventila,

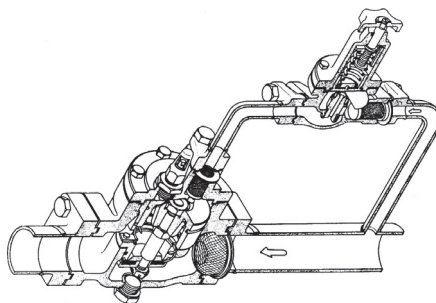


kombinuju se najmanji ventil konstantnog pritiska ili najmanji ventil konstantne temperature i servoventil veličine prema cevovodu.

Na slici 11.21 prikazana je sprega ventila konstantnog pritiska i servoventila. Ventil konstantnog pritiska je manji i nalazi se na manjoj, pomoćnoj cevi, dok se servoventil nalazi na cevi kroz koju protiče najveći deo rashladnog fluida. Na slici 11.22 prikazana je sprega ventila konstantnog pritiska i ventila konstantne temperature sa servoventilom. U ovakvoj sprezi upravljački ventil (konstantnog pritiska ili konstantne temperature) kontroliše pritisak ili temperaturu i reguliše pritisak gasa koji prolazi kroz njega, daje impuls servoventilu koji kopira dejstvo upravljačkog ventila i na isti način reguliše pritisak u glavnom vodu na kome se nalazi, a time i u isparivaču.



**Slika 11.20. Regulator učinka kompresora; 1 – kompresor, 2 – kondenzator, 3 – regulator pritiska u karteru, 4 – regulator kapaciteta učinka**



**Slika 11.21. Ventil konstantnog pritiska u sprezi sa servoventilom**

Podешavanje upravljačkih ventila se, u ovakvoj sprezi, vrši na način ranije opisan za svaki od ovih ventila.

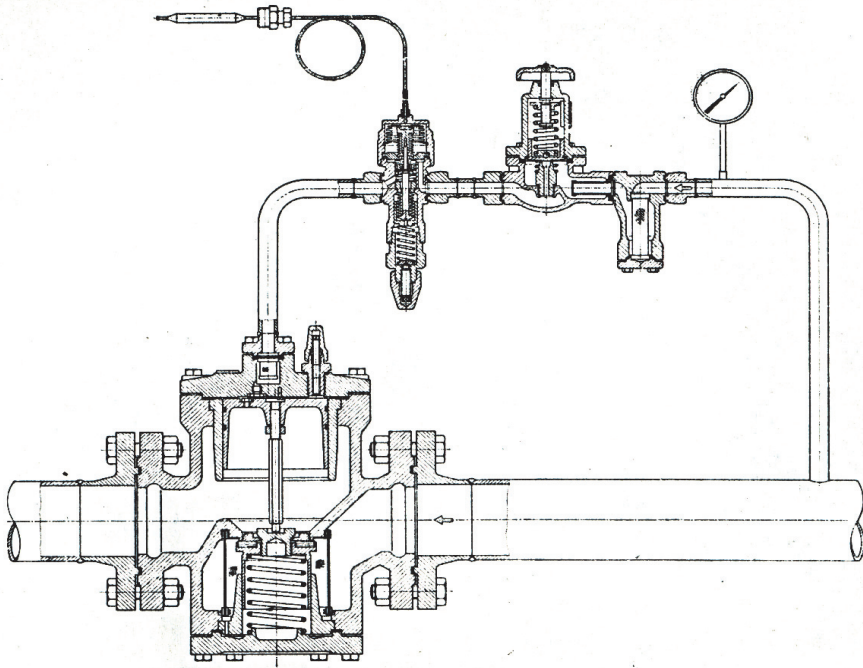
Upravljački ventil može biti i magnetni ventil, kao što je prikazano na slici 11.23.

U sprezi koja se upotrebljava u cevovodima čiji su prečnici veći od najvećeg prečnika magnetnog ventila koji se proizvodi, servoventil ima ulogu zaustavnog ventila, tj. kopira dejstvo magnetnog ventila koji njime upravlja. U ovakvoj sprezi sa magnetnim ventilom, servoventil se ne nalazi samo na usisnom vodu, već može biti montiran na ma kome vodu u instalaciji.

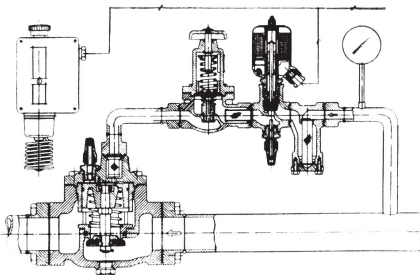
## 11.10. Električni regulatori nivoa

Električni regulatori nivoa su aparati koji kontrolišu nivo tečnog rashladnog fluida u nekom sudu i, ako nivo pređe dozvoljenu granicu (donju ili gornju), daju impuls regulacionim organima čiji je zadatak da vrate nivo tečnosti u željene granice.

U sklopu regulatora nivoa nalazi se cilindar koji je pomoću dve cevi spojen sa tečnim i gasnim prostorom suda u kome se kontroliše nivo rashladnog fluida. Na taj način, nivo tečnosti u cilindru regulatora isti je kao i nivo tečnosti u sudu. U cilindru se nalazi plovak koji se spušta kada nivo tečnosti opada, a diže se kada nivo raste.



**Slika 11.22. Ventil konstantnog pritiska i ventil konstantne temperature u sprezi sa servovalvom**



**Slika 11.23. Magnetni ventil i ventil konstantne temperature**

Plovak je spojen sa električnim prekidačem i u svom najnižem položaju zatvara kolo struje, a u najvišem položaju prekida kolo struje. Ima i takvih regulatora nivoa gde je dejstvo obrnuto, tj. kolo struje se prekida kada je plovak u najnižem položaju. Regulator obično radi sa jednim relejom koji služi za prenošenje električnih impulsa i za pomeranje gornjeg i donjeg položaja plovka. Na ovom releju se nalaze dva regulaciona dugmeta pomoću kojih se može menjati diferencija između položaja kada plovak „isključuje“ i položaja kada plovak „uključuje“, a isto tako se može podići ili spustiti nivo uključivanja.

### 11.10.1. Termostatski regulator nivoa

Osnovna funkcija termostatskog regulatora nivoa je da reguliše pritisak tečnog rashladnog fluida koji od kondenzatora dolazi do isparivača. Uloga mu je i da reguliše protok tečnog rashladnog fluida, tako da u isparivaču za vreme rada in-

stalacije bude konstantan nivo tečnosti. To se postiže postavljanjem pipka kapilare (koja polazi od ventila) u isparivaču na nivou koji je potrebno održavati. Termostatski regulatori nivoa primenjuju se samo kod potopljenih isparivača, pošto se samo za ovaj tip isparivača može tačno odrediti nivo tečnog rashladnog fluida.

Kod pojedinih tipova regulatora predviđeno je zagrevanje pipka, zbog čega se do pipka dovode električni vodovi. Oni imaju dugme predviđeno za regulisanje, koje je predviđeno samo za fabričko podešavanje i ni pod kakvim okolnostima ne treba ga okretati.

### 11.11. Elektronski uređaji za automatsko upravljanje rashladnim sistemima

U poslednje vreme u rashladnoj tehnici se sve više koriste elektronski uređaji, mikroprocesori, koji uspešno zamenjuju klasične elemente automatike, jednovremeno vršeći nekoliko funkcija upravljanja i kontrole. Napajaju se jednosmernom ili neizmjeničnom strujom od 12 V do 220 V, troše malo struje, malih su dimenzija, jednostavni su za ugradnju, sadrže mali broj pokretnih delova (duži vek eksploatacije) i jeftini su. Osnovne funkcije ovih mikroprocesora su kontrola temperature, relativne vlage, kontrola pritiska i regulacija učinka kompresora.

Elektronski termostati pored osnovnih funkcija kontrole i upravljanja sistemom, mogu da kontrolišu i upravljaju radom ventilatora isparivača, otapanjem isparivača, pokretanjem i zaustavljanjem kompresora, da odlože rad pojedinih elemenata rashladne instalacije, daju vizuelni prikaz radne temperature i drugih parametara sistema itd. Najčešće imaju dva izlazna releja za kompresor i kontrolu otapanja, kao i dva ulazna senzora PTC za kontrolu temperature komore i zaštitnu temperaturu isparivača. U njima je smešten i zvučni signal za alarmiranje. Brojni parametri zadatih veličina (temperature, pritiska i drugih) mogu se podešavati a preko displeja pratiti tok podešavanja. Opseg podešavanja radne temperature je od  $-100^{\circ}\text{C}$  do  $+100^{\circ}\text{C}$ . Neki tipovi mikroprocesora mogu da regulišu i funkcije grejanja ili hlađenja.

Regulacija temperature uvek podrazumeva pozitivnu temperatursku razliku, kompresor se isključuje kada temperatura postigne zadatu vrednost, a uključuje kada temperatura poraste za vrednost temperaturske razlike.

Otapanje isparivača je moguće na dva načina, električnim putem (kompresor ne radi), ili pomoću toplog gasa (kompresor radi). Ostale opcije koje se mogu programirati mikroprocesorima su vreme otapanja, odbrojavanje vremena, krajnja temperatura otapanja, ograničenje sigurnosnog vremena otapanja (time-out), kao



Slika 11.24. Elektronski termostat

i ciklusi zaštite (odlaganje startovanja, odlaganje isključenja, odlaganje između dva uzastopna starta).

Zahvaljujući mnogobrojnim funkcijama regulator se praktično može primeniti u različitim rashladnim sistemima, počev od najjednostavnijih do izuzetno složenih i od najmanjih do onih sa velikim rashladnim učincima.

Potrebno je da se temperatura prostora u koji se postavlja instrument održava između  $-5^{\circ}\text{C}$  i  $+65^{\circ}\text{C}$ , da se odabere lokacija gde nije velika vlaga ili gde nema kondenzacije i da se obezbedi ventilacija zbog hlađenja instrumenta.

---

## Elektrooprema

Za pogon kompresora, ventilatora i pumpi u rashladnim instalacijama, najčešće se koriste elektromotori. Izuzetak su instalacije na transportnim sredstvima kao na kamionima, ponekad na vagonima, a retko na brodovima, gde se za pogon upotrebljavaju dizel ili benzinski motori. Na brodovima se ređe upotrebljavaju i parne mašine.

Elektromotori koji se koriste u rashladnim instalacijama su monofazni i trofazni. Monofazni motori se upotrebljavaju za manje snage od 50 W do 5,5 kW, dok se trofazni elektromotori upotrebljavaju od 0,3 kW pa naviše. U našoj zemlji struja se proizvodi sa 50 Hz, a napon na monofaznim motorima je 220 V, dok trofazni motori rade sa naponom od  $3 \times 380$  V.

Trofazni asinhroni motori koji se upotrebljavaju u rashladnim instalacijama mogu biti izvedeni ili kao kavezni motori, ili kao motori sa kliznim prstenovima. Razlika između ova dva tipa elektromotora je u rotoru. Kod kaveznih motora namotaji rotora su kratko spojeni, dok su kod motora sa kliznim prstenovima namotaji rotora vezani za prstenove po kojima klize četkice.

Kavezni elektromotori sa kratko spojenim rotorima, koji se upotrebljavaju za pogon kompresora, moraju imati polazni momenat za oko 2,5 do 3,5 puta veći nego što je obrtni momenat u toku rada. Polazni momenat je veći da bi se savladao otpor u cilindrima kompresora u kojima se sabija rashladni fluid. Pri eventualnoj zameni motora ne sme se zaboraviti važnost polaznog momenta.

Motori sa kliznim prstenovima upotrebljavaju se u slučajevima kada je jačina struje koja je potrebna pri puštanju motora u rad suviše velika da bi se mogao upotrebiti kavezni motor. Kod motora sa kliznim prstenovima ubacuje se, posredstvom upuštača, otpor u kolo rotora čime se smanjuje polazna struja. Kada motor dobije dovoljan broj obrta, otpor se isključi i motor nastavi da radi sa normalnim obrtnim momentom. Ukoliko uslovi električne instalacije dopuštaju, mogu se i motori veće snage sa kratko spojenim rotorom upuštati direktno.

Monofaznih motora ima više vrsta, ali se najčešće upotrebljavaju kavezni motori sa „zaletnim kondenzatorom“. Ovi motori imaju, pored glavne faze, i pomoćnu fazu koja je spojena sa elektrolitičkim kondenzatorom za pokretanje motora i centrifugalnom sklopkom, koja automatski isključuje pomoćnu fazu i kondenzator kada motor postigne  $\sim 75\%$  svog nominalnog broja obrtaja. Ugradnjom kondenzatora postiže se povećani polazni momenat potreban za startovanje kompresora.

Sve vrste elektromotora u radu stvaraju gubitke energije, koji se u motoru pretvaraju u toplotnu energiju i zagrevaju elektromotor. Nesmetani rad elektromotora može se odvijati pri temperaturi namotaja od  $75^\circ\text{C}$  iznad temperature okolnog vaz-

duha, pri punom opterećenju. Ovaj podatak se odnosi samo na temperaturu vazduha do 40 °C, dok bi pri višim temperaturama došlo do pregrevavanja motora. Do toga može doći u slučajevima kada su kompresorski agregati sa vazdušno hlađenim kondenzatorom smešteni u maloj prostoriji, gde je pristup svežem vazduhu otežan.

Svi elektromotori mogu kratko vreme da rade pod opterećenjem malo većim od radnog opterećenja, što se ne sme dozvoliti u dužem periodu vremena, jer bi brzo došlo do pregrevanja motora, a eventualno i do pregorevanja izolacije.

Za puštanje motora u rad postoji više mogućnosti, a koja će biti primenjena, zavisi od vrste i veličine motora i od načina rada instalacije.

Mali monofazni motori snage ispod 1,1 kW, puštaju se u rad pomoću prekidača (ugrađuje se direktno u napojni vod), ili posredstvom termostata ili presostata niskog pritiska (ugrađuju se u strujno kolo motora). Pored termostata, odnosno presostata često se predviđaju ručni prekidači i osigurači. Termostat, koji pored dugmeta za regulisanje temperature ima i dugme kojim može da se podesi u položaj stalnog rada, automatskog rada i da bude isključen, ima ulogu ručnog prekidača i neki drugi prekidač se ne sme ugrađivati.

Sigurnosni elementi (na primer presostat visokog pritiska ili prekostrujna zaštita) redno su vezani prekidačima i zatvoreni su kada je motor u radu.

Kod trofaznih motora male snage, bar dve do tri faze moraju biti prekinute da bi se obustavio rad motora. Za ovo se upotrebljavaju tzv. dvopolni prekidači koji su povezani sa presostatom ili termostatom i ugrađeni su u red u dva do tri napojna voda. Sve tri faze moraju imati osigurače i mora postojati jedan trolepolni prekidač kojim se sve tri faze mogu prekinuti.

Kada jačina struje, pri punom opterećenju, iznosi preko 15 A do 20 A, nije moguće upotrebljavati direktne prekidače, već se moraju primeniti elektromagnetni prekidači ili tzv. starteri za motore. Starteri su električni releji koji se sastoje od elektromagneta i kotve. Kroz namotaje elektromagneta prolazi struja u čije kolo je uključen termostat, presostat ili ma koji drugi prekidač, dok kotva predstavlja kontakte koji zatvaraju vod koji dovodi struju u elektromotor. Kroz namotaje elektromagneta struja prolazi kada su svi prekidači u tom strujnom kolu zatvoreni, elektromagnet tada privlači kotvu koja služi kao kontakt glavnim napojnim vodovima motora i koja se u tom momentu zatvara. Ako neki od prekidača prekine kolo struje kroz elektromagnet, kotva će biti otpuštena i kontakti na glavnom napojnom vodu će se otvoriti. Često se ovo komandno strujno kolo izvodi za napon od 24 V, mada napon u ovom kolu može biti i 220 V.

Veći elektromotori, pored startera, imaju i bimetalne okidače koji predstavljaju termičku zaštitu.

Kod svih većih instalacija na električnu komandnu tablu postavljaju su električni instrumenti, ampermetri i voltmetri, pomoću kojih se mogu očitati jačina i napon struje.

Za električni razvod i elemente vezane za elektroinstalaciju važe propisi koji se primenjuju kod standardnih električnih instalacija.

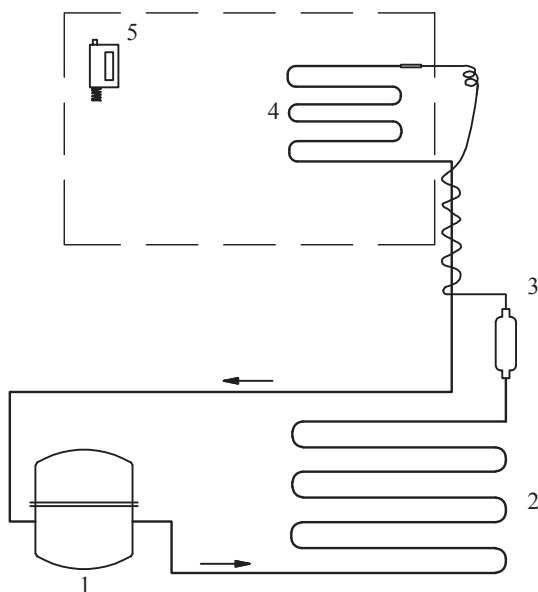
U poslednje vreme je sve češća primena elektronike u upravljanju, regulisanju i kontroli rada u rashladnim sistemima. To je specijalizovana oblast široke primene, pa se ovde njom nećemo baviti. Za takve slučajeve potrebno je koristiti odgovarajuću stručnu literaturu.

## Prikaz osnovnih vrsta instalacije

Elementi koji pripadaju rashladnim instalacijama povezuju se u jednu funkcionalnu celinu na bezbroj mogućih načina. Sadržaj instalacije zavisi od namene, rashladnog učinka, radnih parametara, vrste opreme, ekonomskih faktora, raspoloživog prostora, kao i znanja i veštine projektanta. Instalacije za hlađenje mogu se podeliti na nekoliko osnovnih tipova koje ćemo opisati u ovom poglavlju.

### 13.1. Kućni frižideri

Na slici 13.1 data je šema rashladne instalacije kakva se primenjuje u kućnim frižiderima. Ona se sastoji od kompresora, kondenzatora, isparivača i cevi. U ovoj instalaciji nema ekspanzionog ventila, već se tečan rashladni fluid prigušuje u cevi veoma malog prečnika, i kapilarnoj cevi kroz koju rashladni fluid prolazi na putu između kondenzatora i isparivača. Između kondenzatora i kapilarne cevi postavlja se sušač rashladnog fluida. Kompresor je obično hermetički sa elektromotorom smeštenim u zajedničkom kućištu. Kondenzator je vazdušno hlađen sa prirodnom cirkulacijom vazduha. U kućnim frižiderima kondenzator se nalazi sa zadnje strane frižidera. Isparivač je najčešće izrađen od presovanog aluminijumskog lima, a cevi za povezivanje elemenata instalacije su bakarne. Za regulaciju temperature predviđen je termostat, ali ova regulacija nije naročito precizna. Termostati imaju i položaj „isključeno“. U upotrebi su instalacije sa poluautomatskim ili automatskim otapanjem isparivača.

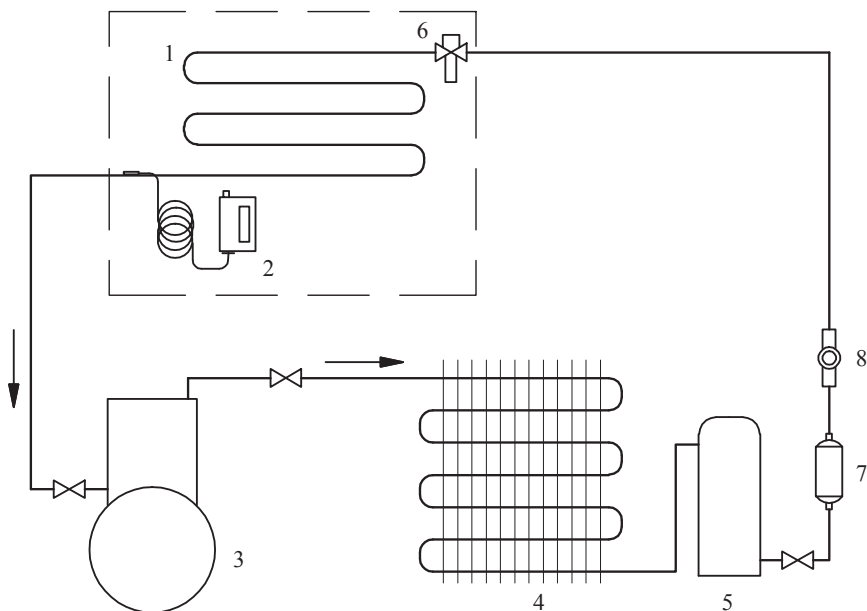


**Slika 13.1. Šema rashladne instalacije kućnog frižidera; 1 – hermetički kompresor, 2 – kondenzator, 3 – sušač sa kapilarnom, 4 – isparivač, 5 – termostat**

Sastav ove instalacije može se sresti i kod većih instalacija (manje rashladne komore, vitrine, klima-uređaji i sl.).

## 13.2. Komercijalni ormani, vitrine i pultovi

Na slici 13.2 prikazana je šema najjednostavnije instalacije koja se primenjuje u komercijalnim uređajima koji imaju jedan hlađeni prostor. Kompresor, kondenzator i skupljač tečnosti su obično agregatirani na zajedničkom postolju, najčešće u sklopu samog uređaja. Kondenzator je vazdušno hlađen prinudnom cirkulacijom. Kompresori su najčešće u hermetik izvedbi, ređe poluhermetik, dok se u poslednje vreme otvoreni kompresori uopšte ne primenjuju. Isparivač je izrađen od bakarnih cevi sa aluminijumskim lamelama.



**Slika 13.2. Šema rashladne instalacije u komercijalnim uređajima sa automatskim ekspanzionim ventilom; 1 – isparivač, 2 – isparivački termostat, 3 – kompresor sa zauzastavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – automatski ekspanzioni ventil, 7 – sušač, 8 – vidno staklo sa indikatorom vlage**

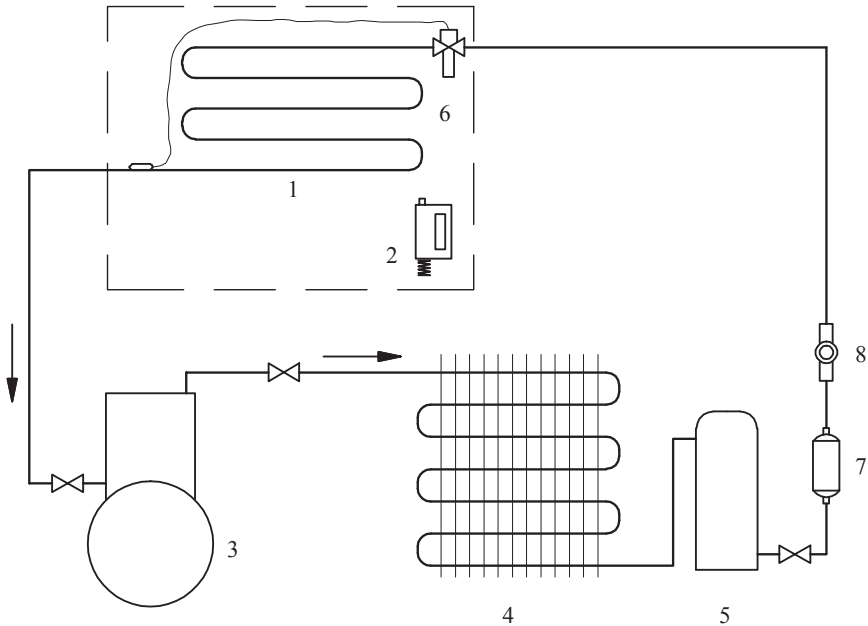
U ove instalacije se ugrađuju kapilara, automatski ekspanzioni ventil ili termostatski ekspanzioni ventili. Da bi se sprečio prodor tečnog rashladnog fluida u usis kompresora, u slučaju primene kapilare ili automatskog ekspanzionog ventila, na usisnoj cevi se postavlja isparivački termostat čija kapilara reaguje na povećani dotok vlažne pare rashladnog fluida iz isparivača i zaustavlja rad kompresora.

Posle postizanja željene temperature u hlađenom prostoru isparivački termostat će isključiti kompresor. Preostala količina tečnog rashladnog fluida neće moći da ispari u isparivaču, već će početi da isparava u usisnoj cevi.

Slika 13.3 prikazuje šemu instalacije koja umesto automatskog ekspanzionog ventila ima termostatski ekspanzioni ventil, čiji je pipak kapilare pričvršćen na usisnu cev neposredno iza isparivača (prema šemi na slici 11.5). Temperatura vazduha



u hlađenom prostoru kontroliše se sobnim termostatom čiji se kapilara i pipak nalaze unutar prostora. Regulacija temperature ovim termostatom nije precizna.



**Slika 13.3. Šema rashladne instalacije u komercijalnim uređajima sa termostatskim ekspanzionim ventilom; 1 – isparivač, 2 – sobni termostad, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – termostatski ekspanzioni ventil, 7 – sušač, 8 – vidno staklo sa indikatorom vlage**

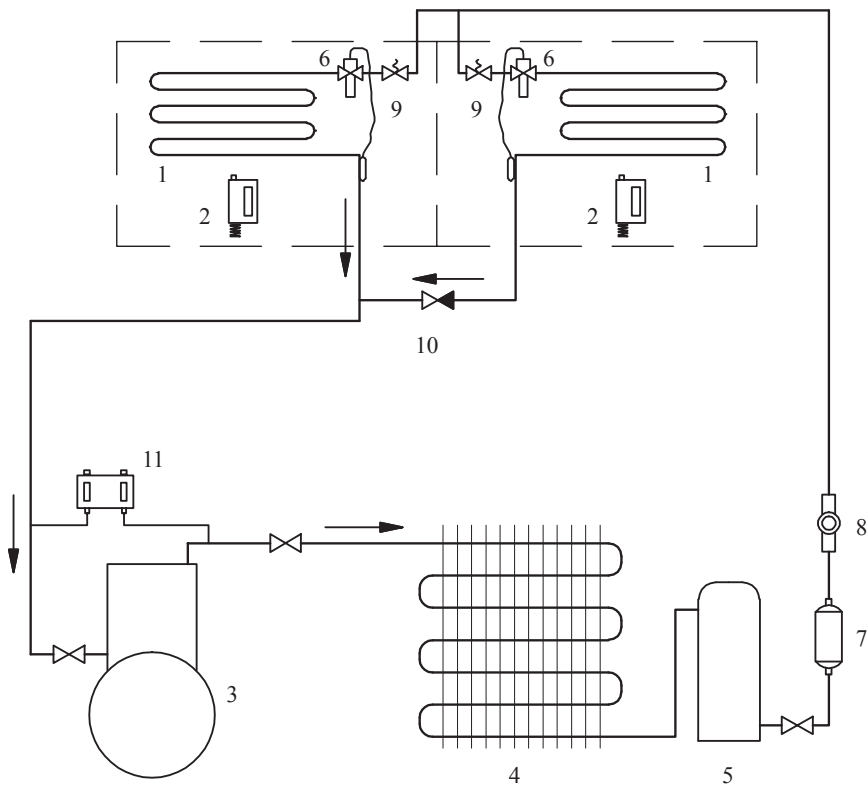
Slika 13.4 prikazuje šemu rashladne instalacije koja se primenjuje u komercijalnim ormanima ili vitrinama u kojima postoje dva odvojena hlađena prostora različitih temperatura.

Kompresor, kondenzator i skupljač najčešće su fabrički izvedeni u sklopu agregata na zajedničkom postolju na koji se naknadno ugrađuju presostati, sušač i vidno staklo.

Svaki od hlađenih prostora ima svoj isparivač, obično izrađen od bakarnih cevi sa aluminijumskim lamelama. Svaki isparivač na cevovodu za dovod tečnog rashladnog fluida ima termostatski ekspanzioni ventil i magnetni ventil. Oba hlađena prostora imaju po sobni termostad. Kada se u jednom prostoru temperatura spusti na željenu vrednost, termostad zatvara magnetni ventil na vodu tečnog rashladnog fluida do njegovog isparivača i obustavlja hlađenje. Kada se i u drugom hlađenom prostoru postigne željena temperatura, termostad zatvara magnetni ventil na vodu ka drugom isparivaču i istovremeno obustavlja rad kompresora.

U ovim instalacijama najčešće nema potrebe za presostatima niskog i visokog pritiska.

U drugom slučaju, posle postizanja željene temperature u oba prostora, kompresor nastavlja da radi sve dok pritisak na usisu u kompresor ne opadne do vrednosti podešene na presostatu niskog pritiska. Na ovaj način se skoro sav fluid odsisava iz isparivača, što je pogodnost pri otapanju. Jedina mana sistema sa odsisavanjem tzv. „pump daun“ sistema (eng. pump down) je da pri nehermetički zaprivenim ventilima (zaustavnim ventilima na kompresoru ili magnetnim ventilima) prodor fluida visokog pritiska može pokrenuti kompresor (iako za to ne postoji potreba) i ubrzo ga ponovo zaustaviti. Uključivanje/isključivanje kompresora može, u tom slučaju, biti učestalo. Da bi se ova pojava izbegla, signal za zaustavljanje kompresora daje presostat niskog pritiska, a za pokretanje termostat odgovarajućeg hlađenog prostora.



**Slika 13.4.** Šema rashladne instalacije sa dva hlađena prostora; 1 – isparivač, 2 – sobni termostat, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – termostatski ekspanzioni ventil, 7 – sušač, 8 – vidno staklo sa indikatorom vlage, 9 – magnetni ventil, 10 – jednosmerni ventil, 11 – presostat niskog i visokog pritiska

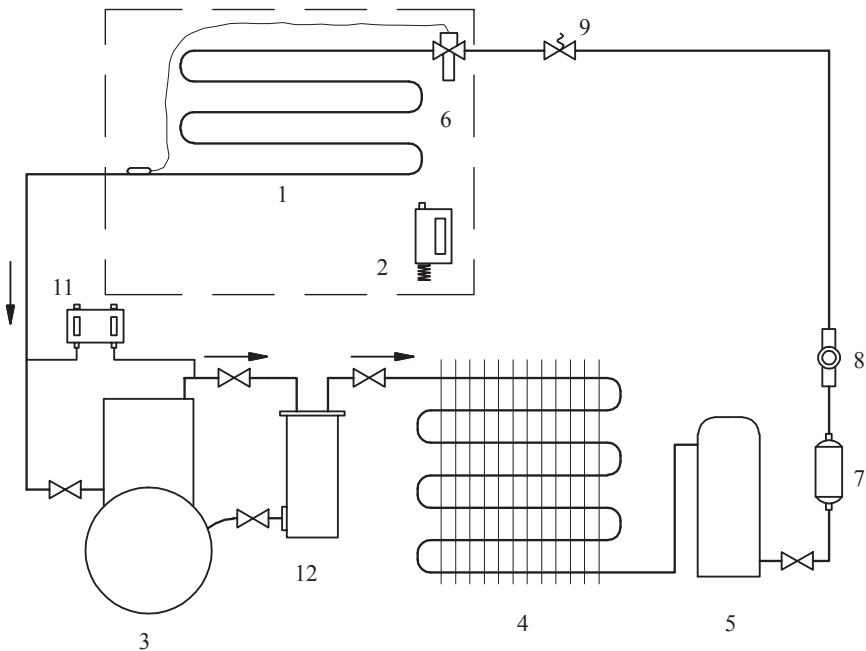
Kada temperatura u nekom od hlađenih prostora poraste iznad vrednosti podešene na termostatu, pripadajući termostat će uključiti kompresor i otvoriti pripa-

dajući magnetni ventil na potisnom vodu. Potrebno je napomenuti da su ovo termostati sa specijalnim rasporedom kontakata. Na usisnim cevima ovakvih instalacija često se postavljaju jednosmerni ventili kako se rashladni fluid ne bi vraćao u isparivač u kome je pritisak niži.

U svim do sada opisanim instalacijama otapanje isparivača se, po pravilu, vrši na taj način što se obustavi rad instalacije i otvore vrata hladnog prostora. Kako je ovaj prostor relativno mali u odnosu na veličinu otvora vrata, hladan vazduh u komori brzo će se zameniti toplim spoljnim vazduhom i isparivači će se za kratko vreme otopiti.

### 13.3. Male rashladne komore

Rashladni uređaj koji se primenjuje u malim hladnjačama sa jednom hladnom komorom, prikazan je šematski na slici 13.5.



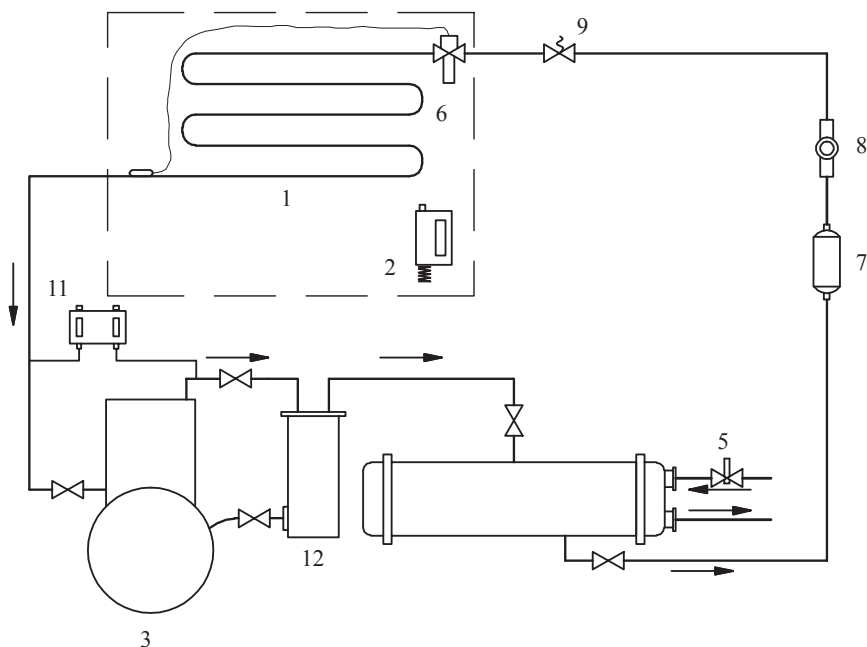
**Slika 13.5. Šema rashladne instalacije za manje rashladne komore; 1 – isparivač, 2 – termosta, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – termostatski ekspanzioni ventil, 7 – sušač, 8 – vidno staklo sa indikatorom vlage, 9 – magnetni ventil, 10 – presostat niskog i visokog pritiska, 11 – presostat niskog i visokog pritiska, 12 – odvajač ulja**

Kompresor, kondenzator i skupljač tečnosti su agregatirani, često zajedno sa odvajačem ulja. Za komore manjih dimenzija mogu se koristiti isparivači sa mirnom cirkulacijom vazduha, izrađeni od bakarnih cevi sa aluminijumskim lamelama. Isparivač se postavlja na zid ili plafon komore. U oba slučaja se ispod isparivača po-

stavlja otkapljivač u koji se sliva voda i u koji padaju komadi leda u toku otapanja isparivača. Za ove komore mogu se koristiti i isparivači sa prinudnom cirkulacijom vazduha, koja se postiže ventilatorom smeštenim u isparivaču. Domet struje vazduha mora biti takav da obezbedi oplakivanje celog prostora komore. Ventilator može i ne mora da se uključuje i isključuje jednovremeno sa kompresorom. U procesu otapanja isparivača ventilator je isključen.

Odvajač ulja i magnetni ventil nisu obavezni elementi u ovim instalacijama.

Na slici 13.6 prikazana instalacija kao na slici 13.5, ali sa vodom hlađenim kondenzatorom, u kojoj često postoji presostat visokog pritiska kombinovan sa ventilom za vodu.

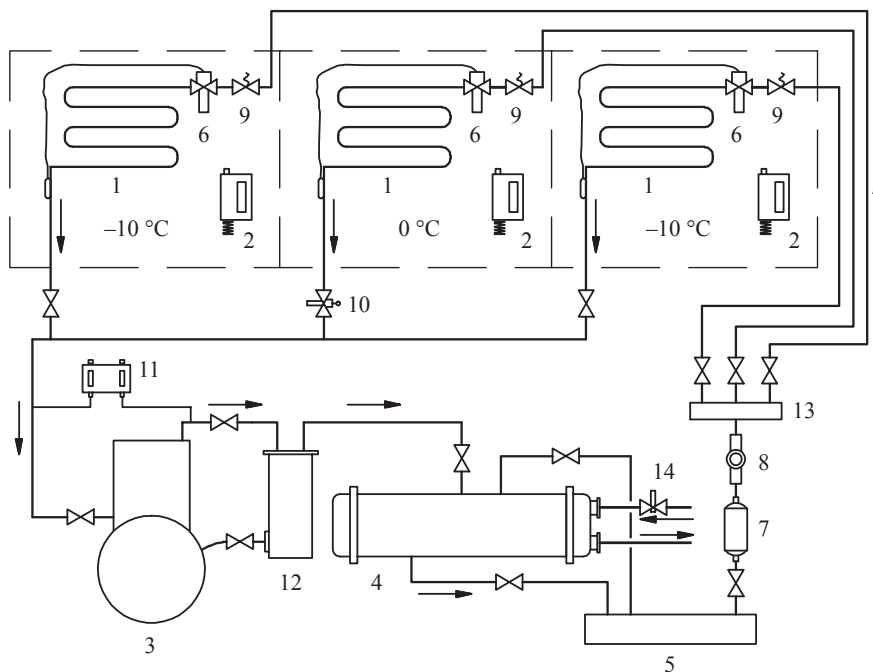


**Slika 13.6. Šema rashladne instalacije sa vodom hlađenim kondenzatorom; 1 – isparivač, 2 – sobni termostat, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – vodni ventil, 6 – termostatski ekspanzioni ventil, 7 – sušač, 8 – vidno staklo sa indikatorom vlage, 9 – magnetni ventil, 10 – odvajač ulja, 11 – presostat niskog i visokog pritiska**

Slika 13.7 prikazuje šemu nešto složenije rashladne instalacije za hladnjače.

Ovaj isti sistem se, naravno, primenjuje i kada je u pitanju hladnjača sa većim brojem komora. Na prikazanoj šemi u komorama su različite temperature. Isparivači mogu biti sa mirnim hlađenjem (prirodna cirkulacija vazduha) i postavljeni na zidovima ili tavanici, ili vazduhom hlađeni isparivači sa ventilatorima (prinudna cirkulacija). Svaki isparivač ima svoj termostatski ekspanzioni i magnetni ventil. U svakoj prostoriji nalazi se po jedan termostat koji je električno povezan sa magnetnim ven-

tilom odgovarajućeg isparivača. Kada se u jednom prostoru temperatura spusti na željenu vrednost, termostat zatvara magnetni ventil na vodu tečnog rashladnog fluida do njegovog isparivača i obustavlja hlađenje. Kada poslednji isparivač, na ovaj način, bude isključen iz rada, pritisak u usisnoj cevi kompresora će početi naglo da opada, jer kompresor neće imati šta da usisava.



**Slika 13.7. Šema rashladne instalacije sa više komora; 1 – isparivač, 2 – termostat, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – termostatski ekspanzioni ventil, 7 – sušač, 8 – vidno staklo sa indikatorom vlage, 9 – magnetni ventil, 10 – ventil konstantnog pritiska, 11 – presostat niskog i visokog pritiska, 12 – odvajač ulja, 13 – razdelnik tečnog rashladnog fluida, 14 – ventil za vodu**

Kada pritisak opadne do vrednosti podešene na presostatu niskog pritiska, presostat će prekinuti dovod struje u elektromotor kompresora i zaustaviti rad instalacije. Ovaj način je ranije opisan kao rad kompresora sa odsisavanjem („pamp daun“). Ukoliko su isparivači izvedeni u vidu vazdušnih hladnjaka (isparivači sa ventilatorom), termostat može i ne mora istovremeno sa zatvaranjem magnetnog ventila da obustavi i rad ventilatora. Koje rešenje će se primeniti zavisi od veličine komore, rasporeda robe u prostoru i drugih faktora.

Kada je u nekoj od komora temperatura viša od zadate vrednosti, termostat će otvoriti magnetni ventil. Ako kompresor ne radi, usled otvaranja magnetnog ventila i ulaska rashladnog fluida u isparivač, pritisak u isparivaču i usisnom vodu će se povećati i presostat niskog pritiska će uključiti kompresor.

U hladnjačama gde su temperature u pojedinim komorama različite, često se instalacije izvode sa različitim temperaturama isparavanja. Naime, da bi se sprečilo sušenje robe u hladnjači razlika zadate temperature vazduha u komori i temperature isparavanja ne bi smela da bude veća od 10 °C od zadate temperature u komori. U ovakvom sistemu pri standardnim uslovima rada temperature isparavanja rashladnog fluida bile bi:

- do –5 °C za komore sa temperaturom od 4 °C,
- do –10 °C za komore sa temperaturom od 0 °C,
- do –30 °C za komore sa temperaturom od –20 °C.

Da bi se u instalaciji sa jednim kompresorom i tri isparivača sa dva temperaturska režima postigle različite temperature isparavanja, u usisnu cev isparivača sa višom temperaturom isparavanja, postavlja se ventil konstantnog pritiska. Funkcija ovog ventila je da onemogući da pritisak i temperatura rashladnog fluida u ovom isparivaču opadnu ispod određene vrednosti. Kompresor će usisavati rashladni fluid čiji pritisak odgovara temperaturi u isparivačima sa nižom temperaturom isparavanja, a ventil konstantnog pritiska će održavati višu temperaturu isparavanja u isparivaču na čijoj se usisnoj cevi nalazi.

Na usisne cevi ostalih isparivača, tj. onih koji nemaju ventile konstantnog pritiska, postavljaju se često jednosmerni ventili. Ovi ventili imaju za cilj da spreče prelaz rashladnog fluida iz isparivača sa višom temperaturom isparavanja u isparivač sa nižom temperaturom isparavanja.

Otapanje isparivača u malim rashladnim komorama vrši se otvaranjem vrata, a ako su u pitanju vazdušni hladnjaci, vodom ili pomoću električnog grejača.

Kontrola temperature u komorama malih komora je obično pomoću termometra sa kapilalom, kod kog se kućište sa skalom za očitavanje nalazi u prostoriji gde je smešten kompresorski agregat, a kapilara se kroz zid provlači u komoru. Za svaku komoru potreban je po jedan termometar. Kod novijih rešenja termostat i termometar predstavljaju jedinstvenu celinu.

### **13.4. Velike hladnjače**

Velike hladnjače se obično sastoje od tri ili više većih prostorija u kojima se roba skladišti, hladi ili smrzava, ili i skladišti i hladi i smrzava.

U velikim industrijskim hladnjačama najčešće se koriste amonijačne rashladne instalacije, a veoma retko instalacije sa freonima.

U instalacijama za veće hladnjače nema kompresorskog agregata onog tipa koji se koristi u malim rashladnim komorama, već su kompresori sami ili sa dodatnom opremom (pogonski motori, odvajачi ulja, hladnjaci ulja i sl.) postavljeni na temelje u mašinskoj sali.

Kondenzatori su vodom hlađeni, evaporativni ili atmosferski, ređe vazduhom hlađeni. Broj kondenzatora ne odgovara broju kompresora, nego zavisi od potrebnog kapaciteta. Za vodom hlađene kondenzatore voda se obično ne uzima iz vodovodne mreže i ne baca u kanalizaciju, jer je količina potrebne vode veća nego što instalacije vodovoda i kanalizacije to dopuštaju. Zbog toga su, u ovakvim slučajevima, predviđene pumpe koje vodu dobavljaju iz neke reke, bazena, jezera ili bunara ili se koriste za hlađenje vode.



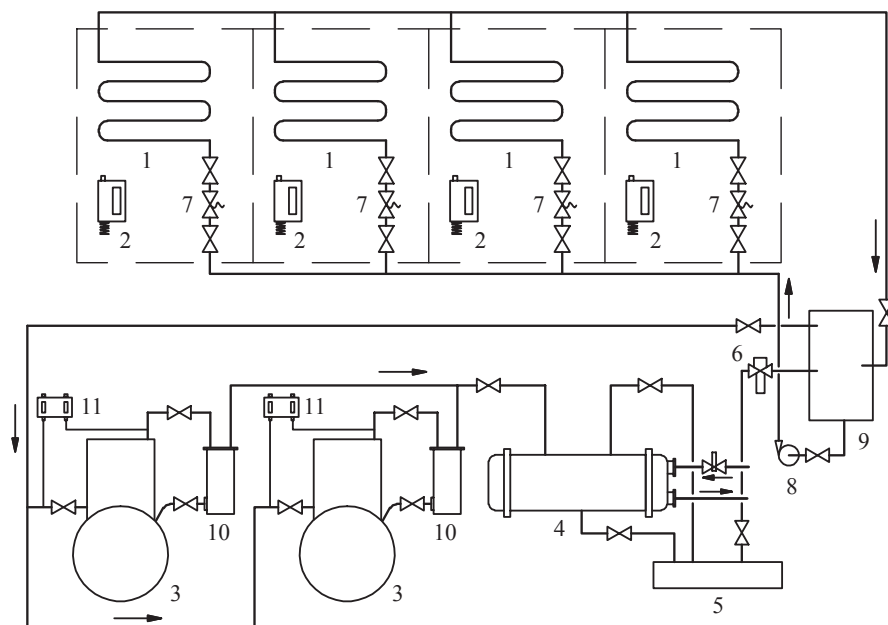
zatvoriti i rad instalacije nastaviti preko ručnog ekspanzionog ventila. Pokvareni automatski ventili se, u tom slučaju, mogu demontirati i popraviti ili zameniti, a da instalacija ne prestane da radi.

Na usisnim vodovima iza isparivača, u komorama sa višom temperaturom, postavljani su servoventili u kombinaciji sa ventilom konstantnog pritiska, kako temperatura isparavanja u tim komorama ne bi opadala ispod željene vrednosti.

Kod „potopljenih“ instalacija rashladni fluid se prigušuje na jednom centralnom mestu, a zatim se razvodi do isparivača u pojedinim komorama gde isparava.

Posle prigušivanja, rashladni fluid se nalazi u jednom većem sudu koji služi i kao usisni odvajач. Iz tog suda tečan amonijak odlazi do isparivača prirodnim padom ili pomoću cirkulacionih pumpi u količini 2 do 10 puta većoj nego što u isparivačima ispari.

Na slici 13.9 prikazana je šema tzv. potopljene instalacije sa prinudnom cirkulacijom.



**Slika 13.9. Šema rashladne instalacije sa potopljenim isparivačima; 1 – isparivač, 2 – termostat, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – ručni ekspanzioni ventil, 7 – magnetni ventil, 8 – cirkulaciona pumpa, 9 – odvajач tečnosti, 10 – odvajач ulja, 11 – presostat niskog i visokog pritiska**

Na ulazu u svaki isparivač ili grupu isparivača postavljen je magnetni ventil čijim radom komanduje termostat u komori.

S obzirom na broj komora i raznovrsnih režima koji se traže u komorama, instalacije u velikim hladnjačama mogu biti veoma komplikovane, pa će ova knjiga obraditi samo neke karakteristične primere.



Otapanje isparivača u velikim instalacijama najčešće se vrši vodom i/ili toplim gasom.

U većim hladnjačama postoji potreba za ventilacijom hladjenih komora. Zbog ovog se predviđa poseban sistem kanala kojim se dovodi svež vazduh do komore i drugi odsisni sistem kanala za izvlačenje iste količine otpadnog vazduha.

Instalacije koje rade u hladnjačama sa više komora moraju imati mogućnost brzog prilagođavanja promenama rashladnog učinka. Ove promene nastaju pre svega zato što, u zavisnosti od količine robe koju treba hladiti, mogu da rade jedna, dve, tri, ili sve komore istovremeno. Pored toga, kad se broj komora koje se hlade ne menja, promene nastaju u zavisnosti od temperature i vrste robe koja se u njima hladi, kao i od meteoroloških uslova. Otvaranje vrata na hladnjačama, u cilju unošenja ili iznošenja robe, takođe može imati uticaja na opterećenje instalacije. Kombinacija ovih faktora izaziva, u toku kratkog vremena, nagle promene rashladnog učinka koje teže da izazovu promenu u režimu rada, pre svega naglu promenu temperature isparavanja.

Međusobna uslovljenost između rashladnog učinka, temperature isparavanja i ostalih faktora biće detaljnije opisana u poglavlju o radu instalacije. Veoma je važno da se u isparivaču, u toku hlađenja jedne vrste robe, održi kontinualan režim hlađenja. To se postiže samo ako je učinak kompresora, u svakom momentu, u ravnoteži sa učinkom isparivača koji su u radu. Zbog toga se instalacije ove vrste izvode sa dva ili više kompresora, pri čemu kompresori često imaju mogućnost regulacije učinka. Na taj način je moguće, menjajući broj kompresora koji rade i, eventualno, smanjujući učinak kompresora, održavati u toku rada u uskim granicama ravnotežu između učinka isparivača i učinka kompresora. U nekim instalacijama isključivanje i uključivanje kompresora vrši se automatski, ali u većini slučajeva rukovalac to obavlja ručno.

### **13.5. Instalacija za hlađenje tečnosti**

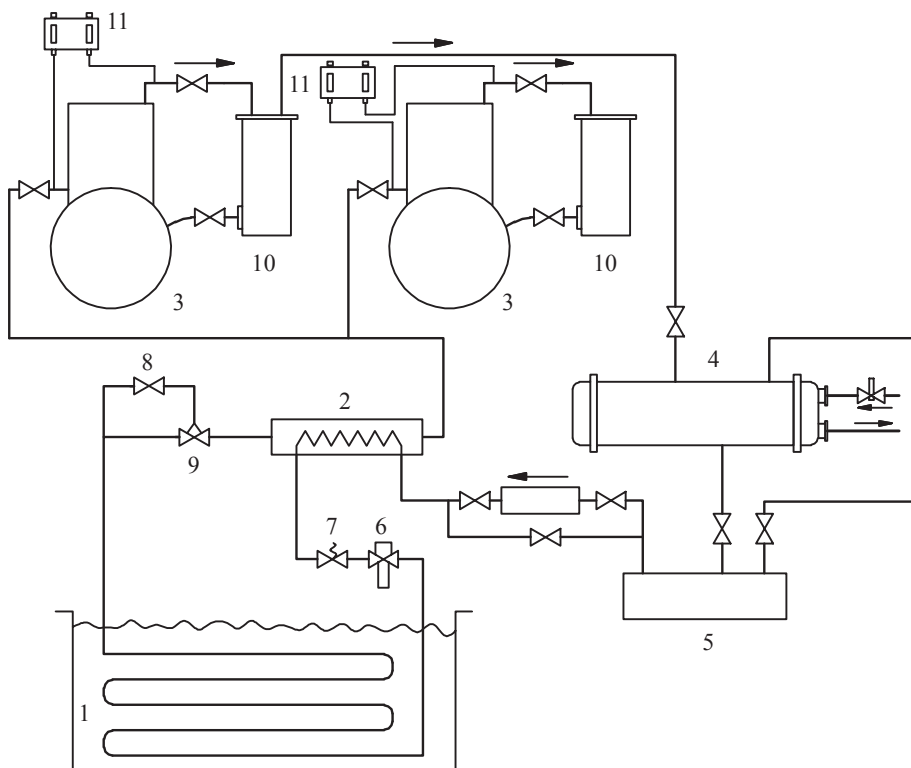
Na slici 13.10 prikazana je šema instalacije koja se koristi za hlađenje vode ili rasoline u bazenu. Ovakve instalacije karakteristične su po tome što im je režim rada stalan, tj. opterećenje im se skoro uopšte ne menja, a vrlo malo se menja i temperatura isparavanja. Ovo zbog toga što se temperatura tečnosti koja se hladi, zbog velike količine tečnosti, ne može naglo i brzo menjati.

Iz ovih razloga se instalacije ove vrste rade tako da nisu prilagođene promenama opterećenja, što ih čini jeftinijim.

Kao što se iz šeme vidi, instalacije se sastoje iz jednog ili više kompresora, odvajачa ulja, kondenzatora i skupljača tečnog rashladnog fluida. Isparivač se nalazi u bazenu u kome je tečnost koja se hladi, a tečni i usisni vod, često prolaze kroz razmenjivač toplote. Na usisnom vodu se postavlja ventil konstantnog pritiska koji ima zadatak da ne dozvoli da temperatura isparavanja opadne ispod temperature smrzavanja tečnosti.

Temperature tečnosti koja se hladi kontroliše se termostatom čija je kapilara u tečnosti i koji isključuje kompresor kada temperatura tečnosti opadne na željenu vrednost. Ovaj termostat jednovremeno zatvara i magnetni ventil na tečnom vodu.

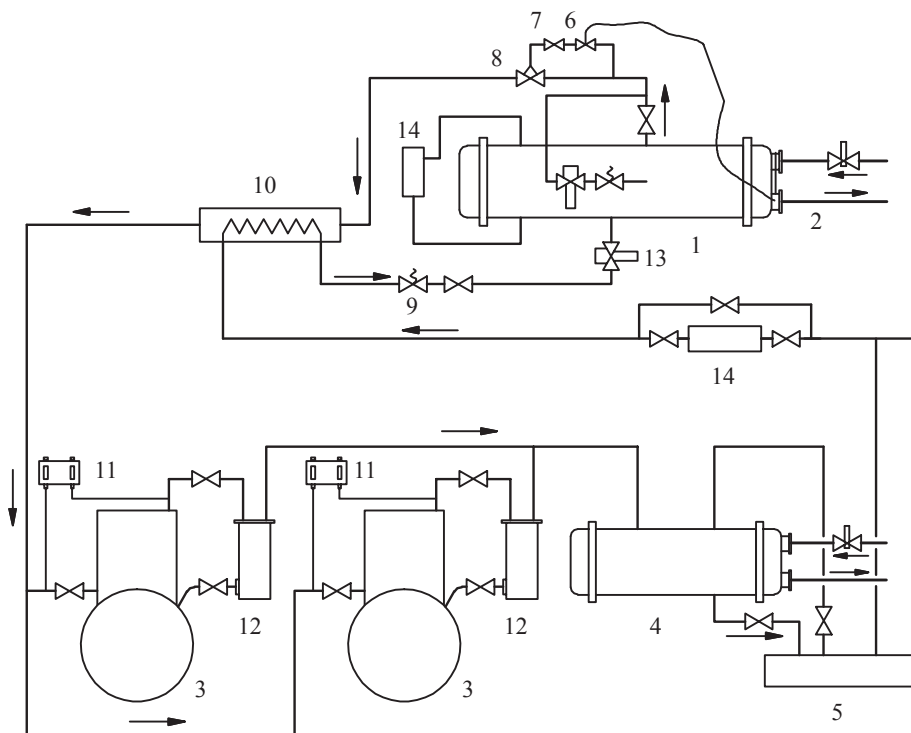
Na slici 13.11 prikazana je šema instalacije koja hladi vodu, ali ne u bazenu, već u protočnom isparivaču. Isparivač je konstruisan tako da voda koja se hladi protiče kroz cevi isparivača, dok se rashladni fluid nalazi u dobošu isparivača oko cevi. Ova instalacija sadrži standardne elemente jednog ili više kompresora, odvajač ulja uz svaki kompresor, vodom hlađeni kondenzator, skupljač tečnosti, sušac rashladnog fluida, razmenjivač toplote i isparivač. Na tečnom vodu montiran je magnetni ventil.



**Slika 13.10. Šema instalacije za hlađenje tečnosti u bazenu; 1 – isparivač, 2 – razmenjivač toplote, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – termostatski ekspanzioni ventil, 7 – magnetni ventil, 8 i 9 – ventili konstantnog pritiska, 10 – odvajač ulja, 11 – presostat niskog i visokog pritiska**

Prigušivanje se vrši u ručnom regulacionom ventilu. Nivo rashladnog fluida u isparivaču održava se pomoću električnog regulatora nivoa, koji upravlja radom magnetnog ventila na tečnom vodu, tj. otvara ga kada nivo opadne i zatvara kada nivo poraste. Na usisnom vodu montiran je servoventil čijim radom upravljaju ventil konstantnog pritiska i ventil konstantne temperature. Ventil konstantne temperature, čiji se pipak nalazi u cevi za ohlađenu vodu koja izlazi iz isparivača, ima za-

datak da reguliše temperaturu isparavanja tako da temperatura vode koja izlazi iz isparivača bude konstantna bez obzira na to da li je pritisak maksimalan ili niži. Bez ovog ventila temperatura vode bi se menjala i bilo bi potrebno podesiti regulacioni ventil da bi se temperatura vode koja se hladi održala na konstantnom nivou. Ventil konstantnog pritiska ima zadatak da ne dozvoli opadanje pritiska u isparivaču ispod određenog nivoa, tj. ispod pritiska koji odgovara temperaturi smrzavanja vode.

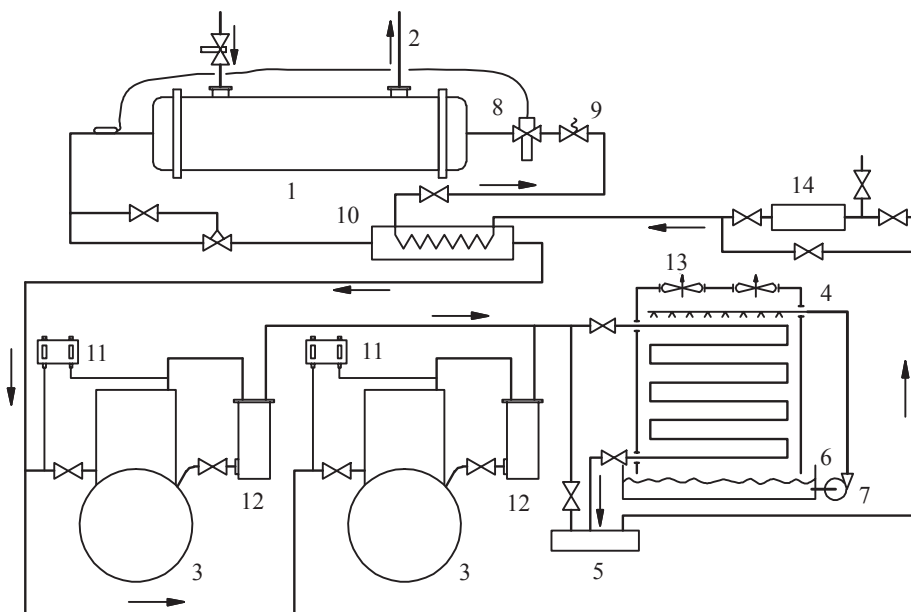


**Slika 13.11. Šema instalacije za hlađenje tečnosti u protivstrujnom isparivaču sa R22; 1 – protivstrujni isparivač, 2 – izlaz tečnosti, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6, 7 i 8 – kombinacija ventila konstantnog pritiska i konstantne temperature, 9 – magnetni ventil, 10 – razmenjivač toplote, 11 – presostat niskog i visokog pritiska 12 – odvajač ulja, 13 – ručni regulacioni ventil, 14 – sušač, 15 – električni regulator nivoa**

Prema tome, u ovakvoj kombinaciji ventila konstantnog pritiska i ventila konstantne temperature, dejstvom ventila konstantne temperature menjaće se pritisak odnosno temperatura isparavanja (i razmena toplote u isparivaču) u opsegu iznad pritiska koji odgovara temperaturi smrzavanja vode. Ispod ovog pritiska ventil konstantne temperature neće moći da snizi pritisak u isparivaču pošto to neće dozvoliti ventil konstantne temperature, čiji je način podešavanja opisan detaljno u poglavlju o automatici.

Kod dobošastih isparivača koji rade sa freonom 22, postavlja se cev malog prečnika koja izlazi približno sredini isparivača i ulazi u usisnu cev. Na njoj se nalazi ručni regulacioni ventili, magnetni ventil. Kroz ovu cev vraća se iz isparivača u kompresor ulje koje je rastvoreno u freonu 22 i čija je koncentracija najgušća u delu gde je cev za odvođenje priključena na doboš isparivača.

Na slici 13.12 prikazana je šema instalacije za hlađenje vode u protočnom isparivaču, gde je protočni isparivač konstruisan tako da se voda koja se hladi nalazi u dobošu oko cevi, a rashladni fluid prolazi kroz cevi. Ovakav način konstrukcije isparivača primenjuje se kada je rashladni fluid R124a.



**Slika 13.12. Šema instalacije za hlađenje tečnosti u protivstrujnom isparivaču sa R134a; 1 – isparivač, 2 – izlaz tečnosti, 3 – kompresor sa zaustavnim ventilima, 4 – evaporativni kondenzator, 5 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 6 – kada kondenzatora, 7 – pumpa za vodu, 8 – termostatski ekspanzioni ventil, 9 – magnetni ventil, 10 – razmenjivač toplote, 11 – presostat niskog i visokog pritiska 12 – odvajač ulja, 13 – ventilatori kondenzatora, 14 – sušač**

Kao što se iz šeme vidi, ovde je predviđen termostatski ekspanzioni ventil čiji je pipak pričvršćen na usisnu cev. Ispred ekspanzionog ventila postavljen je magnetni ventil koji se otvara startovanjem kompresora, a zatvara kada se kompresor isključi. Ako je u instalaciji veći broj kompresora, povezivanje je izvedeno tako da se magnetni ventil otvara kada se uključi bilo koji kompresor, a zatvara posle isključenja poslednjeg kompresora.

Na usisnom vodu postavljeni su, kao i u prethodnoj instalaciji, ventil konstantnog pritiska i ventil konstantne temperature. U većini ovakvih instalacija između

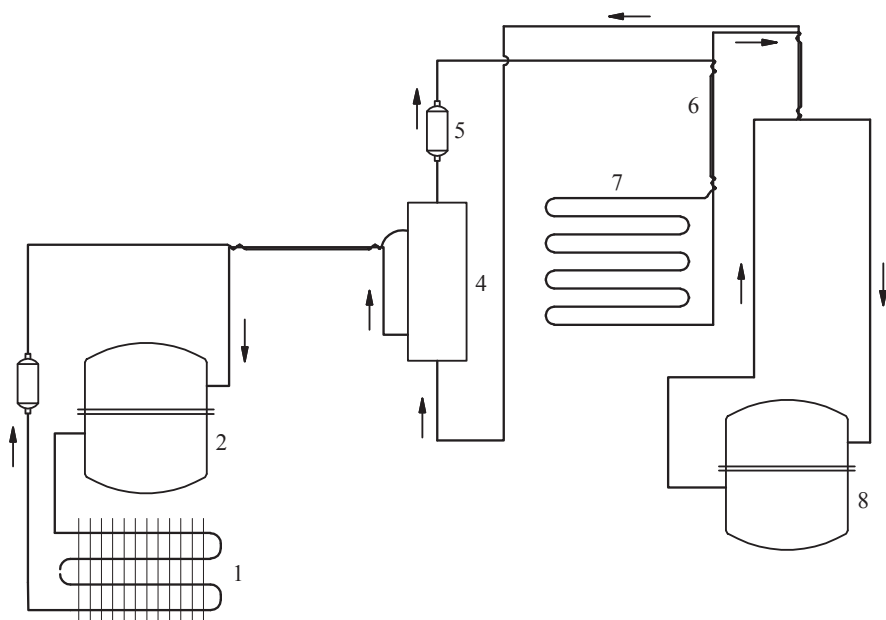
gasa u usisnom vodu i tečnog rashladnog fluida u potisnom vodu nalazi se razmenjivač toplote, dok je kondenzator evaporativnog tipa.

Uvek treba voditi računa da se, pri startovanju kompresora, odmah puste u rad i ventilator i pumpe na kondenzatoru. U suprotnom će pritisak u potisnom vodu vrlo brzo da poraste i presostat visokog pritiska će isključiti kompresor.

U svim instalacijama za hlađenje vode često se postavlja jedan kontrolni termostat čiji je zadatak da isključi kompresor ukoliko temperatura vode koja se hladi opadne ispod određene veličine. Temperatura pri kojoj kontrolni termostat treba da isključi kompresore obično je 2 °C do 3 °C niža od temperatura do koje se voda hladi.

Opis i šeme instalacija koje su prikazane u ovom poglavlju primeri su izvođenja samo nekoliko instalacija. Jasno je da postoji veliki broj instalacija koje se razlikuju od opisanih, ali se najveći broj po svojoj osnovnoj koncepciji i načinu rada mogu svrstati u neke od prikazanih vrsta.

Pored ovih osnovnih i najčešćih tipova instalacija, u praksi se sreće izvestan broj specijalnih instalacija koje ovim tekstom nisu mogle biti obuhvaćene. Međutim, osnovni delovi i način rada i tih specijalnih instalacija isti su kao i kod standardnih instalacija. Ukoliko specijalne instalacije u velikoj meri odstupe od standardnih rešenja, izvođač pri predaji instalacije na korišćenje mora sačiniti posebno uputstvo u kome će naglasiti te specifičnosti.



**Slika 13.13. Šema kaskadne instalacije za komoru od 200 litara: 1 – vazdušni kondenzator prvog stepena, 2 – kompresor prvog stepena, 3 – sušač prvog stepena 4 – razmenjivač toplote, 5 – sušač drugog stepena, 6 – kapilara drugog stepena, 7 – isparivač u komori, 8 – kompresor drugog stepena, 9 – kapilara prvog stepena**

### 13.6. Kaskadna instalacija

U sistemima gde je potrebno ostvariti ekstremno niske temperature, koriste se kaskadni sistemi. Jedan od takvih sistema, predviđen za hlađenje materijala na temperaturu od  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , u kome je temperatura isparavanja u komori zapremine 200 litara jednaka  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , prikazan je na slici 13.13. Sistem radi sa dva različita rashladna fluida.

U kolu niske temperature (temperatura isparavanja  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) koristi se rashladni fluid R13 kod koga je pri toj temperaturi pritisak isparavanja 0,63 bar. Kondenzator tog kola predstavlja ujedno i isparivač kola visoke temperature. U kolu visoke temperature je rashladni fluid R22 koji radi sa temperaturom isparavanja od  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  dok je temperatura kondenzacije u kolu niske temperature  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . U ovim instalacijama najveći problem predstavlja vraćanje ulja u kompresor.

## Ulje u rashladnim instalacijama

Prisustvo ulja u rashladnim instalacijama obezbeđuje nesmetan rad kompresora, smanjuje trenje i habanje tarućih površina, hladi delove kompresora i zaptiva zazore. Dobro podmazivanje je uslov za dugotrajan i siguran rad uređaja.

Osnovna fizička svojstva ulja, bitna za jedan uređaj, jesu viskoznost, temperatura stišnjavanja i temperatura paljenja.

Kolika će biti viskoznost ulja zavisi od temperature isparavanja i brzohodnosti kompresora. Sporohodniji kompresori koriste ulje veće viskoznosti, kao što niža temperatura isparavanja zahteva ulje veće viskoznosti. Temperatura paljenja ulja mora biti viša od temperature na potisnoj strani kompresora (iznad 155 °C).

Ulja koja se koriste za rashladne uređaje ne smeju da sadrže mehaničke primese, vlagu, kiseline i alkalije i moraju biti hemijski stabilna u dodiru sa rashladnim fluidom. Ove uslove ispunjavaju samo specijalna ulja za rashladne kompresore i samo se ona smeju koristiti u njima.

Ulja za rashladne kompresore su uglavnom mineralnog porekla. U poslednje vreme se primenjuju i sintetička ulja, naročito u niskotemperaturnim instalacijama sa R22. Ulja životinjskog porekla se ne mogu koristiti u rashladnim uređajima.

### 14.1. Cirkulacija ulja u instalaciji

Treba razlikovati rashladne fluide koji se mešaju sa uljem od onih koji se ne mešaju. I u jednom i u drugom slučaju, deo ulja zajedno sa fluidom odlazi iz kompresora u instalaciju.

Amonijak se ne meša sa uljem. Ulje je teže od amonijaka i odvaja se na dno sudova prvenstveno u odvajaču ulja. Manji deo koji ipak prodre dalje u instalaciju, povremeno se ručno ispušta sa dna sudova (kondenzatora, skupljača, isparivača i dr.).

Freoni se mešaju sa uljima praktično u svim odnosima, te ih nije moguće ispuštati iz instalacije, a da se pri tome ne izgubi znatna količina fluida.

Količina ulja koja cirkuliše kroz instalaciju nekog freonskog uređaja iznosi 10–15% od ukupne težine fluida koji cirkuliše kroz instalaciju. Jedan deo ulja stalno ulazi u cilindar kompresora, odakle sa parom fluida odlazi dalje u instalaciju. Kada kompresor ne radi, naročito duže vreme, pritisak u karteru će se povećati i ulje će se ohladiti. U takvim uslovima, ulje prima veću količinu freona. Kada kompresor počne da radi, pritisak u karteru opadne i nastane naglo odvajanje freona iz ulja uz penušanje, što povećava prisustvo ulja u freonu i može biti uzrok tečnog udara ili potpunog pražnjenja kartera. Istovremeno se znatno smanjuje moguć-

nost podmazivanja i to u momentu kada je, zbog povećanog opterećenja, kompresoru najpotrebnije.

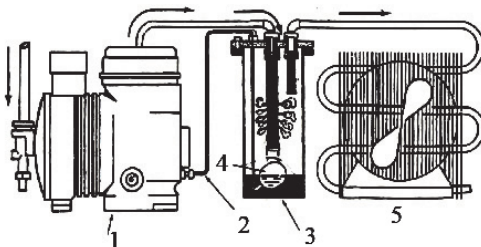
Uzroci povećanog unosa ulja u instalaciju mogu biti i povećani zazor tarućih površina, intenzivno bučkanje ulja u karteru, ili suviše visok pritisak ulja u sistemu za podmazivanje.

U cilju smanjenja količine ulja u instalaciji, primenjuju se razne konstrukcione i eksploatacione mere. Za sprečavanje povlačenja ulja, posle dužeg perioda u kome kompresor ne radi, stavlja se u karter grejač koji, u periodu u kome kompresor ne radi, zagreva ulje za 20 °C do 25 °C. Grejači mogu biti uključeni stalno ili mogu biti regulisani termostatski. Vrlo retko se pomoću automatike ograničava pokretanje kompresora ukoliko pre toga nije bio uključen grejač (npr. min 24 h pre starta). Sledeća mera je postavljanje jednosmernih ventila između usisa i kartera. U tom slučaju ulje može da se vraća iz usisa u karter, ali ne može da ide suprotno. Preporučuje se da se, pri dužem periodu u kome kompresor ne radi, zatvore i usisni i potisni zaustavni ventil da bi se sprečio porast pritiska u karteru.

Čest uzrok nedostatka ulja u kompresoru, a time i uzrok njegovog kvara, jeste višak rashladnog fluida u instalaciji. Ako, na primer, u jednom skupljaču ima 3 litre mešavine ulja i rashladnog fluida, to znači da ulja može biti 0,5 L, pa čak i 2 litre. Dakle, u skupljač tečnosti može dospeti sva količina ulja, a da pri tome uređaj radi. Iz tog razloga je u instalaciji, pri redovnom režimu rada, potrebno da bude ona količina rashladnog fluida, koja je neophodna da do regulacionog ventila dođe tečnost. Kontrola prisustva tečnosti se vrši vidnim staklom, postavljenim na tečnom vodu. U toku rada instalacije nije potrebna velika rezerva fluida u skupljaču. Dovoljno je da cev za tečnost u skupljaču bude zagnjurenjena 2 mm u tečnost. Kod uređaja sa kapilaram smetnje su daleko manje, jer u njima nema skupljača tečnosti, a i količina rashladnog fluida kojim se puni uređaj vrlo precizno se određuje.

## 14.2. Povratak ulja u kompresor

Pored svih preduzetih mera da se spreči odlazak ulja iz kompresora, ipak će jedan deo dospeti u instalaciju, što može prouzrokovati smanjenje nivoa ulja u karteru.



**Slika 14.1. Odvajanje ulja u instalaciji; 1 – kompresor, 2 – cev za povratak ulja, 3 – odvajanje ulja, 4 – ventil sa plovkom, 5 – kondenzator**

Prisustvo ulja u isparivaču je nepoželjno, jer se time smanjuje koeficijent prelaza toplote, tj. efikasnost isparivača, što za posledicu ima sniženje temperatura isparivanja odnosno smanjenje rashladnog učinka uređaja.

Jedno od rešenja za povratak ulja u kompresor je postavljanje odvajanja ulja na potisku kompresora, slika 14.1. U odvajaju se ulje odvajaju od fluida usled smanjenja brzine i višestruke promene pravca kretanja

fluida. Na dnu odvajanja nalazi se ventil sa plovkom koji reguliše protok ulja i vidno staklo preko koga se kontroliše proticanje ulja.



**Tabela 14.1. Vrste ulja u rashladnim instalacijama**

Oznaka fluida	Tip	Ulje	Oblast primene
R12 (CFC) zamenjuje se sa			
R134a	HFC	POE	Domaći frižideri, komercijalni uređaji, klima-sistem za automobile
R401A	HCFC	MO ili AB	Sistemi sa klipnim kompresorima, uređaji za samousluge, rashladni ormani
R409A	HCFC	MO ili AB	
R500 (CFC/HCF) zamenjuje se sa			
R401B	HCFC	MO ili AB	Najbolja zamena za R500 R12 zamrzivači R12 rashladni uređaji u transportnim vozilima
R502 (CFC/HCFC) zamenjuje se sa			
R404A	HFC	POE	Komercijalni uređaji, rashladni uređaji u transportnim vozilima (novi uređaji i zamena)
R507	HFC	POE	
R408A	HCFC	MO ili AB	Postojeći komercijalni uređaji
R402A	HCFC	MO ili AB	
R402B	HCFC	MO ili AB	Ledomati i drugi specijalni uređaji
R22 (HCFC) zamenjuje se sa			
R407C	HFC	POE	Klima-oprema sa klipnim kompresorima, manje klima-jedinice (obavezno konsultovati proizvođače)
R410A	HFC	POE	Klima-jedinice za kućnu i komercijalnu upotrebu i neki veći centrifugalni agregati za hlađenje vode u klimatizaciji i industriji
R13 (CFC), R23 (CFC), R503 (CFC/HFC) zamenjuje se sa			
R508B	HFC	POE	Novi i postojeći centrifugalni agregati (ispod -40 °C) Kaskadni rashladni sistemi
R11 (CFC) zamenjuje se sa			
R123	HCFC	MO	Novi i postojeći centrifugalni agregati za hlađenje vode (obavezno konsultovati proizvođače)
R114 (CFC) zamenjuje se sa			
R124	HCFC	AB	Industrijski rashladni sistemi i klimatizacija

MO – mineralno ulje; AB – alkilbenzen (sintetičko ulje); POE – poliester.

Rastvorljivost parne faze freona u ulju povećava se sa povećanjem pritiska. Na primer, pri pritisku od 6 bar i temperaturi od +40 °C ulje može da rastvori i do 35% freona, a pri pritisku od 1 bar i istoj temperaturi, do 8%. Prilikom vraćanja takve smeše u karter, gde je pritisak 1 bar, iz nje se odvaja 27% freona. To smanjuje učinak kompresora, pošto freon cirkuliše u krug, do odvajača i natrag. Osim tega, vraćeno ulje može izazvati penušanje, a time još veće povlačenje ulja. Otuda postoje dva oprečna stava o pitanju celishodnosti stavljanja odvajača ulja u freonskim instalacijama.

Ipak, odvajač ulja se obavezno stavlja u sledećim slučajevima: kod fluida koji se ne mešaju sa uljem, kod uređaja za nisku temperaturu, kod preplavljenog sistema, kod dugačkog potisnog voda i kod kompresora sa regulacijom kapaciteta. Kod uređaja sa freonima moraju se preduzimati mere da se ulje vrati iz isparivača koje u njega dospe sa rashladnim fluidom. Ako je isparivač iznad kompresora, ulje se vraća slobodnim padom. Ali u tom slučaju postoji opasnost od tečnog udara usled naglog slivanja ulja ili tečnosti pri polasku kompresora. Zbog toga se, ako nisu preduzete druge mere, daje rešenje koje je objašnjeno u delu o cevovodu.

U jednu instalaciju ugrađuju se dva ili više paralelno vezanih kompresora u cilju povećanja rashladnog učinka ili bolje regulacije rada uređaja. Pri tome je vrlo teško postići da iz oba kompresora izlazi i u njih ulazi ista količina ulja. Na slici 10.13 prikazan je način postizanja ravnomernog vraćanja ulja u kompresore i izjednačavanja pritisaka u karterima. Višak ulja iz jednog kompresora prelazi, kroz donji vod, u drugi kompresor. Gornji vod služi za izjednačavanje pritisaka u karterima.

---

## Montaža

Rashladnu instalaciju možemo montirati na dva načina. Prvi način je kada je uređaj u celini proizveden i isproban kod proizvođača (manje jedinice), u kom slučaju se rashladni uređaj stavlja u pogon uz kontrolu i eventualno podešavanje radnih parametara, a drugi slučaj je kada se montaža izvodi kod korisnika, u kojem slučaju se izvodi povezivanje svih elemenata rashladne instalacije u jednu celinu. U ovom, drugom, slučaju pored povezivanja pojedinih komponenata potrebno je izvršiti i određene radnje koje nisu u direktnoj vezi sa rashladnom instalacijom ali su u njenoj funkciji.

Lokacija pojedinih elemenata u odnosu na namenu i raspoloživi prostor uslovljavaju neka izvođačka rešenja koja donosi sam izvođač. Iz tih razloga potrebno je zadovoljiti neke uslove koji će u daljem tekstu biti izloženi.

### 15.1. Mašinska prostorija

Mašinska prostorija je prostor u kome se smeštaju svi ili skoro svi elementi rashladne instalacije, osim isparivača. Najčešće se u ovaj prostor postavljaju kompresorski agregat sa elektrokomandnom tablom i vazдушnim ili vodenim kondenzatorom. Isparivač sa svojom automatikom je u drugom prostoru (rashladna komora, klima-komora, klimatizovan prostor i sl.).

Postavljanje elemenata u mašinsku prostoriju i definisanje njene veličine i položaja u odnosu na druge elemente rashladne instalacije uslovljeno je nizom faktora.

**Položaj** mašinske prostorije treba da je takav da obezbedi najkraći put instalacije do drugih elemenata, da po mogućnosti ima bar jedan spoljni zid sa prozorom, da se u njoj ne nalaze po instalaciju opasne materije, da je dovoljne površine i visine, da je suva i da zadovoljava druge uslove propisane odgovarajućim propisima. Za manje instalacije kao mašinski prostor može se koristiti i magacinski prostori, hodnici kao i otvoreni prostori, ukoliko obezbeđuju prethodne zahteve. Prostorije koje su izložene visokim temperaturama i velikim isparenjima (kuhinje, vešernice, bazeni i sl.) nisu pogodne za smeštaj rashladnih agregata.

**Ventilacija** mašinskih prostorija je neophodna i ona se izvodi prirodnim ili veštačkim putem.

Za mašinske prostorije u podrumima, suteranima i brodovima, neophodna je veštačka ventilacija. Količina vazduha neophodna za ventilaciju je u funkciji sigurnosti (SRBS M.E7.104) ili disipacije toplote od, najčešće, kompresora i kondenzatora.

**Ventilacija mašinske prostorije.** Postavljanje ventilacionih otvora je u funkciji zahteva. Ukoliko se ventilacija postavlja iz sigurnosnih razloga, zbog eventualnog isticanja rashladnog fluida iz instalacije, onda se odsisavanje vazduha iz prostorija vrši za freone odozdo, a za amonijak odozgo.

Iz sigurnosnih razloga, prirodna ventilacija može da zadovolji minimum zahteva ukoliko potrebna površina otvora na prostoriji (vrata i prozori) iznosi:

$$A = 0,14\sqrt{m}$$

gde je  $A$  slobodna površina otvora (vrata i prozori) ( $m^2$ ), a  $m$  masa punjenja najvećeg kružnog toka rashladnog fluida koji se nalazi u mašinskoj prostoriji (kg).

Ukoliko se ne može obezbediti prirodna ventilacija, ventilacija mora biti prinudna a protok vazduha treba da iznosi:

$$V = 50 \sqrt[3]{m^2}$$

gde je  $V$  protok vazduha ( $m^3/h$ ).

Međutim, ukoliko se ventilacija vrši zbog povećane disipacije toplote od elemenata, onda se ubacivanje vrši u zoni elemenata gde je izvor toplote a odsisavanje pod plafonom prostorije. Protok vazduha za ventilaciju se tada određuje prema dobijenoj većoj vrednosti protoka vazduha (ventilacija po zahtevu sigurnosti i ventilacija po zahtevu odavanja toplote). Da bi se ventilacija obavila u punoj vrednosti, potrebno je obezbediti dovod vazduha u prostoriju u količini ventiliranog vazduha. Odvod se najčešće vrši aksijalnim ventilatorom, a dovod preko spoljne žaluzine (za slučaj postojanja spoljnog zida).

**Kompresor ili kompresorski agregat** se postavlja tako da je obezbeđen prilaz sa svih strana i omogućena zamena svih delova bez nepotrebne demontaže susednih elemenata.

Kompresori manjih snaga (klipni kompresori), samostalni ili u sklopu agregata, vezuju se ankerima direktno za betonski pod preko svojih nosača. Ako se radi o kompresorima većih snaga, potrebno je obezbediti temelj (fundament) koji se izvodi kao betonski blok.

Prenošenje vibracija na podlogu bez temelja zadovoljavajuće se sprečava pomoću prigušnih elemenata ispod postolja agregata. Kada su manji zahtevi, upotrebljava se suvo, protiv vlage impregnirano, drvo. Dozvoljeno opterećenje od 85 do 120  $kg/cm^2$  u pravcu vlakana i 20 do 30  $kg/cm^2$  normalno na vlakna. Drvo treba zaštititi od oštećenja. Metalni ram na koji se postavlja agregat, mora da je dovoljno jak i krut. Ram mora da leži najmanje u tri tačke. Bolje su podloge od gumenih amortizera. Debljina gume je 30 do 50 mm uz dozvoljeno opterećenje do 12  $kg/cm^2$ . Gumeni amortizer se vulkanizira između dve metalne ploče. Temperatura okoline je od 15 °C do 60 °C. Nije preporučljivo da se gumeni amortizeri vezuju vijcima.

Za male agregate mogu se koristiti opruge na pritisak, a za hermetičke kompresore, opruge na istezanje.

Temelji od betona se prave od mešavine jednog dela cementa i dva dela peska i tri dela šljunka, nosivosti 300  $kg/cm^2$ . Za nosivost terena iznad 1  $kg/cm^2$ , temelji treba da su 30 cm dublji od temelja zidova zgrade. Na slabom terenu teme-

lji se postavljaju na 50 do 60 cm debelu armiranobetonsku ploču. Pri betoniranju, temperatura okoline ne sme da bude niža od  $-3^{\circ}\text{C}$ . Montaža agregata može se vršiti tek nakon 48 h po postavljanju.

Visina temelja pre montaže treba da je 4 cm do 5 cm niža od projektovane. Posle niveliranja agregata ispod ivice popuniti mešavinu cementa i peska 1:1. Visina temelja do stajališta agregata treba da je od 20 cm do 50 cm.

Ako su agregati u zgradama, temelje treba izolovati sa donje strane pomoću ploča od plute debljine najmanje 2 cm do 3 cm ili sličnim materijalom. Sa strane između temelja i poda, može se ispuniti sitnim peskom. Temelji ne smeju biti povezani sa vertikalnim zidovima zgrade.

Kiselina, ulja, sulfati, aluminijumova jedinjenja, šećer i so, oštećuju temelje. Od ovih materija temelji se štite posebnim premazima.

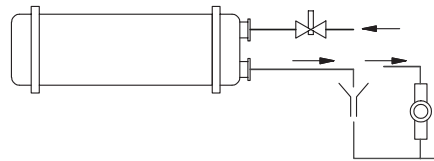
Za veće i složenije mašine temelji se posebno proračunavaju u zavisnosti od težine, snage elektromotora i broja obrtaja.

Svi kompresori i agregati treba da su u horizontalnom položaju na postoljima čvrsto vezani, pristupačni za montažu i demontažu, kao i zamenu pojedinih delova. Ako se montiraju na brodu, kompresor i elektromotor se montiraju sa osovina ma u pravcu ose broda. Skupljači tečnog rashladnog fluida se postavljaju niže od kondenzatora.

**Vodom hlađeni agregati** moraju se obezbediti čišćenjem i izmenom kondenzatorskih cevi (dobošasti kondenzator), ili zamenom celog kondenzatora. Napajanje vodom kondenzatora treba izvesti tako da, i kada instalacija ne radi, sve cevi budu uvek potopljene vodom da ne bi došlo do korozije. Zbog toga, izlaz vode iz kondenzatora treba da je sa gornje strane kondenzatora, a ulaz sa gore savijenim priključkom. Predvideti odzračivanje kondenzatora ventilom ili petljom za odzračivanje. Ukoliko u mašinskoj sali postoji mogućnost pojave temperature vazduha ispod  $0^{\circ}\text{C}$ , mora se obezbediti zaštita od smrzavanja vode. U najnižoj tački cevovoda za napajanje vodom predvideti mogućnost pražnjenja vode.

Da bi se cirkulacija vode kontrolisala kroz kondenzator, potrebno je da voda ističe slobodno u levak, ili da cev na izlazu ima vidno, pokazno, staklo preko koga se može kontrolisati postojanje protoka vode (slika 15.1).

U instalacije koje nemaju automatski ventil za regulaciju protoka vode, potrebno je postaviti prigušni ventil ili slavinu za regulisanje protoka vode. U cilju izbegavanja prenošenja hidrauličnog udara na mrežu, potrebno je ugraditi elastičnu vezu sa automatskim ventilom. Ispred automatskog ventila poželjno je ugraditi filter. Na ulazu i izlazu iz kondenzatora postavljaju se zaustavni ventili.



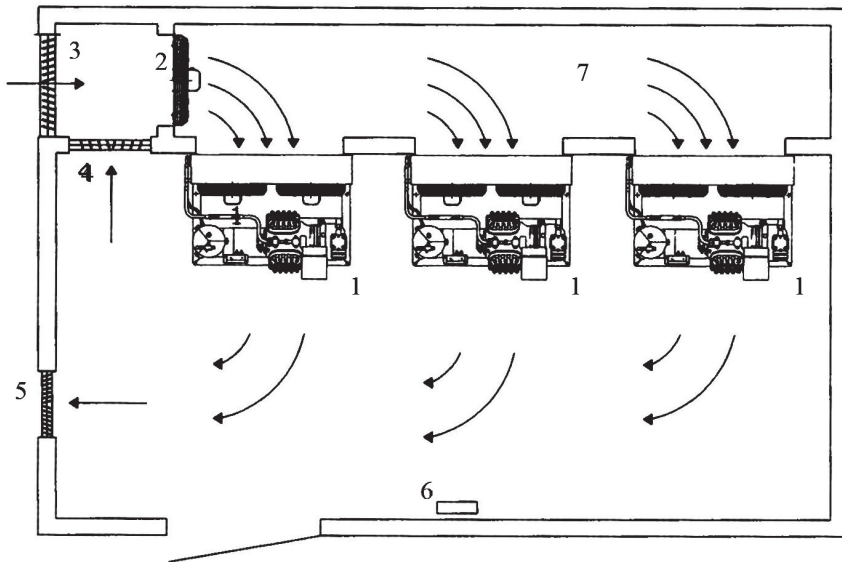
**Slika 15.1. Montaža kondenzatora hlađenog vodom**

Za **vazduhom hlađene kondenzatore** mora se obezbediti njihovo udaljenje od zida minimum polovinu prečnika ventilatora (za vertikalna rešenja), ali ne ma-

nje od 200 mm. Ispred i iza kondenzatora mora se obezbediti slobodan prostor za proticanje vazduha. Kondenzator može biti i izdvojen od kompresora, ali se i za njega mora postaviti postolja. Ukoliko se kondenzator postavlja izdvojeno i van mašinske prostorije, njegova lokacija mora biti van direktnog sunčevog zračenja, zaklonjena od udara vetra i zaštićena od kiše i snega. Posebno se vodi računa o zaštiti elektromotora i elektroinstalacije uopšte.

Preporučljivo je da ventilator usisava vazduh preko razmenjivačke površine kondenzatora. To je posebno važno kada je kondenzator u sklopu agregata, pa se ovakvim postavljanjem obezbeđuje i hlađenje kompresora. Nije preporučljivo da se vazduh za hlađenje kondenzatora izuzima iz prostora više temperature od temperature okolnog vazduha, osim ako se radi o zimskim uslovima.

Na slici 15.2 prikazano je jedno rešenje za postavljanje većeg broja manjih agregata sa vazduhom hlađenim kondenzatorima. Dodatni ventilator 2 obezbeđuje ravnomerni dotok vazduha do svakog agregata, a preko žaluzine 4 obezbeđuje se mešanje spoljnog i unutrašnjeg vazduha da bi se dobila ujednačena projektna temperatura u toku cele godine. Na taj način se izbegavaju velike oscilacije u temperaturi kondenzacije.



**Slika 15.2. Ventilacija mašinske prostorije sa više kompresorskih agregata; 1 – vazduhom hlađeni agregat, 2 – centralni ventilator, 3 – usna žaluzina sa filterom, 4 – žaluzina za mešanje, 5 – izduvna žaluzina, 6 – termostat**

## 15.2. Cevni vodovi

Postavljanje cevovoda vršiti na način koji je u prethodnim poglavljima opisan, ali voditi računa posebno o sledećem:

- Izbegavati da se potisne cevi vode kroz tople prostorije, pored izvora toplote i da se direktno izlažu sunčevom zračenju.

- Sušače postaviti na cevovode koji se nalaze u zatvorenim prostorijama na temperaturama iznad 0 °C.

- Priključke sa glavnim usisnim vodovima treba izvesti besprekorno da bi padovi pritiska na svakom od njih bili jednaki.

- Ekspanzioni ventil treba postaviti što bliže isparivaču.

- Usisne cevi postaviti tako da se iz isparivača ulje može vratiti u kompresor. Ako je isparivač iznad kompresora, usisna cev treba polako da pada prema kompresoru. Ukoliko je isparivač ispod kompresora, nakon isparivača treba postaviti „U“ petlju sa minimalnom dubinom od 120 mm. Pored toga, treba obezbediti dovoljno velike brzine fluida da bi se osiguralo povlačenje ulja.

- U slučaju dugačkih cevi, treba računati na dilataciju cevi zbog promene temperatura od radnog do neradnog stanja. Dilatacija se najčešće izvodi petljama, lirama i promenom pravca cevi. Ređe se koriste kompenzatori.

- Za veće instalacije treba predvideti odgovarajući broj zaustavnih ventila da bi se, u slučaju kvara, izbeglo ispuštanje fluida iz instalacije. Za manje instalacije cena izgubljenog gasa ne opravdava veću cenu ugrađenih ventila.

- Izbegavati parne džepove u tečnim vodovima.

- Cevovode voditi tako da se obezbedi povratak ulja u kompresor (videti poglavlje o cevovodima).

- Pre montaže cevi obavezno očistiti pogodnim sredstvom i proveriti unutrašnju površinu. Sve cevi koje se trenutno ne koriste, moraju biti sa obe strane zatvorene kako se ne bi dodatno zaprljale. Ukoliko postoji mogućnost, naručivati samo cevi za rashladnu tehniku, koje su nauljene prilagođenim uljima i koje su posebno ispitane probnim pritiscima po standardu (SRBS M.E7.105).

- Bušenje cevi treba izvoditi tako da se obezbedi odstranjivanje opiljaka.

- Najmanja krivina cevovoda je 2,5 prečnika cevi. Treba težiti što većim radiusima zbog smanjenih gubitaka. Krivina se izvodi specijalnim alatima do oko 25 mm; preko toga preporučljivo je koristiti fabrički izrađena kolena.

- Ako su cevovodi bakarni, treba ih raditi od polutvrđih i tvrdih cevi. Za veće dužine izbegavati meke cevi.

- Pri izvođenju zavarenih spojeva treba obezbediti proticanje azota u manjim količinama kroz cev kako ne bi došlo do pojave korozije unutar cevi.

- Prirubnice posle prvih časova rada uređaja zategnuti. Zaptivače pre upotrebe treba staviti nekoliko sati u ulje (ne u masti). Oštećeni zaptivači nisu za upotrebu. Za podmazivanje vijaka koristiti mešavinu ulja i grafita.

- Velike ventile ne montirati sa vretenom na dole, da zbog taloženja prljavštine ne bi oslabilo zaptivanje pri potpunom otvaranju.

- Kada cevi prodiru kroz zid, treba izbegavati dodirivanje cevi i zida. U zavisnosti od vrste cevi obezbediti izolaciju i zbog korozije i zbog oštećenja zida.

- Pri prodoru kroz vodonepropusne pregrade predviđa se postavljanje prirubnice zavarene za pregradu i cev.

- Cevne spojeve (nezavarene), armaturu i ventile ne izolovati. Ukoliko postoji mogućnost stvaranja kondenzata predvideti njegovo odvođenje.

– Spojeve rešavati zavarivanjem (čelik), ili letovanjem (bakar). Izbegavati pri-rubnice i navojne spojeve. Ukoliko su potrebni, treba da su pristupačni zbog po-vremenih kontrola.

– Ukoliko se cevovod nalazi u prostoru gde je eventualno izložen udarima i oštećenjima, treba ga posebno zaštititi.

– Cevi koje su izložene vibracijama treba obezbediti. Na bakarnim cevima vremenom se javljaju pukotine. Vibracije u uzdužnom pravcu treba izbegavati. Op-terecenja mogu biti na uvijanje ili savijanje. Na mestima gde utvrdimo najmanje vi-bracije (utvrđuje se postavljanjem prsta), postaviti oslonac. Tako postavljen oslon-ac može eliminisati vibracije.

– Cevovod se na pojedinim mestima mora oslanjati na slobodne i fiksne oslonce da bi se izbegli uticaji težina cevi, ventila, njihovih sadržaja i vibracija.

– Hladne izolovane cevi treba da su obuhvaćene osloncima preko izolacije. Za teške cevi između izolacije i cevi postaviti tvrde izolacione materijale.

– Čelične cevi za freonske sisteme od običnog su ugljeničnog čelika sa cca 0,15% ugljenika i čvrstoćom 3,5–4,0 Mpa.

– Za letovanje bakar–bakar i bakar–mesing, koriste se lako topljivi tvrdi lotovi, na primer fosforni bakar (94% Cu, 6% P – topljenje do 850 °C) ili srebrni fosforni lot (80% Cu, 15% Ag, 6% P – topljenje 645–750 °C).

– Za spojeve mesing–čelik i bakar–čelik upotrebljava se materijal sa višom temperaturom topljenja, na primer bronza (60% Cu, 39,7% Zn, 0,3% Si – toplje-nje 885–900 °C).

– Za izuzetno niske temperature koristi se srebrni lot (15% Cu, 16% Zn, 50% Ag, 19% Cd – topljenje 620–630 °C).

**Tabela 16.1. Fabričke oznake elektroda za varenje**

lot	Cu	Ag	Zn	Sn	P	Tačka topljenja (°C)
CP203	Ostatak	–	–	–	5,9÷6,5	710÷890
CP105	Ostatak	1,5÷2,5	–	–	5,9÷6,7	645÷825
AG106	35÷37	33÷35	Ostatak	2,5÷3,5	–	630÷730
AG104	26÷28	44÷46	Ostatak	2,5÷3,5	–	640÷680
AG203	29÷31	43÷45	Ostatak	–	–	675÷735

– Pogodno topilo za letovanje je obično boraks ili borna kiselina. Može se upotrebiti i lako topljivi fosforni bakar.

– Pri letovanju treba da je lot uvučen u spoj pomoću kapilarnih sila. Da bi se to postiglo, potreban je određeni zazor i to oko 0,1 mm za mekane lotove (fosfor-ni bakar i srebrni lot) i 0,2 mm za mesingane lotove.

– Pri zavarivanju ili letovanju u neposrednoj blizini regulacionih organa ili ventila potrebno je demontirati delove koji bi se zbog toplote oštetili. Voditi raču-na da savremena oprema sve više koristi plastiku i mešavinu metala i plastike, koji ne izdržavaju visoke temperature. Obavezno konsultovati uputstvo za montažu proizvođača ovakve opreme.



– Za spojeve sa navojem gde se koristi pertlovana bakarna cev, pre postavljanja spojnih elemenata potrebno je polutvrdu ili tvrdnu bakarnu cev odžariti. Pertlovanje se vrši odsecanjem cevi normalno na osu specijalnim nožem, a zatim pertlovanjem specijalnim alatom na dužini 2/3 konusa. Spojni elementi treba da odgovaraju nameni za rashladnu tehniku.

### 15.3. Isparivači

Proračun i izbor isparivača je samo jedan korak ka njegovoj pravilnoj funkciji. Pravilna montaža isparivača je konačna aktivnost koja utiče na kvalitet hlađenja.

Isparivači za hlađenje vazduha za potrebe prehrambenih proizvoda stavljaju se na mesta dotoka svežeg vazduha (vrata), ili lokacije svežih proizvoda. Takav način omogućava zaštitu već hlađenih proizvoda i sprečava deponovanje vlage na proizvodima. Pored toga, lokacija zavisi i od načina odvođenja kondenzata od otapanja. Lokacija isparivača se pažljivo bira već u fazi projektovanja.

Isparivač mora biti postavljen horizontalno, vodeći računa o kvalitetnom odvodu vode od otapanja. Prostor ispred i iza isparivača mora da bude dovoljan zbog cirkulacije vazduha. Usisna cev koja napušta isparivač mora biti izolovana bez obzira što se nalazi u hlađenom prostoru.

Odvodna cev kondenzata mora da ima pad prema prihvatnom mestu. Ukoliko je hlađeni prostor sa temperaturom višom od 0 °C, u njega se postavlja sifon sa vodenim čepom kako bi se izbegli prodor toplog vazduha i mirisi iz kanalizacije. Ako je hlađeni prostor sa temperaturom nižom od 0 °C, sifon se postavlja van hlađenog prostora, a cev do napuštanja hlađenog prostora greje.

Isparivače sa mirnom cirkulacijom vazduha treba postaviti tako da se uzgon toplog vazduha vrši sa strane toplog zida. Zbog malih uzgonskih sila, protok vazduha kroz isparivač mora da bude nesmetan. Zato se isparivači sa mirnom cirkulacijom rade sa velikim razmakom lamela i bez usmerivača.

Montaža isparivača vrši se prema priloženim skicama u delu o isparivačima, gde su date vrednosti samo orijentacione.

### 15.4. Automatika

Osnovni elementi automatike u rashladnim sistemima odnose se na održavanje optimalnih uslova rada sistema i zaštitu sistema od neželjenih efekata. Pored ovih funkcija, automatika reguliše i druge funkcije, ali one su sekundarnog značaja i njihove uslove montaže, održavanja i nadzora propisuje isporučilac.

**Prigušni organ** u rashladnom sistemu ima posebnu i vrlo značajnu funkciju i neretko može da bude izvor nekvalitetnog rada sistema.

Termostatski ekspanzioni ventil je prigušni organ, koji je nezamenljiv u najvećem broju sistema preko 1000 W rashladnog učinka. Da bi njegov rad bio pouzdan i jednostavan za održavanje, potrebno je:

– Odrediti pristupačnu lokaciju ventila, zaštićenu od mogućih oštećenja. Ukoliko je ventil predviđen za hlađenje tečnosti, ne sme se dozvoliti da bude uronjen u nju. Ventil ne sme da se nalazi u hladnoj vazdušnoj struji isparivača; on treba da bude u sklopu isparivača.

– Rastojanje od ventila do ulaza u isparivač mora biti što kraće, osim ako se ne zahteva postavljanje ventila van hladnog prostora (brodske hlanjače) u kom slučaju vod od ventila do isparivača treba dobro izolovati.

– Ukoliko je ventil pravilno izabran, nije potrebno nikakvo posebno podešavanje pregrevanja. Ukoliko se to radi, posle intervencije obavezno vratiti zaštitnu kapu na njeno mesto.

– Za najveći broj ventila, korekcija pregrevanja se vrši okretanjem regulacionog vijka na desno (u pravcu skazaljke na satu) za višu temperaturu, a za nižu obratno.

– Ukoliko se ventil za cevovod povezuje letovanjem, pre letovanja obavezno skinuti filter i diznu, a ventil zaštititi mokrom krpom.

– Za teže ventile predvideti njihovo nošenje posebnim konzolama.

– Pipak, završetak kapilare ventila, povezati sa izlaznom cevi strogo prema preporuci proizvođača, koja se isporučuje uz ventil. Uobičajeno je da se položaj pipka definiše prema prečniku cevi odnosno onako kako se vidi na slici 11.5. Ako se kod većih prečnika cevi senzor stavlja u poseban zatvoreni džep, pre postavljanja pipka, džep napuniti vazelinom da ne bi došlo do smrzavanja vlage u džepu.

– Ako se pipak ipak mora postaviti na vertikalnu cev, pravac strujanja pare rashladnog fluida mora da bude odozgo nadole, s tim što je završetak pipka okrenut nadole (slika 11.5).

– U vreme prestanka rada isparivača, pipak se ne sme zagrejati na temperaturu višu od temperature isparivača, odnosno više od podešenog pregrevanja na ventilu (maksimalno 7 °C). Za slučaj da to nije moguće, ispred ventila ugraditi magnetni ventil ili pristupiti izolaciji pipka.

– Dužina usisne cevi posle pipka treba da je minimum 1 m u hladnom prostoru, prostoru isparivača. Umesto te cevi moguće je ugraditi naknadni isparivač ili razmenjivač toplote za pothlađivanje tečnosti, ali najmanje 250 mm od pipka.

– Pipak ne bi trebalo da je montiran u blizini velikih masa (prirubnice, danca, navojnih spojnika), da ne bi akumulacija toplote u tim elementima smanjila osetljivost senzora. Minimalno rastojanje od tih delova treba da bude 150 mm.

– Ako je pipak smešten van hladnog prostora ili hladene tečnosti, ili je na udaru toplog fluida koji dolazi u isparivač, treba ga dobro izolovati.

– Kapilara ventila treba da je slobodna u prostoru, da ne dodiruje cev i ne treba da prolazi kroz hladniju sredinu.

– Pri hlađenju tečnosti u zatvorenoj posudi, pipak mora biti dobro izolovan da ne bi topli vazduh dao lažnu informaciju za otvaranje ventila.

– Pri hlađenju tečnosti u otvorenoj posudi pipak sme da bude u tečnosti koja ne smrzava, ali van povratne (tople) struje tečnosti.

– Na termostatskom ekspanzionom ventilu sa izjednačenjem, cev za izjednačenje 6 × 1 mm, vezuje se iza senzora na gornjoj strani vodoravne usisne cevi (slika 11.5).

– Termostatski ventil sa izjednačenjem može da radi samo ako se poveže izjednačenje.

– Pomeranjem položaja pipka može se vršiti korekcija učinka isparivača.

– Zamenom dizne na ventilu može se menjati nazivni rashladni učinak ventila, ali se ne može menjati fluid.

U zavisnosti od veličine isparivača i dužine jednog toka u isparivaču, postavlja se razdelnik tečnosti. Za njega važe takođe određeni uslovi pri montaži.

- Razdelnik se postavlja u okviru termostatskog ventila sa izjednačanjem pritiska.

- Razdelnik se postavlja direktno na termostatski ekspanzioni ventil ili na cev neposredno iza ventila. Prečnik cevi između ventila i razdelnika treba da bude isti kao prečnika na ventilu. Cev treba da je što kraća, ali ne duža od 1,5 m.

- Položaj razdelnika treba da je sa izlaznim cevčicama nadole ili nagore.

- Samo Venturijev razdelnik može da se postavi u bilo koji položaj.

- Dužine cevčica koje izlaze iz razdelnika treba da su od 0,3 m do 1 m, izuzetno do 1,5 m i sve jednake dužine.

- Odvodne cevi treba tvrdo letovati za razdelnik. Za vreme letovanja razdelnika u sklopu ventila, delove podložne deformacijama sa ventila treba ukloniti.

Kapilara kao prigušni organ koristi se za manje instalacije. U eksploataciji, problemi nastaju kao posledica neadekvatne montaže, zbog čega treba voditi računa o obezbeđenju slobodnog prolaza rashladnog fluida kroz cev i visoku čistoću ugrađene kapilare ili drugih elemenata. Zbog toga treba:

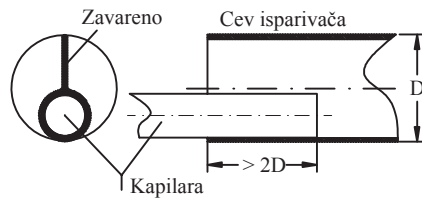
- Prilikom letovanja kapilarne cevi za cevi instalacije, koristiti specijalni alat za sečenje kapilare.

- Prilikom zavarivanja koristiti azot u cilju eliminisanja oksidacije cevi.

- Prilikom varenja kapilarnu cev uvući u cev isparivača za 20 mm do 50 mm i zatim spljoštiti cev isparivača do cevi kapilare, posle čega treba izvršiti varenje (slika 15.3).

- Za povezivanje kapilare sa sušačem gasa koristiti sušače sa već pripremljenim otvorom za kapilare.

- Kapilaru postavljati duž usisne cevi a višak u dužini kapilare namotati u krugove prečnika 5 do 10 cm.



**Slika 15.3. Montaža kapilarne cevi u cev većeg prečnika**

**Termostati** su važni elementi automatike za kontrolu zahtevane temperature. Koriste se kako za pokretanje rada sistema, tako i za prestanak hlađenja. Zbog direktne povezanosti sa napajanjem kompresora elektroenergijom ili napajanjem komandnog kruga za pobudu, pažnju treba usmeriti ne samo na pouzdanost u radu sistema, već i na sigurnost rukovaoca.

- Uzemljenje termostata je obavezno.

- Kod isparivačkog termostata, kapilara termostata ne sme da dodiruje cevi isparivača.

- Lokacijom pipka isparivačkog termostata na isparivaču možemo uticati i na efikasnost isparivača. Pipak se obično postavlja približno na 1/3 dužine cevne zmiđe isparivača i nikako u neposrednoj blizini usisa kompresora.

- Samo kućište termostata treba da je zaštićeno od uticaja direktne hladne struje vazduha.

- Termostat za tečnost ne sme dodirivati isparivačku cev i mora biti čvrsto fiksirano za nepomerljivu podlogu.

– Ako je prostorni termostat punjen gasom, sam termostat se smešta van hladnog prostora tako da temperatura kućišta termostata bude viša najmanje za 2 °C do 3 °C od temperature pipka.

– Pipak prostornog termostata smestiti oko 50 mm od zida specijalnim držačima.

– Lokacija pipka prostornog termostata ne sme da se nalazi u mrtvom prostoru, već najbolje u povratnoj struji prema isparivaču.

– Kapilara ne sme da prolazi kroz hladniji prostor od prostora u kome se nalazi pipak. Prolaz kapilare kroz čvrste pregrade treba obzbediti krutom cevi minimalnog preseka pipka.

– Prostorni termostat sa ugrađenom, fiksnom kapilarom ugrađuje se u hladni prostor u zoni povratne struje prema isparivaču.

**Magnetni ventili** se koriste najčešće kao zaporni organi, a manje kao regulacioni. U toku montaže postavljaju se sledeći zahtevi:

– Proveriti da li magnetni ventil koji se ugrađuje odgovara nameni (rashladni fluid, agregatno stanje, kapacitet, nazivni napon i sl.).

– Ventil se montira tako da elektromagnet bude u uspravnom položaju sa protokom u pravcu strelice.

– Ventil ne sme da bude izložen direktnom uticaju vode ili kondenzata.

– Ukoliko je ventil postavljen ispred termostatskog ekspanzionog ventila, treba da bude na dovoljnom udaljenju od njega da ne bi došlo do zaleđivanja (min 300 mm).

– Ukoliko dođe do lošeg zatvaranja ventila, uzrok treba tražiti u prljavštini koja se deponovala na sedištu ventila, zbog čega treba skinuti gornji deo i odstraniti uzrok.

– Elektropriključak na ventilu može se okrenuti u bilo kom pravcu.

– Ukoliko se ventil za instalaciju vezuje letovanjem, pre letovanja ventil treba rastaviti tako da jedino kućište bude izloženo povišenoj temperaturi.

Montaža **presostata visokog i niskog** pritiska vrši se na identičan način i sastoji se u sledećem:

– Presostat se može montirati i na agregat i van njega, najčešće u sklopu komandne table.

– Ako se presostat montira na kompresorski agregat ili neki drugi element koji izaziva vibracije, njegova podloga mora biti od lakog lima koji ublažava vibracije.

– Veza između presostata i kompresora izvodi se bakarnom cevi  $\varnothing 6 \times 4$  mm (freonske instalacije), ili čeličnom cevi istog preseka (amonijačne instalacije) i to dovoljne dužine da se napravi petlja u cilju prekida vibracija (minimum 800 mm).

– Za priključak presostata na kompresoru koristiti za to poseban priključak tamo gde ga ima i izbegavati korišćenje priključaka na glavnim kompresorskim ventilima koji služe za trajno ili povremeno postavljanje manometara odnosno za dopunjavanje sistema rashladnim fluidom.

## 15.5. Rashladni agregati<sup>\*)</sup>

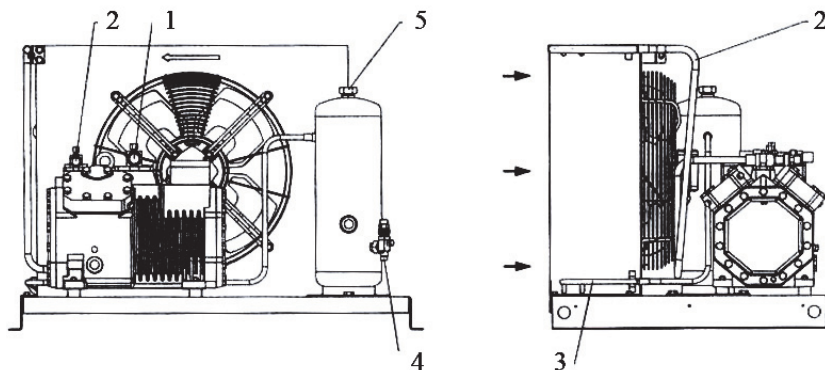
Radi jednostavnije montaže i rukovanja rashladnom instalacijom, pojedini elementi instalacije povezuju se u jednu konstrukcionu celinu na zajedničkom postolju.

**Kompresorski agregati** sastoje se iz kompresora i elektromotora i njihove armature (manometri, presostati i dr.), montiranih na zajedničkom postolju.

**Kondenzatorski agregati** sastoje se iz kompresora, elektromotora i kondenzatora, a neki sadrže i skupljač tečnosti, presostat, filter ili neki drugi element.

Kondenzatorski agregati sa vazдушnim hlađenjem kondenzatora proizvode se u fabričkim uslovima, što im daje veću sigurnost u eksploataciji. Takvi agregati podležu mnogo obimnijem ispitivanju kod proizvođača, pa su greške u eksploataciji svedene na najmanju meru. Veći deo proizvođača daje karakteristike takvih sistema koje obuhvataju sve ugrađene elemente kao jedinstvenu celinu (slika 15.4). Strujanje vazduha je gotovo isključivo od kondenzatora ka kompresoru, čime se postiže bolje iskorišćavanje površine kondenzatora i bolje hlađenje kompresora.

Kondenzatorski agregati sa vodenim hlađenjem (slika 15.5), rade se obično za veće rashladne učinke. Kod komercijalnih rashladnih uređaja, sve se više potiskuju agregatima sa vazдушnim hlađenjem, zbog jednostavnije montaže, opsluživanja i nižih eksploatacionih troškova. Međutim, u prostorijama gde je otežano vazdušno hlađenje, još uvek se moraju koristiti kondenzatori hlađeni vodom.

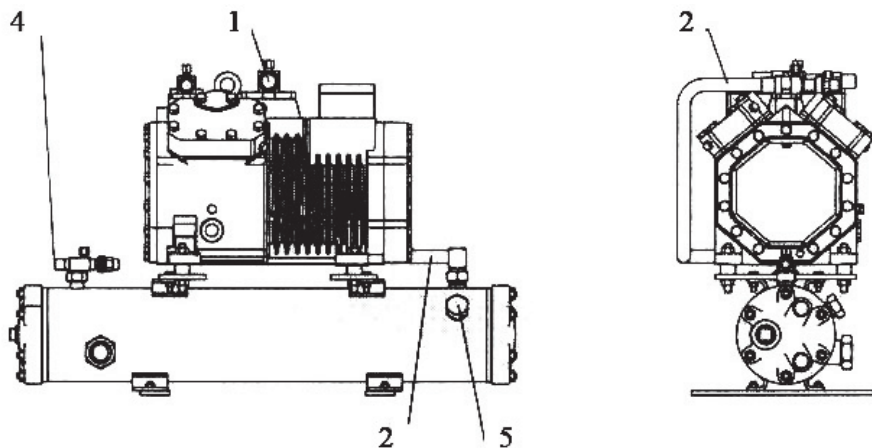


**Slika 15.4. Vazduhom hlađeni kompresorski agregat; 1 – usis iz isparivača, 2 – potis iz kondenzator, 3 – tečni vod, 4 – odvod tečnosti iz skupljača rashladnog fluida, 5 – ventil sigurnosti**

**Agregati za hlađenje vode** i drugih tečnosti su zahvaljujući novokonstruisanim i veoma efikasnim kompresorima i razmenjivačima toplote i savremenom sistemu automatskog upravljanja i zaštite, veoma kompaktni automatizovani uređaji, fabrički montirani, podešeni i ispitani. Standardni agregati najviše se rade za po-

<sup>\*)</sup> Odnose se pretežno na freonske agregate.

trebe klimatizacije sa standardnim temperaturama vode za hlađenje 7/12 °C. Kao kondenzatori koriste se vazdušni ili vodom hlađeni kondenzatori.



**Slika 15.5. Vodom hlađeni kompresorski agregat (oznake kao na slici 15.4)**

**Toplotne pumpe** se koriste za potrebe grejanja, ali se rade i sa dvostrukom funkcijom, grejanja i hlađenja. Kao agregati rade se od najmanjih veličina za potrebe grejanja ili hlađenja jedne prostorije, pa do velikih agregata koji opslužuju cele objekte.

Pored opisanih agregata u rashladnoj tehnici se koriste još i drugi rashladni agregati, npr. rashladni agregati za transportna sredstva, agregati za proizvodnju leda, brodski agregati i sl.

## Puštanje u rad

Po završenoj montaži pristupa se puštanju instalacije u probni rad. U toku eksploatacije biće potrebe za manjim ili većim intervencijama, kada je nužno pražnjenje cele instalacije ili jednog njenog dela. Nezavisno od toga da li je instalacija nova ili je na njoj već bila neka intervencija, potrebno je izvršiti određene radnje da bi se obezbedio siguran i kvalitetan rad instalacije. Zbog toga ćemo opisati nekoliko postupaka koje je neophodno primeniti prilikom prvog puštanja u rad nove ili remontovane instalacije. Ako rukovalac instalacije proceni da neka od ovih operacija posle izvršenog remonta nije potrebna, može je izostaviti.

Preporučeni redosled operacija pri puštanju instalacije u rad je sledeći:

- čišćenje,
- priprema za puštanje u rad,
- ispitivanje na pritisak,
- vakuumiranje,
- provera zaptivenosti,
- punjenje rashladnim fluidom i
- puštanje instalacije u pogon.

### 16.1. Čišćenje instalacije

Mera zaprljanosti može se definisati kao odnos količine uljnih, masnih ili čvrstih čestica u odnosu na jediničnu unutrašnju površine. U instalaciji je dozvoljena nečistoća od 100 mg/m<sup>2</sup> unutrašnje površine, od toga se 40% odnosi na rastvorljive i 60% na nerastvorljive materije.

Instalacija se čisti tako što se, po potrebi, kroz deo ili celu instalaciju propušta odgovarajući rastvarač, koji se na kraju filtrira i isparava. Meranjem nečistoća zao stalih u filteru, pre i posle isparavanja, utvrđuje se težina čvrstih i rastvorljivih nečistoća.

Rastvarač za ispitivanje prisustva aluminijuma u istaloženoj nečistoći je perhloretilen, a za ostale metale smeša trihloretilena i metanola u odnosu 1:1.

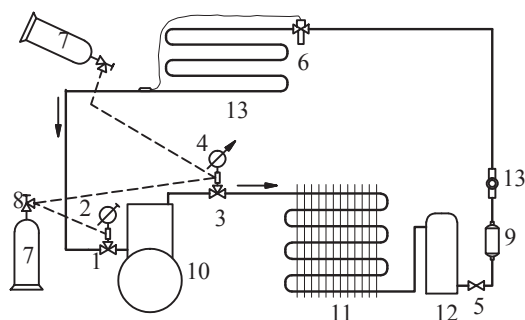
Čišćenje instalacije je ograničeno na cevi, limove i jednostavne sudove, pošto bi zadržavanje dela sredstva za čišćenje u instalaciji bilo veoma opasno. U toku montaže, u instalaciju ne sme da proдре bilo kakva nečistoća. Sredstvo za tvrdo lemljenje treba da ima nisku tačku topljenja (oko 700 °C), kao npr. srebrni lem. Mesingani lem nije dobar jer ima visoku temperaturu topljenja, pri kojoj se u cevima stvara mnogo oksida.

Čišćenje se vrši mehanički (peskiranje čeličnom četkom i ispiranje) i hemijski. Hemijsko čišćenje se sastoji od odmašćivanja, ispiranja toplom vodom (50 °C do 60 °C), nagrizanja kiselinom, završnog ispiranja toplom vodom, vakuumiranja i punjenja azotom (ili nekim drugim zaštitnim gasom). Kako pojedini elementi (kompresor, kondenzator, isparivač, automatika i dr.) najčešće dolaze od proizvođača očišćeni i napunjeni inertnim gasom, to se čišćenje instalacije manje ili više odnosi na cevovode, armaturu i posude.

## 16.2. Priprema instalacije za puštanje u rad

Posle završene montaže i čišćenja rashladne instalacije, monter je obavezan da iz bezbednosnih razloga uradi sledeće:

1. proveriti da li su svi prklučci i spojke dobro pritegnuti, ispita da li su dobro pritegnuti zaptivači vretena ventila i da li se vretena ventila lako okreću;
2. odstraniti alat, neutrošeni materijal i ambalažu od pokretnih delova agregata (kompresora, ventilatora);
3. proveriti da li ima dovoljno ulja u kompresoru i u drugim pokretnim delovima instalacije;
4. podesi bimetale i drugu elektroopremu za zaštitu motora na nominalnu struju navedenu na tablici motora. Kod jako opterećenih motora dozvoljava se povećanje amperaže na bimetalu najviše za 5% od nominalne vrednosti. Vrlo čest slučaj je da motor ima rezervu u snazi, tako da radi ispod nominalnog opterećenja;



**Slika 16.1. Šema rashladne instalacije; 1 – usisni zaustavni ventil, 2 – usisni manovakuumetar, 3 – potisni zaustavni ventil, 4 – potisni manometar, 5 – ventil za tečan rashladni fluid, 6 – termostatski ekspanzioni ventil, 7 – boca sa rashladnim fluidom, 8 – zaustavni ventil na boci, 9 – sušak, 10 – kompresor, 11 – kondenzator, 12 – skupljač tečnog rashladnog fluida, 13 – isparivač**

5. podesi odgovarajući napon za sve motore i automatiku;

6. proveriti ispravnost smeru okretanja motora ventilatora, kompresora (kod otvorenih kompresora), pumpi i druge opreme;

7. proveriti zategnutost kaisha;

8. proveriti da li su svi štitnici pokretnih delova ispravno postavljeni i pritegnuti;

9. priključi manometre na potis i usis. Pri punjenju instalacije,

ne preporučuje se da se na usisu kompresora, naizmenično priključuju na isti priključak ventila (1) manovakuumetar (2) i cev za punjenje. Pošto se cev hladi pri prolasku rashladnog fluida kroz nju, može se desiti da u cev prodre vlaga, pa će doći do kondenzacije vlage. Zbog toga se preporučuje priključivanje preko „T“ spojke, kao na slici 17.1.



### 16.3. Ispitivanje na pritisak

Posle završene montaže ili posle ma kakve popravke, neophodno je izvršiti ispitivanje instalacije na pritisak, kako bi se utvrdilo da li su svi elementi i spojevi izloženi pritisku u instalaciji nepropusni.

Ispitivanje na pritisak rashladnih instalacija može se izvršiti na dva načina.

Veće instalacije se pre prvog punjenja rashladnim fluidom ispituju na pritisak tako što se pune azotom iz boca pod pritiskom. Boce se priključuju na rashladnu instalaciju preko reducira pritiska, koji je podešen na maksimalni dozvoljeni pritisak u uninstalaciji. Treba imati u vidu da bocu sa azotom nije dozvoljeno direktno povezivati sa instalacijom, jer je pritisak azota u boci višestruko viši od maksimalno dozvoljenog pritiska u instalaciji. Posle završenog ispitivanja instalacija se, pre punjenja, mora vakuumirati kako bi se azot odstranio iz instalacije.

Manje instalacije i instalacije u kojima je samo jedan njihov deo ispražnjen, mogu se ispitivati i pomoću rashladnog fluida sa kojim rade. Ove instalacije se mogu puniti odmah posle završenog ispitivanja na pritisak, tj. vakuumiranje nije potrebno.

Za sasvim male instalacije koje se upotrebljavaju u kućnim uređajima, komercijalnim ormanima i vitrinama, ceo ovaj postupak je još uprošćeniji.

### 16.4. Ispitivanja na pritisak azotom i vakuumiranje instalacije

Pre nego što se pristupi ispitivanju potrebno je uveriti se da je unutrašnji deo instalacije čist, a naročito karter kompresora. Posle pregleda zaprljanosti karter se puni uljem do potrebnog nivoa, koji definiše proizvođač kompresora u dokumentaciji priloženoj kompresoru.

Sve ventile na instalaciji, uključujući i ručne regulacione ventile, treba otvoriti, izuzev ventila za punjenje, ventila za pražnjenje i ventila za ispušt vazduha. Ventil sigurnosti, ukoliko postoji na instalaciji, treba blokirati ili privremeno odstraniti.

Presostati ne smeju da budu izloženi pritisku ispitivanja na pritisak. Zbog toga, pre početka ispitivanja, treba zatvoriti ventil na cevi koja spaja presostat sa instalacijom, ili odstraniti presostate iz instalacije.

Za ispitivanje instalacija na pritisak upotrebljava se suvi azot koji se isporučuje u bocama pod pritiskom koji je obično od 140 bar do 150 bar. Međutim, ovaj pritisak je mnogo viši od ispitnog pritiska koji je uobičajeno 16 bar za amonijačne instalacije i instalacije sa R22, a 13 bar za instalacije koje rade sa freonom R134a.

Boca sa azotom se bakarnom cevi spaja sa ventilom za punjenje instalacije, zatim se otvara ventil za punjenje, pa tek onda ventil na boci sa azotom. Instalacija se puni azotom sve dok se pritisak ne izjednači sa pritiskom ispitivanja. Tada se prvo zatvara ventil na boci, a zatim ventil za punjenje instalacije. Ako bi se prvo zatvorio ventil za punjenje, bakarna cev bi bila izložena visokom pritisku azota iz boce.

Azot se za ispitivanje na pritisak upotrebljava zbog toga što je „inertan“, tj. ne izaziva nikakvu hemijsku reakciju sa materijalima od kojih je instalacija izrađena. Pored toga, gas se u bocama isporučuje potpuno suv, pa nema opasnosti da vlaga dospe u instalaciju. Ako bi se ispitivanje vršilo vazduhom, koji uvek sadrži vlagu, u instalaciju bi neminovno dospela vlaga, koju je teško iz nje odstraniti.

Kompresor koji je sastavni deo instalacije, ne sme se ni pod kakvim okolnostima upotrebiti za stvaranje pritiska u instalaciji.

Pošto se pritisak azota u instalaciji izjednači sa pritiskom ispitivanja, potrebno je vrlo pažljivo pregledati sve spojeve i vodove na instalaciji, da bi se uočilo moguće curenje. To se postiže tako što će se na sve spojeve naneti sapunica i pažljivo pratiti da li se na njima pojavljuju mehurići. Instalacija se drži pod pritiskom bar 18 h, pri čemu se za prvih 6 časova dozvoljava smanjenje pritiska do momenta dok se temperatura azota u instalaciji ne izjednači sa temperaturom okoline. Posle toga, pritisak u instalaciji ne sme da se menja, osim zbog promene temperature okoline. Da bi se ispitali ventili za pražnjenje i punjenje rashladnog fluida i za ispuštavanje vazduha iz instalacije, potrebno je jedan po jedan ventil otvoriti, a zatim ponovo brzo zatvoriti. Na taj način će se videti da li otvoreni ventili propuštaju gas (azot) i da li su nepropusni kada se opet zatvore. Posle završenog ispitivanja, azot se ispušta iz instalacije otvaranjem ventila za punjenje instalacije i ventila za ispuštavanje vazduha, a zatim se cela instalacija vakuumira. Na kraju procesa vakuumiranja apsolutni pritisak u instalaciji treba da bude jednak 2 mm živinog stuba.

Vakuumiranje se obavlja vakuum-pumpom, uz obavezno praćenje na vakuum-manometrima.

Razlog za vakuumiranje do ovako visokog vakuuma leži u tome što se na taj način, pored pražnjenja instalacije, postiže i njeno sušenje. Naime, poznato je da voda, kao i svaka druga tečnost, isparava na nižoj temperaturi, ukoliko se nalazi pod nižim pritiskom. Tako, na apsolutnom pritisku od 2 mm živinog stuba, voda isparava na temperaturi od  $-11^{\circ}\text{C}$ . To praktično znači da će, dokle god je temperatura u prostoriji gde se instalacija nalazi iznad  $-11^{\circ}\text{C}$ , sva voda iz instalacije ispariti i kao para zajedno sa azotom biti izvučena iz instalacije.

Postupak vakuumiranja se obavlja na sledeći način:

Kao pri ispitivanju instalacije na pritisak, potrebno je otvoriti sve ventile na instalaciji, izuzev ventila za punjenje i pražnjenje rashladnog fluida i za ispuštavanje vazduha. Treba dobro pregledati da neki od ventila u instalaciji nije ostao zatvoren i na taj način „odsečen“ od ostalog dela instalacije.

Ako na instalaciji postoji ručni regulacioni ventil treba ga otvoriti, a vakuum-pumpu povezati sa priključkom za punjenje. Ako nema ručnog regulacionog ventila, onda se vakuum-pumpa priključuje na instalaciju na dva mesta – na delu niskog pritiska i na delu visokog pritiska. Zatim se pušta u rad vakuum-pumpa, koja će raditi dok apsolutni pritisak u instalaciji ne bude 2 mm živinog stuba, posle čega treba otpustiti neku zaptivku ili otvoriti neki ventil koji je povezan sa atmosferom da bi u instalaciju ušlo malo vazduha. Kada se pritisak u instalaciji izjednači sa atmosferskim pritiskom, treba stegnuti otpuštenu zaptivku, odnosno zatvoriti otvoreni ventil i uključiti vakuum-pumpu koja će raditi dok apsolutni pritisak u instalaciji ponovo ne bude 2 mm živinog stuba. Kada pritisak dostigne željenu vrednost, zatvoriti ventil preko koga je vakuum-pumpa priključena na instalaciju i isključiti vakuum-pumpu. Pri tome treba paziti da se uvek prvo zatvori ventil pa potom isključi pumpa, jer će se u protivnom izgubiti vakuum u instalaciji. Vreme potrebno da se dostigne željeni vakuum zavisi od spoljne temperature, veličine instalacije i od vlage u instalaciji. Poželjno je, pri temperaturama okolnog vazduha

ispod 7 °C, vakuumirati instalaciju do apsolutnog pritiska od 1 mm živinog stuba, kako bi sva voda iz instalacije isparila.

Ako posle dužeg vremena rada vakuum-pumpe u instalaciji ne može da se postigne vakuum, treba ispitati šta je uzrok tome i otkloniti ga. Uzrok može biti:

- instalacija propušta vazduh,
- vakuum-pumpa nije ispravna,
- temperatura okoline je suviše niska i voda iz instalacije ne isparava,
- deo instalacije u kome se nalazi vakuummetar je odsečen,
- u ulju u karteru ima rastvorenog rashladnog fluida koji lagano isparava.

Ako je vakuumiranje bilo uspešno i vakuum u instalaciji postignut, instalacija treba da stoji pod vakuumom tri sata. Ako za to vreme pritisak ne poraste, može početi punjenje instalacije rashladnim fluidom.

## 16.5. Ispitivanje na pritisak rashladnim fluidom

Ovaj način ispitivanja primenjuje se, kao što je rečeno, kod manjih freonskih instalacija i instalacija kod kojih je samo jedan deo ispražnjen, kao i u slučaju da, iz nekog razloga, nije moguće obezbediti boce sa suvim azotom, vakuum-pumpu i vakuum-manometre.

Ispitivanje na pritisak pomoću rashladnog sredstva obavlja se tako što rashladno sredstvo „izgura“ vazduh iz instalacije. Kada u instalaciji ostane samo gasoviti rashladni fluid, pritisak u instalaciji se izjednačuje sa pritiskom koji vlada u boci iz koje se ona puni.

Odvazdušenje instalacije izvodi se na taj način što se boca sa rashladnim fluidom priključi na ventil za punjenje i rashladni fluid pusti da ulazi u instalaciju, a na drugom kraju vazduh iz nje izlazi. Vazduh se iz instalacije odstranjuje preko ventila sa priključkom i čepom, a kod onih koje nemaju ovakve ventile može se otpustiti neka zaptivka ili spojka.

Postupak za od vazdušenje je sledeći:

1. zaustavni ventil na potisnom vodu kompresora se zatvara, zatim se odvrtne čep na ventilu ili se otpuštaju zavrtnji između ventila i kompresora;

2. otvaraju se svi ventili na instalaciji;

3. boca sa rashladnim fluidom se postavlja tako da parni prostor boce bude na vrhu i preko cevi se priključuje na čep na ventilu ispred isparivača ili na ventil za punjenje. Ovaj položaj boce je povoljniji jer će tako u instalaciju ulaziti samo gasoviti rashladni fluid. Kada je cev povezana, otvara se ventil na boci, a zatim i ventil na instalaciji i počinje punjenje;

4. rashladni fluid će početi da potiskuje vazduh koji se nalazi u instalaciji i koji će kroz otvor u potisnom ventilu ili otpuštene zavrtnje (nezaptiveni spoj) izlaziti iz instalacije. Na taj način će biti odstranjen vazduh iz cele instalacije. U manjim instalacijama odzračivanje traje oko 20 s do 30 s. Sav vazduh je napustio instalaciju kada se na otvoru za ispušt pojavljuje tečni fluid i kada se on zatvara. Način utvrđivanja prisustva rashladnog fluida biće objašnjen u nastavku teksta. **Ne dozvoliti isticanje veće količine fluida;**

5. sada je potrebno otpustiti zavrtnje na izlaznoj prirubnici zaustavnog ventila na potisnom vodu, ili otpustiti spojku bakarne cevi. Na taj način će izaći sav vazduh koji se nalazi između ventila za punjenje i ovog otvora, uključujući i skupljač, kon-

denzator i odvažač ulja. Ovaj proces takođe traje oko 20 s do 30 s. Kada se na otvoru pojavi gasoviti rashladni fluid potrebno je spojku odnosno zavrtnje stegnuti;

7. otpustiti spojke na mestima veze cevi i manometara i cevi i presostata, kako bi i odatle izišao vazduh, a zatim ih opet stegnuti.

Tako je instalacija napunjena gasovitim rashladnim fluidom čiji je pritisak jednak pritisku u boci, tj. pritisku koji odgovara temperaturi okoline. Pritisak će biti viši ukoliko je temperatura viša i obratno, ali će u svakom slučaju biti dovoljan da se vidi da li su svi spojevi i vodovi na instalaciji nepropusni. Nepropusnost spojeva se može utvrditi tako što će se oni premazati sapunicom i posmatrati da li će se pojaviti mehurići, a kod freonskih instalacija može se primeniti i detektor rashladnog fluida. Detektor je deo monterskog alata kojim se može utvrditi da li rashladni fluid na nekom spoju izlazi iz instalacije ili boce.

Prisustvo amonijaka otkriva njegov karakterističan miris, a mesta gde iz instalacije curi rashladni fluid mazanjem spojeva sapunicom ili prinošenjem plamena sumpora. Plamen sumpora je plave boje, a u prisustvu amonijaka izdvaja beo dim.

Prisustvo amonijaka se otkriva i lakmusovom hartijom. Crvena boja lakmusa u prisustvu amonijaka, koji je baza, menja se u plavu.

## 16.6. Punjenje instalacije rashladnim fluidom

Količina rashladnog fluida kojim se instalacija puni zavisi od učinka instalacije, sastavnih elemenata instalacije, namene instalacije itd. i za svaku instalaciju je tačno određena. Pri prvom punjenju izvođač radova će se pridržavati količine predviđene projektom instalacije. Pri dopunjavanju instalacije rashladnim fluidom situacija je nešto komplikovanija, naročito ako rukovalac instalacije ne može da odredi količinu rashladnog fluida koja nedostaje (pokazatelji da u instalaciji nema dovoljno rashladnog fluida biće opisani detaljno). U tom slučaju se preporučuje da se u instalaciju doda oko 10% od ukupnog punjenja (količine) i da se proveriti kako instalacija radi. Ako se pokaže da u instalaciji još uvek nema dovoljno rashladnog sredstva, potrebno je ponovo dodati još 10% i ovaj postupak ponavljati sve dok rad instalacije ne bude zadovoljavajući.

Pre nego što se pristupi punjenju instalacije, ne sme se zaboraviti sledeće:

*Instalacije koje služe za hlađenje tečnosti moraju da se pune „suve“, tj. u isparivaču ili oko isparivača prisustvo tečnosti koja se hladi je nedopustivo.*

Pritisak i temperatura rashladnog sredstva su pre početka punjenja vrlo niski, usled čega bi moglo doći do zamrzavanja tečnosti koja se hladi. Posledica toga može biti prskanje cevi, sa svim neželjenim lošim pojavama koje su već opisane.

Proces punjenja treba da se odvija na sledeći način:

Bocu sa rashladnim fluidom treba povezati sa ventilom za punjenje. Pri tome, boca treba da bude postavljena tako da ventil na boci bude na donjoj strani (prostor tečnog fluida). Da bi se ispitala nepropusnost veze između cevi i ventila na boci/instalaciji treba prvo otvoriti ventil na boci i proveriti da li gas curi na nekom priključku. Ako gas ne curi, otpustiti spojku koja vezuje cev sa ventilom za punjenje da bi rashladno sredstvo „izguralo“ vazduh iz cevi. Spojku opet zategnuti i otvoriti ventil za punjenje instalacije. Rashladni fluid će tada početi da ulazi u instalaciju sve dok pritisak u instalaciji ne dostigne 2 bar do 3,5 bar. Tada se ventil zatva-

ra na tečnom vodu iza kondenzatora i uključuje kompresor. Ako je u instalaciji vodom hlađeni kondenzator, treba pustiti da voda protiče kroz njega. Ako je u instalaciji vazduhom hlađen kondenzator, treba uključiti ventilator, ukoliko njegov rad nije spregnut sa radom kompresora i time već uključen. Na taj način će kompresor prepumpati rashladni fluid u kondenzator gde će se i kondenzovati.

Za ovo vreme gas iz boce treba da ulazi u instalaciju (boca u vertikalnom položaju). Ako pritisak u usisnoj cevi opadne ispod atmosferskog pritiska, potrebno je kratko vreme kompresor isključiti, dok pritisak u usisnoj cevi ne poraste iznad atmosferskog i onda ponovo pustiti kompresor u rad.

Treba paziti da pritisak u kondenzatoru ne poraste iznad 14 bar. U suprotnom, ako na potisnom manometru očitamo vrednost veću od 14 bar, treba otvoriti ventil iza kondenzatora i pustiti malo tečan rashladni fluid u isparivač. Ako je isparivač izveden sa ventilatorom, ventilator ne treba uključivati, jer rashladni fluid ne sme da isparava u isparivaču, već da u njemu ostane u tečnom stanju.

Ceo opisani proces punjenja ima za cilj da se u rashladnu instalaciju uvede potrebna količina rashladnog fluida što se može postići samo ako je fluid u tečnom stanju u kom se i održava. Zbog toga se celokupna količina fluida dovodi u kondenzator, a iz kondenzatora ispušta u isparivač.

Operacije dovođenja fluida u kondenzator, kondenzovanja fluida u kondenzatoru i prevođenja u isparivač treba ponavljati dok predviđena količina rashladnog sredstva ne bude u instalaciji, a zatim zatvoriti ventil za punjenje i pustiti instalaciju da radi.

Postoji nekoliko znakova koji ukazuju da je instalacija napunjena:

– vidno staklo u tečnom vodu je puno tečnog rashladnog fluida. Veliki mehurovi u vidnom staklu ukazuju da instalacija nije dovoljno napunjena ili da su filteri zapušeni. Prisustvo mehurića je posledica povišene temperature kondenzacije i znak da u instalaciji ima vazduha;

– potisna cev je topla, njena temperatura raste sa povećanjem razlike između temperature isparavanja i temperature kondenzacije;

– temperatura tečnog rashladnog sredstva koji izlazi iz kondenzatora je oko 3 °C iznad temperature vode kojom se hladi kondenzator, a oko 5 °C iznad temperature vazduha ako je kondenzator hlađen vazduhom;

– temperatura isparavanja je oko 6 °C do 10 °C niža od temperature vazduha koji se hladi, odnosno 3 °C do 6 °C niža od temperature tečnosti koja se hladi.

Ako su svi ovi uslovi ispunjeni, može se smatrati da je instalacija ispravno napunjena.

## **16.7. Ispitivanje na pritisak i punjenje sasvim malih instalacija**

Sasvim male instalacije sastoje se, kao što se iz njihovog opisa moglo videti, iz kompresora, kondenzatora, skupljača, eventualno vidnog stakla na tečnom vodu i isparivača. Takve instalacije nemaju poseban ventil za punjenje i postupak njihovog punjenja, bez vakuum-pumpe, je sledeći:

1. zatvoriti potisni ventil na kompresoru, tj. dovesti vreteno u krajnji prednji položaj; čep na gornjem delu ventila odvrnuti i skinuti;
2. otvoriti sve ventile u instalaciji;

3. bakarnom cevi priključiti bocu za punjenje na otvor u gornjem delu usisnog ventila na kompresoru, ali ventil na boci ne otvarati dok je usisni ventil na kompresoru otvoren. Boca mora da stoji tako da ventil na boci bude sa gornje strane;

4. napuniti kompresor uljem do potrebnog nivoa;

5. uključiti kompresor; time će se u instalaciji postići vakuum, jer kompresor isisava vazduh iz instalacije i izbacuje ga kroz čep na potisnom ventilu;

6. kada se na manometru, koji se može priključiti na priključak za čep na usisnom ventilu, očita vakuum, zatvoriti čep na potisnom ventilu i otvoriti potisni ventil;

7. zaustaviti kompresor i otvoriti ventil na boci sa rashladnim fluidom koji će u gasovitom stanju ispuniti instalaciju. Pritisak u instalaciji jednak je pritisku koji je bio u boci;

8. pomoću detektora ili sapunice ispitati nepropusnost instalacije;

9. uključiti kompresor; ako je u instalaciji agregat sa vazдушnim hlađenjem, istovremeno će započeti kondenzacija rashladnog fluida u kondenzatoru, a nove količine rashladnog fluida će ulaziti u instalaciju, ako je u instalaciji kondenzator sa vodenim hlađenjem, pustiti vodu kroz kondenzator;

10. posmatrati vidno staklo, jer će za vreme punjenja tečan rashladni fluid prelaziti iz kondenzatora u isparivač zajedno sa velikim mehurovima vazduha. Što više fluida ulazi u instalaciju, mehurova će biti sve manje, a kada potpuno nestanu, znači da je instalacija napunjena;

11. zatvoriti ventil na boci, odvojiti bakarnu cev i zatvoriti čep na usisnom ventilu gde je bila vezana cev. Instalacija je spremna za rad.

## 16.8. Nedovoljno punjenje

Ako u instalaciji nema dovoljno rashladnog fluida, neće ga biti dovoljno ili u kondenzatoru ili u isparivaču.

Nedostatak rashladnog sredstva u kondenzatoru manifestuje se suviše visokom temperaturom tečnog rashladnog fluida na izlazu iz kondenzatora i niskim pritiskom kondenzacije.

Nedostatak rashladnog sredstva u isparivaču manifestuje se suviše visokom temperaturom potisne cevi.

Nedostatak rashladnog sredstva u instalaciji manifestuje se i naglim smanjenjem rashladnog učinka instalacije.

Najbolji način da se konstatuje nedovoljno punjenje je preko vidnog stakla, tj. pojava velikih mehurova koji prolaze kroz vidno staklo za vreme rada instalacije znači da instalacija nije dovoljno napunjena. Pri tome treba imati u vidu da pojava mehurova u vidnom staklu može biti i rezultat isparavanja u tečnom vodu, što se dešava kada je temperatura vazduha oko tečnog voda znatno viša od temperature kondenzacije.

U tom slučaju može se:

1. izolovati tečni vod ili

2. povisiti temperatura kondenzacije smanjenjem protoka vode, što će istovremeno izazvati smanjenje rashladnog učinka instalacije.

Ukoliko se utvrdi da instalacija nije dovoljno napunjena, mora se dopuniti. Dopunjavanje se obavlja tako što se boca sa rashladnim sredstvom bakarnom cevi

poveže za ventil za punjenje (ako postoji u instalaciji), ili za otvor na gornjem delu usisnog ventila na kompresoru.

Važno je znati da kad se instalacija puni preko ventila na kompresoru, boca sa rashladnim sredstvom mora uvek da stoji tako da ventil bude sa gornje strane, kako u kompresor ne bi dospelo tečni rashladni fluid. Ako se instalacija puni preko ventila za punjenje, bocu treba okrenuti tako da ventil bude sa donje strane kako bi u instalaciju ulazila tečnost.

Kada se boca poveže sa instalacijom, potrebno je izbaciti vazduh iz cevi, na ranije opisani način, a zatim pustiti instalaciju da radi i otvoriti ventile da bi instalacija počela da se puni.

## 16.9. Prepunjena instalacija

Glavni znak da je instalacija prepunjena je visok pritisak kondenzacije i hladna potisna cev.

Rad sa prepunjenom instalacijom nije ekonomičan pošto će, usled povišenog pritiska u kondenzatoru, motor trošiti mnogo više električne energije.

Ukoliko je instalacija prepunjena, potrebno je ispustiti višak fluida, po mogućstvu preko priključka na kondenzatoru. Ako ne postoji raspoloživi priključak na kondenzatoru, onda preko ma kog priključka. Rashladni fluid se ispušta priključenjem na cev povezanu sa posudom koja je prethodno vakuumirana. Posuda u koju se pretače rashladni fluid mora da odgovara tom fluidu. Treba izbegavati ispuštanje rashladnog sredstva u mašinsku salu ili u okolnu sredinu.

## 16.10. Ispuštanje vazduha

Prisustvo vazduha i nekondenzujućih gasova u instalaciji je štetno, jer je zbog povišenog pritiska kondenzacije potrebna veća snaga za pogon kompresora. Da bi se utvrdilo prisustvo vazduha i nekondenzujućih gasova u instalaciji potrebno je pratiti pritisak kondenzacije i temperaturu kondenzacije. Ukoliko postoji osetna razlika u odnosu na podatke iz parne tabele za odgovarajući rashladni fluid, znači da su u instalaciji prisutni nepoželjni vazduha i/ili nekondenzujući gasovi. Pritisak se očitava na manometru na potisnom cevovodu, a temperatura na termometru na izlazu iz kondenzatora u delu gde nema pothlađivanja tečnog rashladnog fluida.

Ako je instalacija ispravno napunjena, može se pustiti u rad i ostaviti da radi nekoliko časova, zatim zaustaviti rad motora i ostaviti instalaciju da miruje preko noći. U toku tog perioda vazduh će se izdvojiti iz rashladnog sredstva i sakupiti na najvišoj tački u kondenzatoru.

Vazduh se iz instalacije ispušta kroz čep ili ventil koji se postavljaju na kondenzator ili, u nedostatku ovih elemenata, otpuštanjem zavrtnja na spoju potisne cevi i kondenzatora. Odzračivanje instalacije je kratkotrajan proces, pa treba paziti da sa vazduhom iz instalacije ne iscuri veća količina rashladnog fluida.

Po završenom punjenju instalaciju ostaviti da miruje nekoliko sati, a zatim ponovo ispustiti vazduh. Postupak odvazdušenja instalaciji se ponavlja sve dok u njoj ima vazduha. Prisustvo vazduha u instalaciji primećuje se po pritisku kondenzacije koji je viši od uobičajene vrednosti i pojavi mehurića u vidnom staklu.

Za ispuštanje vazduha iz većih instalacija koriste se posebni aparati.

## 16.11. Prvo puštanje instalacije u rad

Pre puštanja uređaja u rad neophodno je izvršiti spoljni pregled i udaljiti sve predmete (alat i dr.) od pokretnih delova, proveriti da li su svi ventili otvoreni, proveriti smer obrtanja kompresora (za otvorene kompresore) i podmazivanje. Posle postavljanja mernih instrumenata, uključuje se kompresor, pri čemu je potrebno posebnu pažnju obratiti na uslove rada. U početnom periodu rada kompresor je najopterećeniji, a podmazivanje se još nije stabilizovalo. Ukoliko se primete bilo kakve nepravilnosti, kompresor se mora zaustaviti. Početak rada karakteriše nestacionarni režim pri kom su temperature i pritisci promenljivi. Regulisanje rada instalacije ne sme se obavljati sve dok se radni parametri ne ustale, osim ukoliko ne dođe do velikog pregrevanja kompresora ili „vlažnog“ usisa kompresora.

Termostatski regulacioni ventil podešava proizvođač i vrlo retko ga je potrebno ponovo podešavati. Podešavanje regulacionog ventila je preko zavrtnja za regulisanje (slika 11.3 i 11.4, pozicija 11) okretanjem po 1/4 kruga u intervalu od 15 min do 20 min. Pri fabričkom podešavanju ventila temperatura pregrevanja oko pipka slika (11.3 i 11.4, pozicija 8) treba da bude oko  $\sim 7^{\circ}\text{C}$ . Kada se zavrtnj na ventilu obrne pun krug temperatura pregrevanja se promeni za  $\sim 4^{\circ}\text{C}$ .

Termostati (ili presostati niskog pritiska) se podešavaju prema zahtevanim uslovima u hladenoj prostoriji u koju se postavlja termometar. Presostat niskog pritiska, u ulozi sigurnosnog organa, isključuje kompresor kada pritisak u instalaciji padne 0,6 bar do 0,2 bar (manometarski pritisak) ispod radnog pritiska. Presostat visokog pritiska, obično fabrički podešen prema tipu rashladnog sredstva, treba da isključi kompresor iz rada pri porastu pritiska iznad dozvoljene vrednosti. Vodni ventil je potrebno podesiti tako da počinje da se otvara i pri temperaturi kondenzacije višoj za  $5^{\circ}\text{C}$  do  $6^{\circ}\text{C}$  od najviše očekivane temperature vode na ulazu u kondenzator. Bimetalna zaštita motora proverava se odvrtnjem jednog od osigurača na bimetalu podešenom na nominalnu struju elektromotora. Ako se motor isključi za  $\sim 20$  sekundi, zaštita je zadovoljavajuća.

Karakteristike pravilnog rada uređaja su sledeće:

- odnos radnog vremena prema ukupnom vremenu  $\geq 0,7$ ;
- temperaturska razlika između temperature vazduha u prostoriji i temperature isparavanja,  $\Delta t = 8^{\circ}\text{C} \div 12^{\circ}\text{C}$  kod isparivača sa prirodnom cirkulacijom i  $\Delta t = 6^{\circ}\text{C} \div 10^{\circ}\text{C}$  kod isparivača sa prinudnom cirkulacijom;
- temperaturska razlika između temperature kondenzacije i temperature vazduha okoline,  $\Delta t = 10^{\circ}\text{C} \div 12^{\circ}\text{C}$ ;
- temperaturska razlika između temperature kondenzacije i temperature vode na izlazu iz kondenzatora  $\Delta t = 4^{\circ}\text{C} \div 6^{\circ}\text{C}$ ;
- temperatura pregrevanja na usisu  $10^{\circ}\text{C}$  do  $15^{\circ}\text{C}$ ;
- temperatura na potisu  $60^{\circ}\text{C}$  do  $80^{\circ}\text{C}$ ;
- temperaturska razlika između temperature kartera i temperature okoline ne sme biti veća od  $20^{\circ}\text{C}$ ;
- temperaturska razlika između temperature elektromotora i temperature okoline ne sme biti veća od  $30^{\circ}\text{C}$ .

Prilikom primopredaje instalacije obavezno je prisustvo budućeg rukovaoća uređajem kao i njegovog pretpostavljenog, pri čemu im treba objasniti princip rada uređaja, demonstrirati puštanje instalacije u rad, demonstrirati zaustav-



ljanje instalacije, ukazati na postupke održavanja (čišćenja, otapanja, ispuštanja vode i sl.), objasniti način regulisanja temperature na termostatu, odnosno presostatu itd.

### **16.12. Buka i način njenog otklanjanja**

Šumom se u rashladnoj tehnici naziva svaki neprijatan zvuk. On nastaje kao posledica poremećaja elastične sredine usled delovanja neke sile. Energija pobudne sile izvodi čestice materijala iz ravnotežnog položaja, koje zbog elastičnosti sredine nastavljaju da osciluju, obrazujući zvučne talase koji se prostiru u okolinu.

Broj oscilacija u jedinici vremena naziva se učestanost zvuka. Čovečeje uvo oseća od 20 do 20.000 oscilacija u sekundi.

Jedinica za merenje nivoa zvuka je decibel (dB). Nivo zvuka predstavlja odnos izmerene jačine zvuka prema najmanjoj jačini zvuka koju može registrovati čovek.

Vibracije i šumovi, nastali pri radu uređaja, mogu biti vrlo neugodni. Duže dejstvo može prouzrokovati organske poremećaje i nervna rastrojstva kod čoveka. Zato se propisuje dozvoljeni nivo buke za pojedina mesta boravka ljudi, do 45 dB u prostorijama gde se ljudi bave intelektualnim radom, a u trgovini i radionicama od 45 dB do 60 dB. U prostorijama gde borave ljudi u izuzetnim slučajevima može biti dozvoljen nivo buke 60 dB do 80 dB.

Zvuk koji se javlja pri radu mašina posledica je raznih neuravnoteženja i istrošenosti delova, kao što su kotrljajući ležajevi, zupčanici, elektromotori i dr. Strujanje gasova izaziva tzv. aerodinamičke šumove.

Buka koju proizvode mašine, prostire se kroz vazduh i preko građevinskih ili montažnih konstrukcija. U prvom slučaju, zvuk se prigušuje različitim poroznim materijalima kao što su vata, staklena vuna i sl. Na primer, vazdušni kanali u klimatizaciji se iznutra oblažu tablama od porozne mase, dok se unutrašnjost automobila oblaže tapetama. U drugom slučaju se ispod mašina postavljaju različiti podmetači koji amortizuju vibracije. Postoji više konstrukcija amortizera, a najčešće se prave od gume ili opruga. Najbolja konstrukcija amortizera je ona kod koje je guma opterećena na savijanje. Puni amortizeri od gume nisu efikasni. Opruge se opterećuju na pritisak ili na istezanje.

### **16.13. Ulje za podmazivanje**

Kao što je rečeno, nečistoća koju rashladno sredstvo povuče iz instalacije skuplja se u karteru kompresora i tu se meša sa uljem. Usled toga će ulje biti zaprljano i ne može se očistiti.

U instalacijama sa odvajanjem ulja, ulje iz odvajanja se ne sme vraćati u karter kompresora prvih 200 časova rada. Zbog toga je potrebno da, u tom periodu, ventil na cevi između odvajanja ulja i kartera bude zatvoren. Po isteku ovog vremena potrebno je ispustiti ulje iz odvajanja kroz čep za pražnjenje na dnu odvajanja. Ulje odstranjeno iz odvajanja ne sme se bacati, već ga je potrebno predati ovlašćenom sakupljaču izrađenog ulja. Pored toga, potrebno je istočiti sve ulje iz kompresora, a karter kompresora dobro očistiti. Ukoliko se ulje menja samo u odvajanju ulja, istočena količina se mora nadoknaditi uljem istog kvaliteta. Za čišćenje treba upotrebljavati samo čiste krpe, a materijal ne sme biti rastresit ili sa koncima.

Posle prve promene ulja i puštanja u rad novih instalacija i instalacija u kojima su zamenjeni glavni delovi (npr. isparivač i kondenzator) treba obratiti pažnju na odlazak ulja iz kartera. Naime, ulje nošeno rashladnim fluidom ima tendenciju da se u malim količinama deponuje na svim unutrašnjim zidovima instalacije, gde ostaje i više se ne vraća u karter. Na taj način će se nivo ulja u karteru, u toku prvih dana rada instalacije stalno smanjivati. Pri tome treba paziti da se nivo ulja ne spusti ispod dozvojene granice. Ako se desi da nivo ulja opadne za više od 10 mm ispod dozvoljenog nivoa, treba ga doliti u kompresor. Ulje se doliva ili pomoću male ručne pumpe za ulje (ako je montirana na kompresoru), ili kroz čep za dolivanje. Ako se ulje doliva kroz čep potrebno je prethodno iz kompresora odsisati rashladni fluid, na način koji će biti opisan, pa tek onda otvoriti čep za dolivanje.

Posle nekog vremena nivo ulja bi trebalo da se stabilizuje. Ako nivo ulja u karteru i dalje opada, znači da se zadržava negde u instalaciji i da se ne vraća u karter. U tom slučaju ne treba dolivati više ulja, već instalaciju zaustaviti i pozvati servis isporučiooca opreme.

#### **16.14. Filter na usisu**

Najveći broj kompresora ima u usisnom priključku filter kroz koji rashladni fluid prolazi pre nego što dospe u cilindre kompresora. U filteru se skuplja veći deo nečistoće prisutne u instalaciji i u prvim časovima rada filter treba često čistiti.

Uputstvo proizvođača o čišćenju i održavanju kompresora potrebno je pažljivo pročitati, ali ako ono nije isporučeno, ne sme se dozvoliti da kompresor radi duže od 12 časova bez čišćenja filtera. Čišćenje filtera treba ponoviti pet do šest puta u toku prvih 200 časova rada.

## Rukovanje i održavanje

Pri puštanju instalacije u rad i kasnije u toku rada, potrebno je preduzeti niz radnji u cilju pravilnog funkcionisanja i održavanja ručno regulisanih instalacija kao i onih sa automatskim upravljanjem. Obim radova u funkciji održavanja instalacije zavisi od njene veličine, namene i stepena automatizovanosti. U ovom poglavlju biće izložena opšta uputstva i načela, a svaki rukovalac će umeti da prepozna problematiku koja se odnosi na instalaciju u njegovoj nadležnosti. U dalje tekstu biće opisano puštanje u rad kompresora, mogući problemi koje se javljaju u toku rada, redovne radnje u cilju održavanja instalacije i procedura zaustavljanja kompresora.

### 17.1. Puštanje kompresora u rad

Šta je sve potrebno uraditi prilikom puštanja kompresora u rad, zavisi pre svega od vrste i veličine instalacije.

Za sasvim malie instalacije kakve se ugrađuju u domaće frižidere i komercijalne uređaje, nema pripremnih radnji, pošto se kompresor automatski uključuje kada temperatura u hlađenom prostoru poraste iznad zadate vrednosti.

Za nešto veće automatske instalacije nema posebnih zahteva prilikom puštanja u rad, pogotovo ako je kondenzator vazdušno hlađen i ako se ventilator na kondenzatoru pušta u rad automatski i istovremeno sa kompresorom. Za vodom hlađene kondenzatore treba proveriti da li voda protiče kroz njih.

Za poluautomatske instalacije ili ručno regulisane instalacije postoji tačno utvrđen redosled operacija pri puštanju u rad:

1. proveriti da li nivo ulja u karteru kompresora odgovara visini iz podataka isporučioaca kompresora, ili je potrebno doliti ulje;
2. proveriti da li su ventili, postavljeni pored svih manometara, otvoreni;
3. proveriti da li su otvoreni svi ventili na cevima za cirkulaciju vode kroz kondenzator, pustiti vodu kroz kondenzator i iskustveno proveriti da li ima dovoljno vode;
4. otvoriti ventile na potisnom i usisnom vodu kompresora; kompresor nikad ne sme da se pusti u rad sa zatvorenim ventilima; ukoliko kompresor ima uređaj za regulaciju kapaciteta, treba rasteretiti sve cilindre koji se mogu rasteretiti;
5. proveriti da li su i ostali ventili u instalaciji otvoreni, izuzev odzračnog ventila, prelivnih (rasteretnih) ventila na pojedinim sudovima, ručnih regulacionih ventila, ventila za punjenje instalacije, ventila na vodu za vraćanje ulja iz odvajača ulja u karter kompresora, ventila na vodu za tečan rashladni fluid na hladnjaku u karteru, ako takav vod i ventil postoje u instalaciji i svi ostali ventili uputstvom isporučioaca instalacije označeni da treba da budu zatvoreni pri puštanju instalacije u rad;

6. ukoliko su isparivači izvedeni u vidu vazdušnih hladnjaka, pustiti ventilatore u rad, a ukoliko su u pitanju protočni isparivači za hlađenje tečnosti, pustiti tečnost da protiče kroz isparivač;

7. pustiti kompresor da radi; nivo tečnog rashladnog fluida u isparivaču ne sme znatno da se poveća dok instalacija miruje, da ne bi došlo do prodora tečnosti u kompresor;

8. otvoriti ventil na tečnom vodu iza kondenzatora;

9. proveriti da li se odvajač ulja (ukoliko ga u instalaciji ima) zagrejavao po cevoj dužini; ukoliko jeste, polako otvarati ventil na vodu za vraćanje ulja iz odvajača u karter; ako odvajač nije zagrejan, ventil ne treba otvoriti, zbog toga što se za vreme mirovanja u odvajaču može skupiti kondenzovani rashladni fluid; ako se ventil za povratak ulja u karter otvori pre nego što je tečni rashladni fluid ispario, u karteru kompresora će se sa uljem vratiti i tečni rashladni fluid; u tom slučaju će u karteru tečni rashladni fluid početi naglo da isparava, ulje će početi da se peni, a u ekstremnim slučajevima može biti povučeno iz kartera zajedno sa rashladnim fluidom koji isparava;

10. ako u karteru kompresora postoji hladnjak za ulje hlađen tečnim rashladnim fluidom, sačekati da temperatura u karteru bude 50 °C i otvoriti ventil na tečnom vodu, kojim će se tečni rashladni fluid sprovesti do hladnjaka.

Ovim je instalacija puštena u rad.

Iz navedenog pregleda mogu se odabrati operacije koje odgovaraju određenoj instalaciji.

Često se u instalacije ugrađuju magnetni ventili na tečnom vodu ili ispred svakog isparivača. Pri kratkotrajnim prekidima rada instalacije, posebno ako je u prostoru gde su kompresori smešteni visoka temperatura, nije potrebno zatvarati ventil na vodu za povratak ulja iz odvajača. Uključivanje pumpe za protok vode kroz kondenzator i uključivanje ventilatora na vazdušnim hladnjacima može biti automatsko.

## 17.2. Pojave u toku rada

U eksploataciji, naročito u novim instalacijama, dok se vrši njeno podešavanje, potrebno je pažljivo nadgledati njihov rad.

Navedimo najvažnija mesta u instalaciji koja se moraju nadgledati u toku rada:

- manometri na usisu i potisu;
- termometri na usisnoj i potisnoj cevi; ako nema termometara približna temperatura rashladnog fluida u cevi može se odrediti dodirrom;
- ampermetar na električnoj razvodnoj tabli;
- termometri na cevi za dovod/odvod vode u/iz kondenzatora; u nedostatku termometara temperatura ili odstupanje od potrebne temperature može se približno odrediti dodirrom;
- vidno staklo na tečnom vodu;
- nivokazno staklo na skupljaču tečnosti; na njemu se vidi koliko tečnog rashladnog fluida ima u skupljaču tečnosti;
- vidno staklo na karteru kompresora; u njemu se vidi nivo ulja u kompresoru;
- isparivač; merenjem temperature vazduha ili tečnosti koji se hlade u isparivaču, na ulazu u isparivač i na izlazu iz isparivača može se videti za koliko stepeni se medijum koji se hladi ohladi u isparivaču.

Praćenjem pojava koje se javljaju na navedenim elementima instalacije, rukovalac će u svakom trenutku imati uvid u rad instalacije. U daljem tekstu će biti opisane i objašnjene pojave koje se dešavaju pri pravilnom radu instalacije.

Temperatura isparavanja će se menjati stalno u toku rada, ukoliko rad instalacije nije automatski regulisan. Temperatura isparavanja zavisi od pritiska rashladnog fluida u isparivaču, koji se menja u zavisnosti od količine rashladnog fluida koji ispari i količine fluida koju kompresor može da odsisa. Ukoliko je okolina isparivača toplija, u isparivaču će da ispari više rashladnog fluida.

Sledi zaključak da će pritisak i temperatura u isparivaču biti viši što je viša temperatura okoline isparivača, zbog toga što će kompresor teže da odsisa veću količinu gasa formiranu u isparivaču. Posledica toga će biti povećano opterećenje elektromotora kompresora. Obrnuto, ukoliko je okolina isparivača hladnija, isparivače manje rashladnog fluida, kompresor će usisavajući ga smanjiti pritisak u isparivaču, a time će biti niža i temperatura isparavanja.

Ukoliko na usisnom vodu nema ventila konstantnog pritiska ili ventila konstantne temperature, na usisnom manometru će se, pored pritiska gasa, očitavati i temperatura. U instalacijama sa usisnim cevima dužine do 10 m, temperatura na usisu biće jednaka temperaturi isparavanja. U instalacijama sa dužim usisnim cevima temperatura isparavanja je za oko 1 °C do 2 °C viša. Ako su na usisnim vodovima montirani ventili konstantnog pritiska ili konstantne temperature, manometar na usisnoj cevi kompresora neće pokazivati pritisak i temperaturu isparavanja, već pritisak i temperaturu rashladnog fluida u usisnoj cevi. Pritisak i temperatura isparavanja mogu se, u ovom slučaju, očitati na manometru koji se obično postavlja na usisnu cev između isparivača i ventila konstantne temperature, odnosno ventila konstantnog pritiska. Pri postojanju ovih ventila i/ili automatskog ekspanzionog ventila u instalaciji temperatura isparavanja i pritisak isparavanja neće biti rezultat ravnoteže između količine isparenog gasa u isparivaču i količine gasa koju kompresor usisa, već će biti regulisana ovim ventilima.

Temperatura kondenzacije zavisi od protoka i temperature vazduha ili vode kojima se kondenzator hladi. Pod pretpostavkom da je protok vazduha odnosno vode dovoljan, temperatura kondenzacije će zavisi od njihove temperature, tj. ukoliko ona raste, i temperatura kondenzacije će da raste.

Temperatura gasovitog rashladnog fluida na izlazu iz kompresora biće utoliko viša ukoliko je temperatura gasa na usisu niža, zato što nižoj temperaturi na usisu odgovara niži pritisak. U tom slučaju kompresor mora da sabije gas do pritiska koji odgovara temperaturi kondenzacije, tj. mora da izvrši veći rad sabijanja nego da je temperatura odnosno pritisak gasa na usisu viši.

Ako se u instalaciji sa više isparivača jedan od njih isključi, a kompresor nastavi da radi, doći će do poremećaja odnosa protoka rashladnog fluida koji isparava u preostalim isparivačima, i količine fluida koju usisava kompresor. Naime, kompresor će moći da usisa veću količinu od one koja ispari u ostalim isparivačima, usled čega će pritisak i temperatura isparavanja u ovim isparivačima da opadnu.

Kod instalacija sa termostatskim ekspanzionim ventilom i razmenjivačem toplote doći će do pojave pregrevanja gasa na putu od isparivača do kompresora. Naime, gasoviti rashladni fluid će se usled dejstva termostatskog ekspanzionog ventila zagrejati, a zagrejaće će se i ako gas prođe kroz razmenjivač toplote. Usled toga će

stvarna temperatura gasa na usisu biti viša od temperature isparavanja za „temperaturu pregrevanja“, koja obično iznosi 7 °C do 15 °C.

Manometri na usisu koji mere i pritisak i temperaturu, ne pokazuju stvarnu temperaturu gasa, nego temperaturu koja odgovara pritisku gasa, tj. temperaturu isparavanja. Stvarna temperatura gasa na usisu može se izmeriti samo termometrom postavljenim u specijalni „džep“ za termometar, koji se ugrađuje u cev ili se lepljivom trakom pričvrsti za cev.

U ovom smislu, temperatura isparavanja je ona koja vlada u isparivaču, a očitava se na manometru kompresora. Stvarna temperatura gasa na usisu je od temperature isparavanja viša za veličinu pregrevanja, a meri se termometrom.

Ranije je rečeno da pri nižim pritiscima isparavanja kompresor usisava manje rashladnog fluida, zbog toga što je specifična zapremina pare veća pri nižim pritiscima. Posledica ovoga je dobro poznato pravilo da je rashladni učinak kompresora veći ukoliko je temperatura isparavanja viša i obratno, ukoliko je temperatura isparavanja niža, učinak kompresora je manji. Temperatura i pritisak kondenzacije, takođe utiču na rashladni učinak kompresora. Što je temperatura kondenzacije niža, to je učinak kompresora veći.

Ovo su, u opštim crtama, najvažnije opšte relacije koje vladaju u rashladnim instalacijama, o čijim posledicama ćemo detaljnije pisati u daljem tekstu.

U početku rada instalacije, dok je temperatura okoline isparivača visoka, temperatura isparavanja fluida može biti tolika, odnosno količina isparenog gasa biti tolika, da opterećenje elektromotora kompresora bude iznad dozvoljenog. S druge strane, usled prevelike količine rashladnog fluida koji dolazi u kondenzator, učinak kondenzatora se smanjuje, rastu pritisak i temperatura kondenzacije što dodatno otežava rad kompresora. Kompresor treba da sabija gas na pritisak viši od uobičajenog, usled čega se opterećenje elektromotora povećava i postoji opasnost da prestane da radi ili da mu pregore namotaji. Da bi se smanjio uticaj ovog efekta, treba prigušiti zaustavni ventil na usisu kompresora, čime će se smanjiti količina gasovitog rashladnog fluida koji dolazi u kompresor i rasteretiti motor. Prigušenje ventila na usisu mora se vršiti vrlo pažljivo i vrlo sporo da pritisak u karteru kompresora ne bi naglo opao. Pri naglom padu pritiska, usled stvaranja vakuuma, ulje bi zajedno sa rashladnim fluidom bilo povučeno u cilindar kompresora i, u najgorem slučaju, karter i ležište bi ostali bez ulja. Treba voditi računa da pritisak u karteru, koji se može očitati na usisnom manometru, ne opadne ispod pritiska koji odgovara redovnom režimu rada. Posle prigušivanja usisnog ventila treba pažljivo pratiti promene pritiska na usisnom manometru i čim opadne ispod odgovarajuće vrednosti, ventil opet otvoriti.

Kod kompresora sa uređajem za regulisanje učinka, rasterećenje motora u početnoj fazi rada postiže se isključivanjem izvesnog broja cilindara. Motor će morati da savlada rad koji se ostvaruje samo u cilindrima koji rade, čime će mu se opterećenje smanjiti. Čim pritisak u usisnoj cevi počne da opada, što je znak da se rad instalacije normalizuje, mogu se ponovo uključiti svi cilindri kompresora.

Svaka rashladna instalacija prolazi kroz početnu fazu rada u kojoj su pritisak i temperatura isparavanja i pritisak i temperatura kondenzacije visoki, a opterećenje motora kompresora veliko. Ova faza traje sve dok se okolina isparivača ne ohladi toliko da instalacija postigne projektovani režim rada. Ova faza će biti duža ili kraća u

zavisnosti od karakteristika instalacija. U hladnjačama će početna faza trajati sve dok se temperatura vazduha u hlađenim komorama ne spusti na željenu temperaturu. U instalacijama za hlađenje vode ova faza će trajati dok se voda ne ohladi od početne temperature (npr. +20 °C) do temperature koja je približno jednaka projektnoj temperaturi. Ova karakteristična faza nastupa ne samo pri prvom puštanju instalacije u rad, već pri svakom startovanju instalacije posle dužeg prekida rada.

Posle početne faze sledi faza redovnog režima rada, prema kojoj se rashladne instalacije mogu podeliti u dve grupe.

U prvu grupu instalacija spadaju one koje imaju za cilj da održavaju zadatu temperaturu prostora, ili da hlade lečnost u protoku. U ovu grupu spadaju hladnjače u koje se unosi i u kojima se čuva već ohlađena ili smrznuta roba. To su instalacije u kojima se, kada prođu kroz početnu fazu i uravnoteže rad, temperatura isparavanja vrlo malo menja u dužem vremenskom periodu. Količina toplote koju isparivač uzima je skoro nepromenjena, a ne menja se ni razlika temperatura prostori je i isparavanja. Sa tačke gledišta održavanja, ove instalacije predstavljaju najmanji problem i rukovalac će vrlo brzo moći da utvrdi koji su odgovarajući pritisci na usisu i potisu, temperature isparavanja, temperature potisne cevi i koji nivo tečnog rashladnog fluida u skupljaču. Kontrola rada instalacije podrazumeva nadgledanje ovih veličina i pridržavanje uputstava datih u „listi održavanja“. Ako u ovakvoj instalaciji ima više isparivača, temperatura isparavanja će se menjati samo ako se neki od isparivača isključi ili uključi. Temperatura isparavanja opada prilikom isključivanja jednog ili više isparivača.

Ako je u instalaciji samo jedan kompresor kome se ne može smanjiti rashladni učinak, isključenjem jednog od isparivača ostali isparivači će nastaviti da rade sa nižom temperaturom isparavanja. Ako su u instalaciji dva isparivača i dva kompresora, prilikom isključivanja iz rada jednog isparivača treba odmah isključiti i jedan kompresor. Ako su u instalaciji dva kompresora i tri ista isparivača, posle isključivanja dva isparivača treba isključiti jedan kompresor. Ako kompresori imaju uređaj za regulaciju učinka, sami će regulisati ravnotežu između rashladnog učinka isparivača i učinka kompresora. Treba uvek težiti ka tome da se pravilnim uključivanjem u rad određenog broja kompresora, postigne temperatura isparavanja koja odgovara situaciji kada su svi isparivači i svi kompresori (izuzev rezervnog) u radu.

Pored toga, treba uvek imati u vidu da mnogo niža temperatura isparavanja od one koja je predviđena, može samo da šteti. Loše posledice niske temperature isparavanja su:

- sušenje robe koja se hladi (u hladnjačama),
- smrzavanje tečnosti koja se hladi,
- kompresor može da radi pod vakuumom (vazduh može ući u instalaciju),
- visoka temperatura gasa na potisu i pregrevanje ulja,
- smanjeni rashladni učinak kompresora.

Prema tome, ne treba nikada težiti da se u instalaciji temperatura isparavanja što više spusti. Mnogo veća korist će se postići ako se održi temperatura isparavanja na približno istom nivou.

U drugu grupu instalacije spadaju one koje imaju za cilj da hlade u određenom vremenskom periodu, ili da određenu robu ohlade i zamrznou. To su, na primer, hladnjače u kojima se uneta roba, čija je temperatura jednaka temperaturi spoljnog

vazduha (leti oko +30 °C), hladi na temperaturu ~ 0 °C, ili instalacije namenjene zamrzavanju robe.

U određenim periodima vremena, pri unosu robe u hladnjaču, temperatura vazduha oko isparivača će se povećati, što je dodatno toplotno opterećenje za instalaciju. Prva faza procesa hlađenja kod ovakvih instalacija predstavlja hlađenje vazduha, zidova i izolacije u hladnjači. Hlađenje unete tople robe predstavlja redovan režim (fazu rada) u toku koga će se temperatura i pritisak isparavanja stalno menjati. Na početku procesa, i temperatura i pritisak isparavanja će biti visoki, jer je toplotno opterećenje veliko pa će i količina gasa koja ispari biti velika. Vremenom se toplotno opterećenje smanjuje kao i količina rashladnog fluida koja isparava, usled čega će opadati pritisak i temperatura isparavanja. Temperatura kondenzacije će, takođe, biti najviša na početku procesa hlađenja i opadaće u funkciji vremena, ali ne više od 3 °C do 4 °C. Temperatura gasa na potisu biće viša, ukoliko je temperatura isparavanja niža.

Pošto je roba ohlađena, rashladni uređaj nastavlja da radi hladeći vazduh u prostoriji do temperature podešene da termostat isključi isparivač. Pri tome termostat, prekidanjem strujnog kola, zatvara magnetni ventil na tečnom vodu ka isparivaču ili zaustavlja rad kompresora.

U instalacijama ovog tipa mogu biti dva ili više isparivača i jedan kompresor. Ako je jedan od isparivača van pogona, ne sme se dozvoliti da temperatura isparavanja naglo opadne, jer suviše niska temperatura isparavanja ne znači brže hlađenje robe već znači brže sušenje robe. Brže hlađenje se može postići primenom drugih metoda hlađenja, za šta je potrebna rekonstrukcija hladnjače i rashladne instalacije. Pored toga, i u ovom slučaju važi sve ranije rečeno o problematici rada rashladne instalacije pri suviše niskim temperaturama isparavanja.

U praksi se pred instalacije postavljaju zahtevi za kvalitetno održavanje projektovanih parametra i u slučaju kada se roba hladi i kada se roba ne hladi. U slučaju da se u sastavu instalacije nalazi više isparivača od kojih neki hlade robu, a neki samo održavaju temperaturu u nekoj komori, u svim isparivačima će temperatura i pritisak isparavanja biti jednaki. Izuzetak je slučaj kada su, na usisnim vodovima nekih isparivača, montirani ventili konstantnog pritiska. Tada će temperatura i pritisak gasa na usisu odgovarati temperaturi i pritisku gasa u najhladnijem isparivaču, tj. u onom u kome su temperatura i pritisak isparavanja najniži.

Da bismo sagledali promene temperature isparavanja u slučaju hlađenja robe, prikazaćemo tabelarno (tabela 17.1) primer hlađenja robe koja se unosi u komoru na temperaturi +25 °C, a ohladi se na +4 °C. Rashladni fluid je R134a.

Iz primera se vidi da se u toku procesa hlađenja najviše menja temperatura isparavanja, dok su promene temperature kondenzacije i temperature gasa na potisu male.

Za rad instalacije merodavne su temperature i pritisci u isparivaču, kondenzatoru, usisnoj i potisnoj cevi. Daćemo njihove orijentacione vrednosti. Moguća odstupanja od navedenih vrednosti ne bi trebalo da budu veća od  $\pm 3$  °C do  $\pm 5$  °C.

– Temperatura isparavanja, za slučaj hlađenja prostorije, niža je za 7 °C do 10 °C od temperature vazduha koja se hladi. Ova razlika temperatura utoliko je manja ukoliko su temperatura isparavanja i temperatura vazduha niže. Pri hlađenju tečnosti, razlika temperature tečnosti koja se hladi i temperature isparavanja je između 3 °C i 6 °C.



**Tabela 17.1**

Temperatura	Početak procesa	Kraj hlađenja
Temperatura robe	+25 °C	+4 °C
Temperatura vazduha u komori	+17 °C	0 °C
Temperatura isparavanja	+2 °C	-10 °C
Temperatura kondenzacije	+37 °C	+34 °C
Temperatura gasa na potisu	69 °C	72 °C
Temperatura vode na ulazu u kondenzator	27 °C	27 °C
Temperatura vode na izlazu iz kondenzatora	31 °C	29,5 °C

– Temperatura kondenzacije je od 10 °C do 13 °C viša od temperature vazduha koji hladi kondenzator u instalaciji čija je temperatura isparavanja ispod - 5 °C, a 20 °C do 22 °C viša od temperature vazduha koji hladi kondenzator u instalaciji gde je temperatura isparavanja približno jednaka +5 °C. Kod vodom hlađenih kondenzatora temperatura kondenzacije je 5 °C do 8 °C viša od temperature vode na ulazu u kondenzator, s tim što će se voda u kondenzatoru zagrejati za 6 °C do 8 °C.

Temperatura gasa na potisu zavisi od temperature isparavanja i temperature kondenzacije. Ukoliko je temperatura kondenzacije viša, biće i temperatura gasa na potisu viša. S druge strane, ukoliko je temperatura isparavanja niža, temperatura gasa na potisu biće viša.

### 17.3. Promena režima rada

Često se dešava da su instalacije, naročito one u hladnjačama, predviđene za dva ili više režima rada, tj. da održavaju različite temperature u hlađenim komorama. Da bi se pri prelasku sa jednog na drugi režim hlađenja obezbedila zadata temperatura vazduha u hladnjači, ali i zadovoljili principi pravilnog hlađenja robe, potrebno je, u većini slučajeva, promeniti temperaturu isparavanja. Ova promena se postiže regulisanjem elemenata automatike.

Savremene instalacije imaju u sastavu najčešće termostatske ekspanzione ventile, koji se u višerežimskim instalacijama automatski prilagođavaju zahtevima odgovarajućeg režima. Pri prelasku sa režima na režim, termostatske ekspanzione ventile i presostate visokog pritiska nije potrebno regulisati, ali termostate jeste. Kazaljku na skali termostata treba postaviti na zadatu temperaturu. Na isti način se reguliše i presostat niskog pritiska.

Ukoliko proizvođač ne naglasi pritisak pri kome se, za različite režime rada, isključuje presostat niskog pritiska, potrebno je uraditi sledeće:

- 1) podesiti termostat na zadatu temperaturu,
- 2) podesiti presostat na najniži mogući pritisak,
- 3) pustiti instalaciju u rad,
- 4) po postizanju zadate temperature, očitati pritisak na usisnom manometru i
- 5) podesiti presostat niskog pritiska na pritisak isključenja (0,6 bar do 0,3 bar niži od pritiska isparavanja u isparivaču), zavisno od rashladnog fluida.

Ako se posle regulisanja instalacija isključuje pre nego što se u hladnjači postigne željena temperatura, potrebno je podesiti presostat niskog pritiska na niži pritisak isključivanja.

Ukoliko se na usisnom vodu nalazi ventil konstantnog pritiska, potrebno ga je regulisati da održava temperaturu isparavanja za oko 10 °C nižu od zadate temperature vazduha u rashladnoj komori.

Ukoliko se u instalaciji nalazi ventil konstantne temperature, koji reguliše temperaturu vode ili vazduha koji se hladi, potrebno je i njega regulisati.

Pri promeni režima rada treba voditi računa o punjenju isparivača. Naime, ispravno napunjen isparivač namenjen radu na niskim temperaturama isparavanja, biće prepunjen kada pređe na režim rada sa visokim temperaturama isparavanja. To može da izazove velike smetnje usled vraćanja tečnog rashladnog fluida u karter kompresora. Ako pri prelazu sa nižih na više temperature isparavanja dođe do prepunjavanja isparivača, jedan deo rashladnog fluida treba prebaciti iz isparivača u skupljač tečnosti.

Da je isparivač prepunjen, videće se po tome što se gas na usisu neće pregrevati ili će se vrlo malo pregrevati. Ova pojava se uočava upoređivanjem stvarne temperatura gasa na usisu (očita se na termometru) i temperature isparavanja (očita se na usisnom manometru), ali samo u slučaju ako u instalaciji ne postoji ventil konstantnog pritiska. Preporučena razlika temperatura je najmanje 7 °C, a ako je manja od ove vrednosti ili je nema, znači da se gas ne pregрева, tj. da je isparivač prepunjen. Još jasniji i lošiji znak da je isparivač prepunjen je lupanje kompresora usled ulaza tečnosti u cilindar.

Prebacivanje rashladnog fluida iz isparivača u skupljač vrši se tako što se zatvori ventil na izlazu iz skupljača i pusti instalacija da radi. Pri tome treba posmatrati nivo-kazno staklo na skupljaču. Kada se nivo tečnosti u skupljaču podigne, ventil iza skupljača mora se odmah otvoriti.

Pri prelasku sa više na nižu temperaturu isparavanja, zbog smanjenja rashladnog učinka kompresora i niže temperature isparavanja, učinak kondenzatora može biti suviše veliki. Posledica može biti preterano hlađenje rashladnog fluida u kondenzatoru i preteran pad pritiska, zbog čega će razlika pritisaka potrebna za rad termostatskog ekspanzionog ventila biti nedovoljna. Naime, da bi kroz ekspanzioni ventil mogla da prođe određena količina tečnosti, potrebna je odgovarajuća razlika pritisaka ispred i iza ventila. To sve dovodi do toga da će protok rashladnog fluida kroz isparivač biti nedovoljan tj. temperatura isparavanja biće niska, odnosno isparivač neće obaviti svoj zadatak.

Zbog toga je potrebno pritoriti ventile za dovod vode u kondenzator, usled čega će doći do porasta pritiska kondenzacije, tj. ostvariće se potrebna razlika pritisaka. Pritisak kondenzacije ne sme biti viši od pritiska koji odgovara režimu rada pri visokim temperaturama isparavanja.

## 17.4. Redovno održavanje instalacije

**Redovno održavanje** rashladne instalacije uslov je za njen pravilan rad i dug vek trajanja. Provera rada instalacije zavisi od namene i tipa instalacije. Osnovne radnje koje u tom cilju treba izvršiti su sledeće:

### **a) Svakodnevno**

1. Proveriti nivo ulja u kompresoru i vidnom staklu za ulje, kao i pritisak i protok ulja;
2. proveriti pritiske i temperature na raznim važnim tačkama rashladnog uređaja, prvenstveno na usisu i potisu;
3. proveriti da li se isparivač zamrznuo; naslaga leda na orebrenim cevima ne bi smela da bude deblja od 3 mm, a na glatkim od 10 mm;

### **b) Nedeljno**

1. Ispitati celu instalaciju na propustljivost, a freonske instalacije ispitivati dva puta nedeljno;
2. ispitati broj PH u instalaciji u kojoj se hladi voda, a ako je veći od 8, ispustiti jedan deo vode, zatim dolivati vodu dok broj PH ne bude 8;
3. proveriti razliku temperature kondenzacije i temperature vode na ulazu u kondenzator i ako je neuobičajeno velika, ispustiti vazduh iz instalacije.

### **c) Mesečno**

1. Proveriti diferencijalni presostat zatvaranjem veze između diferencijalnog presostata i pumpe za ulje, usled čega će u presostatu pritisak ulja opasti na 0 bar i diferencijalni presostat će isključiti kompresor;
2. proveriti da li su presostati i ostali elementi automatike podešeni na određeni pritisak i temperaturu. Ovo se naročito odnosi na presostat visokog pritiska u instalacijama u kojima se hladi voda, ali i na presostat niskog pritiska.

Presostat visokog pritiska se ispituje obustavom protoka vode kroz kondenzator, kada je potrebno posmatrati manometar na potisu da bi se utvrdio pritisak na kom presostat isključuje kompresor.

Vazduhom hlađenom kondenzatoru dotok vazduha se obustavlja na taj način što se kondenzator pokriva hartijom ili limom. Potrebno je proveriti da li je zapušten lišćem i prašinom, posle šega je važno proveriti protok vode kroz kondenzator.

Ispitivanje presostata niskog pritiska vrši se vrlo sporim zatvaranjem ventila na usisnom vodu, a na manometru proverava pritisak pri kome će presostat niskog pritiska isključiti kompresor. Sporo zatvaranje ventila onemogućava izvlačenje ulja iz kartera kompresora.

3. U hladnjačama je potrebno proveravati da li se vrata na ulazu u rashladne komore dobro zatvaraju. Na ragastov se, pre zatvaranja vrata, postavlja list hartije, pa preko njega zatvaraju vrata. Ako se hartija lako izvlači, vrata su loše zaptivena te je potrebno regulisati bravu kako bi vrata bila dobro zaptivena.

### **d) Tromesečno**

1. Potrebno je podmazati sva ležišta na elektromotorima i ventilatorima u instalaciji. Ležišta ventilatora u instalacijama na niskim temperaturama moraju biti podmazana specijalnom mašću koja je namenjena radu na niskim temperaturama;
2. proveriti da li su svi kaiševi ispravni i dovoljno zategnuti;
3. u amonijačnim instalacijama ispustiti ulje iz svakog lonca (sakupljača ulja).

#### e) Godišnje ili svakih 5.000 časova rada

- 1) Zaustaviti instalaciju, odsisati kompresor, ispustiti ulje, očistiti karter i napuniti ga novim uljem;
- 2) odsisati odvajač ulja, ispustiti ulje, očistiti odvajač iznutra i napuniti ga novim uljem;
- 3) skinuti poklopac cilindra i proveriti usisne i potisne ventile i opruge i po potrebi zameniti, uz prethodnu proveru da li su nabavljeni rezervni delovi;
- 4) skinuti i očistiti usisne filtere na kompresoru i filter za ulje u karteru;
- 5) skinuti poklopce dobošastih kondenzatora i ispitati cevnu ploču i cevi; prljave cevi očistiti četkama, čelične cevi očistiti čeličnim četkama, a mesingane cevi četkama od najlona ili dlake.

### 17.5. Zaustavljanje instalacije

Način zaustavljanja zavisi od vrste i veličine instalacije i stepena automatizovanosti.

U malim instalacijama komercijalnog tipa (rashladni ormani) termostat zaustavlja rad kompresora, odnosno elektromotora, i po potrebi ponovo ga pušta u rad.

Veće automatizovane instalacije prestaju sa radom isključivanjem motora kompresora pomoću presostata niskog pritiska. U ovakvim instalacijama postoje magnetni ventili čijim radom upravlja termostat.

Velike instalacije ili instalacije čiji rad nije automatizovan zahtevaju drugačiji pristup i veći broj radnji koje ćemo nabrojati redom kojim ih treba izvršavati.

Kada se želi zaustaviti instalacija treba uraditi sledeće:

- 1) zatvoriti ventil na tečnom vodu rashladnog fluida na izlazu iz kondenzatora ili skupljača,
- 2) zatvoriti ventil na tečnom vodu rashladnog fluida ka hladnjaku za ulje u karteru,
- 3) zatvoriti ventil na vodu od odvajača ulja ka karteru i ostale ventile koji spajaju karter sa cevovodom,
- 4) zaustavni ventil na usisnom vodu zatvarati vrlo sporo (dok usisni pritisak ne opadne na oko 0,35 bar do 0,5 bar) da se ne bi isumpalo ulje iz kartera,
- 5) isključiti iz rada elektromotor kompresora, po zaustavljanju kompresora zatvoriti ventil na usisnom vodu,
- 6) zatvoriti ventil na cevi za dovod vode u kondenzator,
- 7) pri hlađenju tečnosti obustaviti rad cirkulacione pumpe (nije uvek obavezno),
- 8) ako instalacija ne radi duže od 4 sata, zatvoriti i ventil na potisnom vodu i ventil na cevi između odvajača ulja i kondenzatora. Pri puštanju instalacije u rad ventile ponovo otvoriti.

Ako se planira da instalacija ne radi duže vreme, postoji opasnost da će se zaprtivača na (otvorenom) kompresoru osušiti, usled čega bi rashladni fluid mogao da curi iz instalacije. Iz tog razloga je potrebno svaki drugi dan, ili čak svaki dan, puštati da kompresor radi kratko vreme.

## Kvarovi i popravke

Često se u radu rashladnih instalacija dešava da mali kvarovi imaju velike i nepoželjne posledice. Da bi se to sprečilo, rukovalac instalacije mora da poštuje proceduru i obavi sve radnje opisane u prethodnom poglavlju, a pored toga da redovno očitava parametre na manometrima i termometrima u instalaciji i da kontroliše da li se pritisak i temperature nalaze u predviđenim granicama.

U ovom poglavlju biće opisana najčešća odstupanja od predviđenog režima rada, njihovi uzroci i mere koje treba preduzeti da bi se odstranile uočene greške.

Najbolji način kontrole rada instalacije je merenje pritiska i temperatura na različitim mestima unutar sistema. Tačnost zapažanja i brzina donošenja zaključaka zavise pre svega od tačnosti instrumenata kojima se pritisak i temperatura mere. Pri svakom odstupanju od zadatih parametara, potrebno je, pre preuzimanja bilo kakvih akcija, utvrditi ispravnost mernih instrumenata.

Kvar na instrumentima može nastati iz različitih razloga, što umnogome zavisi od načina korišćenja. Pošto su u pitanju veoma osetljivi i precizni instrumenti, najbolje rešenje je njihova trenutna zamena, da bi se rad instalacije mogao kontrolisati. Neispravane instrumente najbolje je poslati na popravku ovlašćenim servisima.

Zbog svega navedenog, neophodno je pažljivo rukovati mernim instrumentima i povremeno vršiti poređenje sa drugim instrumentima istog tipa, kako bi se proverila njihova ispravnost. Upoređivanje se može vršiti zamenom postojećeg instrumenta sličnim instrumentom na mestu u instalaciji čije parametre želimo da proverimo. Samo na taj način se osigurava da instrument pokazuje tačnu vrednost.

### 18.1. Suviše visok pritisak na potisu

Pritisak iznad željene vrednosti može da bude posledica tri različita uzroka ili kombinacije tih uzroka.

Prvi uzrok može da bude nedovoljno hlađenje kondenzatora. Kod vodom hlađenih kondenzatora prekoračenje pritiska nastaje kao posledica gubitka (nedovoljne količine) vode za hlađenje. Svaka instalacija ima definisan protok vode kroz kondenzator. Da bi se protok vode iz kondenzatora lakše kontrolisao, cev na izlazu iz kondenzatora je otvorena i voda, preko levka, slobodno otiče (npr. u kanalizaciju). Na taj način se može videti da li voda protiče kroz kondenzator i, ako protiče, izmeriti njen protok. U slučaju da je nedovoljan protok uzrok povećanog pritiska, potrebno je instalaciji povećati protok vode. Ako ne postoji mogućnost da se instalaciji poveća protok, može se pustiti da radi na pritisku većem od predviđenog, ali pod uslovom da pritisak na potisu ne prekorači vrednost koju je definisao proizvođač opreme.

U slučaju da pritisak na potisu prekorači ovu vrednost, instalacija se isključuje iz rada. Instalacija se ponovo pušta u rad tek pošto se steknu odgovarajući uslovi, tj. obezbedi potreban protok vode ili vazduha za hlađenje kondenzatora, ili smanji rashladni učinak.

U instalacijama sa vazduhom hlađenim kondenzatorom uzrok lošeg hlađenja kondenzatora su nedovoljan protok vazduha kroz kondenzator, zaprljanost kondenzatora i visoka temperatura vazduha.

Naslage kamenca na cevima evaporativnih i atmosferskih kondenzatora mogu da umanje njihov učinak.

Nedovoljan protok vazduha kroz kondenzator može da bude posledica prepreke (nekog predmeta) postavljene pored kondenzatora koja ometa cirkulaciju vazduha, zbog čega treba paziti da ništa ne stoji na putu vazduhu koji ulazi ili izlazi iz kondenzatora. Najmanje rastojanje između kondenzatora i najbližeg susjednog predmeta, koji bi mogao ometati prolaz vazduha, mora da iznosi približno jedan do dva prečnika aksijalnog ventilatora ili cca 50 cm.

Često se dešava da je prostor između lamela kondenzatora ispunjen prašinom, lišćem i otpacima hartije ili drugom nečistoćom. Nagomilana prljavština uzrokuje nedovoljan protok vazduha i smanjuje mogućnost prelaza toplote sa lamela i cevi kondenzatora na vazduh. Zbog toga se mora voditi računa da nečistoća ne dolazi do kondenzatora, odnosno kontrolisati i čistiti prostor između lamela čim se prljavština uoči. Čišćenje treba obaviti prođuvavanjem vazduha u smeru suprotnom od smera kretanja vazduha u radnom režimu kondenzatora. Ispiranje vodom nije poželjno ukoliko je kondenzator prašnjav, jer se time formiraju naslage u obliku blata koje je kasnije teško otkloniti.

Temperatura vazduha koja struji ka kondenzatoru može biti mnogo viša nego što je predviđeno i to će prouzrokovati nedovoljno hlađenje kondenzatora. To se dešava kada je kompresorski agregat postavljen u malu prostoriju bez ventilacije, gde stalno jedna ista količina vazduha cirkuliše kroz kondenzator i pri svakom prolazu se zagreva, što posle izvesnog vremena izazove osetan porast temperature vazduha. Zbog toga je potrebno kvalitetno ventiliranje prostorije. U prirodno ventiliranoj mašinskoj prostoriji, u kojoj je smešten kompresorski agregat, otvori za odvođenje vazduha treba da su neposredno ispod tavanice, da bi bilo efikasnije strujanje toplog vazduha, a istovremeno i dotok svežeg vazduha iz hladnijeg prostora (slika 15.2).

Nedovoljno hlađenje vazduhom hlađenih kondenzatora može da nastane u slučaju kada sunčevi zraci padaju na kondenzator ili kada se u blizini kondenzatora nađu izvori toplote, kao kotao, radiator, peć i dr.

Sledeći uzrok povećanom pritisku u potisnom vodu instalacije može biti prepunjenost instalacije rashladnim fluidom. Povećanje pritiska, u ovom slučaju, ima za posledicu nižu temperaturu gasa u potisnom vodu, a vidno staklo na tečnom vodu puno je tečnog rashladnog fluida bez prisustva mehurića.

Pri pražnjenju instalacije potrebno je pridržavati se procedure date u poglavlju 5. **Nije dozvoljeno rashladni fluid slobodno ispuštati u okolinu.**

Kada je cev za pražnjenje priključena, potrebno je zatvoriti ventil na tečnom vodu iza kondenzatora, zatim pustiti instalaciju u rad i jednovremeno omogućiti protok vode kroz kondenzator. U slučaju prekoračenja pritiska u kondenzatoru po-

trebno je otvoriti ventil na potisnoj cevi i ispustiti višak rashladnog fluida, zatim ga zatvoriti i jednovremeno otvoriti ventil na tečnom vodu, pustiti instalaciju u rad i pažljivo kontrolisati pritisak na potisu. U slučaju da je pritisak i dalje visok, potrebno je ceo postupak ponavljati sve dok se ne postigne željena vrednost.

Uzrok visokog pritiska na potisnom vodu može biti i prisustvo vazduha u instalaciji. U tom slučaju temperatura potisnog voda neće se menjati kao u slučaju prepunjenosti, ali će se u vidnom staklu na tečnom vodu pojaviti vrlo sitni mehurići, koji su znak da u instalaciji ima vazduha.

Postupak za ispuštanje vazduha isti je kao i postupak za ispuštanja rashladnog fluida, s tim što treba napomenuti da se vazduh skuplja na najvišoj tački u kondenzatoru. Ako u instalaciji nema ventila za ispust vazduha, već se vazduh ispušta kroz olabavljenu spojku, ona mora biti na najvišoj tački kondenzatora.

Ovo su najčešći uzroci prekoračenja visokog pritiska na potisu; praktično, drugih uzroka nema. U slučaju prekoračenja pritiska, prvo treba proveriti da li je hlađenje kondenzatora zadovoljavajuće, pa tek onda tražiti dalje uzroke.

## 18.2. Nizak pritisak na potisu

Suviše nizak pritisak na potisu može nastati iz dva razloga:

- nedovoljnog punjenja instalacije; to se može konstatovati odsustvom mehurića u vidnom staklu, što znači da instalaciju treba dopuniti. Postupak dopunjavanja detaljno je opisan u delu o punjenju instalacije rashladnim fluidom i neće ovde biti ponavljan;

- zapušenog filtera na usisnom priključku kompresora, usled čega u kompresor ne dolazi dovoljno rashladnog fluida pa je pritisak na potisu nizak. Prateće pojave su i povećan usisni pritisak i vrlo visoka temperatura na potisu.

Filteru se pristupa tako što se prvo odsisa kompresor, skine poklopac filtera, izvadi telo filtera, a zatim očisti.

Postupci koji prethode tome su sledeći:

- zatvoriti ventil koji se nalazi na cevi za povratak ulja iz odvajča ulja u karter;

- zatvoriti ventil na tečnom vodu kojim se dovodi tečan rashladni fluid ka hladnjaku za ulje;

- zatvoriti ventile na svim ostalim cevima koje ulaze u karter (na primer, cevi za izjednačenje nivoa ulja u karterima);

- zatvarati, vrlo sporo, ventil na usisnom vodu dok kompresor radi. Kada pritisak opadne na 0,1 bar, tj. kada vakuum bude oko 670 mmHg, odmah zaustaviti kompresor i čvrsto zatvoriti ventil na usisnom vodu. Ventil zatvarati veoma sporo da ulje ne bi bilo izvučeno iz kartera. Na ovaj način je u kompresoru ostala minimalna količina rashladnog fluida. Posle odsisavanja kompresora može se desiti da pritisak ponovo poraste jer se rashladni fluid rastvoren u ulju, usled niskog pritiska, izdvaja iz njega. U tom slučaju potrebno je ponoviti postupak odsisavanja kompresora, sve dok se ne dobije stalan vakuum. Ako kompresor ima uređaj za smanjenje kapaciteta, potrebno je prilikom odsisavanja isključiti one cilindre kod kojih je predviđena mogućnost isključenja;

- zatvoriti ventil na potisnom vodu, rastaviti cev koja spaja manometar sa kompresorom na mestu gde je priključena za kompresor, a pre toga zatvoriti ventil

na njoj da vazduh ne bi ušao u manometar. Preko ovog priključka odsisati rashladni fluid u gasnom stanju. Kroz taj priključak izaći će iz kompresora preostali gas;

– obazrivo i lagano skinuti poklopac filtera, držeći lice što dalje od njega u slučaju da je u filteru, naročito ako je sasvim zapušten, i ako je zaostala izvesna količina rashladnog fluida;

– izvaditi i očistiti filter, najbolje pranjem u odgovarajućem rastvaraču. Filter se obično sastoji od cilindra koji je načinjen od fine žičane mreže, a nečistoća se taloži sa unutrašnje strane. Pre ponovne montaže filter mora biti potpuno suv. Za brisanje se ne smeju upotrebljavati meke krpe koje mogu ostaviti konce na mrežici filtera;

– posle vraćanja filtera na mesto odstraniti vazduh iz kompresora (vakuuiranjem), a zatim pustiti instalaciju u rad. Nakon isključenja vakuum-pumpe polako otvarati usisni ventil, posle čega će u kompresor početi da ulazi rashladni fluid iz usisnog voda. Momenat kada počinje da izlazi rashladni fluid, a ne vazduh, kod freonskih instalacija se može utvrditi pomoću detektor-lampe, a kod amonijačnih instalacija pojavom karakterističnog mirisa. Manometar ponovo priključiti i otvoriti ventil na potisnoj cevi, a pritisak na potisu stalno kontrolisati, kao i eventualno prisustvo vazduha u instalaciji.

### **18.3. Približno isti pritisci na usisu i potisu**

Ako su pritisci koji se očitavaju na usisnom i potisnom manometru približno jednaki, ili ako je razlika manja od 2 bar, znači da u radu instalacije postoji neka neispravnost. Razlika između pritiska na potisu i pritiska na usisu zavisi od rashladnog fluida, temperature isparavanja i temperature kondenzacije, ali se nikad pod uobičajenim okolnostima ne spušta ispod 2 bar. Razloga za ovo može da bude nekoliko, a među njima su najčešći sledeći.

Zapušen usisni filter. O ovome je već bilo reči pri opisivanju uzroka smanjenog pritiska u potisnom vodu. Ako je usisni filter zaprljan, pritisak u potisnom vodu će opasti, a pritisak u usisnom vodu će se povećati do te mere da će se oni skoro izjednačiti. U tom slučaju treba očistiti filter na usisu saglasno navedenoj proceduri.

Drugi razlog za izjednačenje pritiska u potisnom i usisnom vodu kompresora može biti oštećen ekspanzioni ventil, tj. oštećeno sedište ventila ili igla. Kod ovakvog kvara jedino rešenje je zamena ekspanzionog ventila, jer je svaka intervencija rukovaoca instalacije uzaludna.

Zamena ekspanzionog ventila može biti vrlo jednostavna ako oko njega postoji obilazni vod, a zaustavni ventil ispred i iza ekspanzionog ventila. To je slučaj kod većih instalacija kod kojih intervencija na ekspanzionom ventilu ne predstavlja nikakav problem. U velikim instalacijama, u zaobilaznom vodu se često postavlja i ručni prigušni ventil, pa se cela intervencija završava bez prekida rada instalacije. U tom slučaju potrebno je zatvoriti oba zaustavna ventila i skinuti ekspanzioni ventil. Pri ovoj operaciji mora se voditi računa da u ekspanzionom ventilu i u delu cevi između zaustavnog ventila ima tačnog rashladnog fluida pod pritiskom koji će, čim se nađe na atmosferskom pritisku, početi naglo da isparava.

Posle zamene ekspanzionog ventila potrebno je zategnuti spoj između ventila i cevi, malo otpustiti spojku ili prirubnicu na cevi koja spaja ekspanzioni ventil i ventil za isključivanje bliži isparivaču, otvoriti zaustavni ventil bliži kondenzatoru



i u cev i ekspanzioni ventil će početi da ulazi rashladni fluid istiskujući vazduh koji će isticati kroz otpuštenu spojku. Vreme potrebno da sav vazduh izađe iz instalacije nije duže od nekoliko sekundi, posle čega se spojka zateže i oba zaustavna ventila otvaraju, a zatvara ručni regulacioni ventil na obilaznom vodu. Ručni regulacioni ventil se ne sme jako zategnuti da se ne bi oštetilo sedište ventila ili igla.

Ako je zamenjeni ventil bio termostatski ekspanzioni ventil, tj. ako je sa kapilalom, pipak kapilare se mora postaviti na isto mesto i na isti način kao što je bio montiran pre izvršene zamene. U delu o automatici dati su propisi koji se odnose na montažu pipka kapilare.

Ako termostatski ekspanzioni ventil ima cev za izjednačenje pritisaka, ona se sa usisnim vodom povezuje preko ventila. Pre demontaže ekspanzionog ventila potrebno je ovaj ventil zatvoriti. Posle zamene ekspanzionog ventila, cev za izjednačenje pritisaka povezuje se za priključak na ekspanzionom ventilu, a zatim se rashladni fluid pušta kroz ekspanzioni ventil. Da bi se iz cevi za izjednačenje pritisaka istisnuo vazduh potrebno je, pre puštanja rashladnog fluida, otpustiti spojku između nje i ventila kojim je spojena sa usisnim vodom. Kada kroz nezaptivnu spojku počne da izlazi rashladni fluid, smatra se da je sav vazduh istisnut i spojku treba stegnuti.

Gornji pasus odnosi se na zamenu ekspanzionog ventila kada ispred i iza njega postoje ventili pomoću kojih se ekspanzioni ventil može odvojiti od ostalog dela instalacije. Međutim, ako između ekspanzionog ventila i isparivača nema zaustavnog ventila, potrebno je odsisati sav rashladni fluid iz isparivača ba bi se ekspanzioni ventil demontirao. Postupak je sledeći. Zatvoriti ventil na tečnom vodu iza skupljača, a zatim pustiti instalaciju u rad (ako je kondenzator hlađen vodom, protok vode mora biti maksimalan). Na taj način će kompresor izvlačiti fluid iz isparivača koji će u kondenzatoru prelaziti u tečno stanje i odlaziti u skupljač tečnosti. Proces se mora voditi obazrivo i postepeno. Naime, potrebno je stalno osmatrati pritisak na potisnom manometru i ako pritisak prekorači dozvoljenu vrednost, isključiti rad kompresora i sačekati da pritisak opadne do dozvoljene vrednosti. Za to vreme, kod vodom hlađenih kondenzatora potrebno je da protok vode bude neprekidan, tj. da protok vazduha kroz vazduhom hlađeni kondenzator bude maksimalan da bi se gas kondenzovao i na taj način pritisak opao.

Ako se odsisava isparivač u kome se hladi voda, pre odsisavanja je potrebno ispustiti svu vodu iz isparivača da ne bi, usled smanjenja pritiska i temperature rashladnog fluida u isparivaču, došlo do zamrzavanja vode.

Prilikom procesa odsisavanja potrebno je isključiti i presostat niskog pritiska i presostat visokog pritiska. Ako na cevi između presostata i instalacije postoje zaustavni ventili, najbolje je zatvoriti ove ventile. Presostati se isključuju da ne bi, usled visokog pritiska na potisu odnosno niskog pritiska na usisu, zaustavili rad kompresora, ili se oštetili. Pri puštanju instalacije u rad, presostati se moraju ponovo uključiti.

Ako u instalaciji ima više od jednog isparivača, na usisnoj cevi iza svakog isparivača trebalo bi da su postavljeni zaustavni ili magnetni ventil kojima se isparivač može isključiti. U cilju demontaže ekspanzionog ventila odsisava se samo onaj isparivač koji je povezan sa ventilom koji se menja. Ostali isparivači se odvajaju tako što će se zatvoriti ventili na pripadajućim usisnim cevima.

U izvesnim slučajevima, posebno kada u instalaciji postoji skupljač tečnog rashladnog fluida, isparivač se može skoro potpuno isprazniti tako što se kompresor naizmenično pušta u rad i zaustavlja kada pritisak u kondenzatoru poraste, pa naizmenično pušta u rad i zaustavlja kada pritisak opadne i tako sve dok se isparivač ne isprazni, tj. dok pritisak u usisnom vodu ne opadne do cca 0,1 bar, tj. na vakuum od 670 mmHg.

Kod velikih isparivača i kod konstrukcije kod koje je količina rashladnog fluida u isparivaču vrlo velika, kao što je to slučaj kod „potopljenih“ isparivača, nije uvek moguće smestiti celokupno punjenje rashladnog fluida iz isparivača u kondenzator i u skupljač tečnosti. To će se pokazati na taj način što pritisak rashladnog fluida u kondenzatoru posle nekog vremena neće više opadati, bez obzira na dužinu vremena i količinu vode koja protiče kroz kondenzator. Ako se ovo desi, potrebno je iz kondenzatora ispustiti rashladni fluid. Najlakše bi bilo istočiti fluid u boce, kako bi se kasnije mogao ponovo upotrebiti. Kod nekih instalacija ugrađeni su dodatni sudovi za ovakve potebe. Ukoliko se rashladni fluid deponuje u posebne boce, one moraju odgovarati rashladnom fluidu iz kojih se prethodno mora odstraniti vazduh.

Najbolje je ispuštati rashladni fluid u boce iz kojih se instalacija prethodno punila i u kojima je ostalo malo rashladnog fluida u gasovitom stanju. Ove boce mogu da prime odgovarajuću količinu rashladnog fluida i zadovoljavaju sve uslove potrebne za njegovo čuvanje. Prilikom pretakanja rashladnog fluida u ove boce, mora se voditi računa da se u boce ne smesti više rashladnog fluida nego što je u njima bilo pre prvog punjenja instalacije.

Rashladni fluid će se najlakše preručiti ako se boca preko bakarne cevi priključi na slobodan priključak na skupljaču tečnosti, jer će tada u nju ulaziti rashladni fluid u tečnom stanju. I u ovom slučaju treba iz bakarne cevi, koja spaja instalaciju i bocu na već opisani način, ispustiti vazduh pre nego što se pristupi pretakanju rashladnog fluida. Iz instalacije se u boce pretače samo onoliko rashladnog fluida koliko je potrebno da bi isparivač mogao da se odsisa.

Po završetku procesa odsisavanja zatvara se ventil na usisnoj cevi iza isparivača, ili ako ovog ventila nema, zatvara se ventil na usisnom priključku kompresora, posle čega se može izvršiti zamena ekspanzionog ventila. I u ovom slučaju važi sve što je rečeno o montaži kapilare i pipka kod termostatskog ekspanzionog ventila. Prilikom zamene ekspanzionog ventila, vazduh će ući u isparivač, zbog čega se po završenoj zameni isparivač, ventil i usisna cev moraju odvazdušiti. Posle kompletne intervencije potrebno je vakuumirati deo instalacije iz kog je prethodno odsisan rashladni fluid (zbog prodora vazduha u instalaciju u toku intervencije), a zatim otvoriti ventil na tečnom vodu koji je bio zatvoren tako da rashladni fluid iz skupljača uđe u isparivač i usisnu cev.

Ako je u pitanju isparivač u kome se hladi voda, treba obratiti pažnju da u njemu ne bude vode pri puštanju rashladnog fluida, i to zbog toga što će rashladni fluid kada dođe na nizak pritisak početi odmah da isparava sa vrlo niskom temperaturom isparavanja usled čega će se voda smrznuti. O ovome treba voditi računa i ako je u pitanju rasolina, jer se kod izvesnih procenata i ona može smrznuti. Ako je iz instalacije bio ispušten rashladni fluid u boce treba ga vratiti u instalaciju. Pri tome važi sve ono što je rečeno u poglavlju o punjenju instalacije rashladnim fluidom.

Posle cele ove operacije treba uvek proveriti da li u instalaciji ima vazduha i ispustiti ga ako ga ima i da li je instalacija dovoljno napunjena rashladnim fluidom.

Treći razlog za približno iste pritiske na potisnom i usisnom vodu mogu biti neispravni ventili u kompresoru. Naime, ako potisni ventili ne zatvaraju dobro, rashladni fluid će, za vreme kada se klip spušta, ulaziti iz potisne cevi u cilindar i kompresor neće moći da usisava gas iz usisnih kanala. Usled toga će se pritisci u potisnom i usisnom vodu brzo izjednačiti. Ako su usisni ventili neispravni, kompresor ili neće moći da usisava gas, ili neće moći da ga sabija jer će se za vreme sabijanja gas vraćati kroz neispravne usisne ventile u usisni kanal. Otklanjanje ovog nedostatka može se izvršiti jedino izmenom svih neispravnih delova. Da bi se to izvršilo, potrebno je odsisati kompresor na način koji je ranije opisan a zatim skinuti glavu i izmeniti ventile, opruge i sve druge delove koji nisu ispravni. Pri svemu ovome treba voditi računa da se, pre svega, kompresor ne otvara ako nema svih potrebnih delova za opravku, a sem toga potrebno je pre otvaranja iz uputstva proizvođača kompresora proučiti njegovu konstrukciju. Ovakva intervencija moguća ja samo kod otvorenih i poluhermetik kompresora jer se takva intervencija kod hermetik kompresora ekonomski ne isplati ili je tehnički neizvodljiva jer takva konstrukcija ne dozvoljava tu vrstu popravki.

Isti pritisci na usisu i potisu javiće se i ako je prsila sigurnosna pločica između usisa i potisa, ili je neispravan sigurnosni ventil. I u tom slučaju treba odsisati kompresor i zameniti sigurnosnu pločicu ili popraviti ventil.

Pri ponovnom sklapanju kompresora treba voditi računa da se, po mogućstvu, ne upotrebljavaju zaptivke koje su bile upotrebljavane. Ako nema rezervnih zaptivki, treba ih napraviti, s tim što moraju biti potpuno istog oblika kao stare zaptivke. Materijal za zaptivke je klingerit i drugi materijal ne treba upotrebljavati pošto može da se desi da ga rashladni fluid nagriza.

Po završenoj opravci treba instalaciju pustiti u rad na ranije opisan način i ispitati je da li u rashladnom fluidu ima vazduha i da li je instalacija dovoljno napunjena.

#### **18.4. Suviše nizak pritisak na usisu i u isparivaču**

U instalacijama u kojima nema ventila konstantnog pritiska ili ventila konstantne temperature na usisnom vodu, pritisci u isparivaču i pritisci na usisnom vodu kod kompresora biće vrlo slični, a razlikovaće se samo za onoliko koliko je pritisak gasa opao pri prolazu kroz cevi i ventile između isparivača i kompresora. Kod takvih instalacija može se, praktično, smatrati da su ovi pritisci isti. Nizak pritisak u usisnom vodu istovremeno znači, kod ovakvih instalacija, i nizak pritisak u isparivaču.

U instalacijama koje imaju ventil konstantnog pritiska ili ventil konstantne temperature, pritisak u isparivaču i pritisak u usisnom vodu često nisu isti i stoga se pritisak koji se očitava na usisnom manometru kod kompresora ne može uzeti kao merodavan za pritisak u isparivaču. U ovakvim instalacijama pritisak u isparivaču mora se meriti posebnim manometrom koji mora da bude priključen na usisnu cev između isparivača i ventila konstantnog pritiska odnosno temperature. Često se ovakvi ventili nalaze na instalacijama.

Ovde će se prvo razmatrati problem suviše niskog pritiska koji se očitava na usisnom manometru u instalacijama koje nemaju ventil konstantnog pritiska od-

nosno temperature, kod kojih je, znači, suviše nizak pritisak na usisnom manometru, u stvari, suviše nizak pritisak u isparivaču.

Kada se kaže „suviše nizak pritisak“, misli se na pritisak koji je niži za više od 0,5 bar kod freona 124a odnosno za više od 1 bar amonijaka i freona 22, od pritiska koji u isparivaču vlada u toj instalaciji pod istim uslovima rada, tj. sa istim brojem kompresora u radu sa istom temperaturom onoga što se hladi i pri sličnoj spoljnoj temperaturi vazduha. Ovo sniženje pritiska nepoželjno je jer se usled toga smanjuje učinak instalacije; ukoliko se radi o hlađenju robe, ona će se više sušiti, a ako se hladi voda ili neka druga tečnost, može se desiti da dođe do smrzavanja tečnosti. Prema tome, svako primetno snižavanje pritiska, a time i temperature isparavanja, mora se ispitati.

Nekoliko je uzroka zbog kojih može da dođe do smanjenja pritiska u isparivaču. Ovde će svaki od njih biti detaljno analiziran.

Uzrok koji je najlakše otkloniti je zamrzavanje cevi isparivača. Naime, ako se isparivač kojim se hladi vazduh, a u kome je temperatura isparavanja ispod 0 °C, ne otapa dovoljno često, na njemu će se nagomilati sloj leda u takvoj količini da vazduh više uopšte neće moći da prolazi između cevi ili će vrlo malo vazduha moći da prolazi. Pored toga naslaga leda oko cevi predstavlja tako dobru izolaciju da će toplota samo u sasvim malim količinama moći da prolazi sa vazduha na rashladni fluid u isparivaču. Pošto će rashladni fluid dobijati malo toplote, isparavače samo mala količina rashladnog fluida, dok će kompresor normalno raditi. Jasno je da će se pri tome pritisak u isparivaču smanjiti jer će kompresor imati veći kapacitet usisavanja nego što ispari gas u isparivaču.

Otklanjanje ovog uzroka smanjenog pritiska u isparivaču sastoji se u otapanju isparivača. Problemi u vezi sa otapanjem isparivača detaljno su analizirani u poglavlju 8, pa tamo treba videti sve u vezi sa ovim.

Drugi uzrok previše niskog pritiska u isparivaču može biti nedovoljno punjenje instalacije rashladnim fluidom. Usled ovoga u isparivaču će biti manje tečnog rashladnog fluida pa će, prema tome, ispariti manja količina nego što kompresor može da usisa. Rezultat toga biće smanjen pritisak u isparivaču.

U poglavlju 17, gde je reč o puštanju instalacije u rad, detaljno su opisani postupci u vezi sa punjenjem instalacije. Pri tome treba jedino voditi računa da se u ovom slučaju radi o dopunjavanju, pa neće biti potrebno sprovesti vakuumiranje i ostale radnje koje se primenjuju kada se instalacija puni prvi put.

Treći uzrok suviše niskog pritiska na usisu, tj. u isparivaču, može biti zapušeni filter ili sušac na tečnom vodu. Ovaj filter se obično nalazi uz magnetni ventil ili ekspanzioni ventil. Ako je filter zapušeni, treba ga skinuti, očistiti i ponovo vratiti u instalaciju ili ga u celosti zameniti.

Postupak skidanja filtera potpuno je isti kao pri skidanju ekspanzionog ventila. Naime, ako ispred i iza filtera postoje ventili za isključivanje, onda ih treba zatvoriti i filter skinuti. Ovakav slučaj najčešće imamo ako se radi o filterima sa izmenjivim ulošcima (veće instalacije). Ako ovih ventila nema, potrebno je odsisati ceo isparivač. Pri skidanju filtera na tečnom vodu treba se u svemu pridržavati uputstava koja su ranije u ovom poglavlju data u vezi sa skidanjem ekspanzionog ventila.

Ako se sumnja u to da je sušac rashladnog fluida zapušeni, potrebno je isti skinuti, otvoriti i pregledati, ukoliko je sušac takvog tipa da se može otvoriti. Ako se ne

može otvoriti, potrebno je produvati ga vazduhom pod pritiskom. Pri ovom produvavanju treba dobro voditi računa da se sušač ne ošteti, jer svaki sušač sa obe strane ima mrežu koja sprečava da sredstvo za sušenje izađe. Pri produvavanju se ova mreža može oštetiti, zbog čega bi sredstvo za sušenje, posle ponovne montaže sušača, počelo da izlazi iz sušača i da ide kroz cevi zajedno sa rashladnim fluidom. To može da izazove velike neprijatnosti pošto sredstvo za sušenje može da zapuši ekspanzioni ventil, ili da dođe u kompresor i da spreči podmazivanje, ili da onemogući potpuno zatvaranje ventila. Način skidanja sušača i njegova ponovna montaža biće opisani u delu u kome se govori o regeneraciji sredstava za sušenje.

Razlog za nizak pritisak u isparivaču, pored već navedenih, može da bude začeđen ili zapušten ekspanzioni ventil usled zapušavanja uzanog otvora nekim komadom nečistoće.

Ranije je već bilo govora o tome da se vlaga koja se nalazi u instalaciji, ukoliko se ne odstrani pomoću sušača, zamrzne u otvoru ekspanzionog ventila ako je temperatura isparavanja ispod 0 °C. To se dešava zato što je u otvoru ekspanzionog ventila temperatura vrlo niska i što se voda čim dođe na ovu tačku, usled toga zamrzne. Pošto je otvor ekspanzionog ventila jako malog prečnika, to se često dešava da led koji nastane smrzavanjem vode zapuši ovaj otvor. Da bi se ekspanzioni ventil odmrzao, treba krpe zamočiti u toplu vodu i staviti ih oko ekspanzionog ventila. Može se i topla voda sipati na ventil ako u blizini nema električnih instalacija i ako se time ne nanosi šteta prostoriji. Pri tome je dobro obustaviti rad instalacije. Ukoliko u instalaciji postoji sušač rashladnog fluida, a ipak je došlo do zamrzavanja ekspanzionog ventila, to znači da je sredstvo za sušenje zasićeno i ne može više apsorbovati vodu iz rashladnog fluida. Zbog toga, pre nego što se počne sa odmrzavanjem ekspanzionog ventila, treba izmeniti sušač bilo postavljanjem novog, ili regenerisanjem sredstava za sušenje u postojećem sušaču i vraćanjem istog sušača u instalaciju. Za odmrzavanje ventila može se koristiti i sušač za kosu, ali sa niskom temperaturom vazduha. *Nikako ne koristiti izvore toplote sa visokom temperaturom – iznad 100 °C (npr. autogeni aparat).*

Ako u instalaciji nije bilo sušača kada se ekspanzioni ventil zamrzao, treba ga montirati u instalaciju pre nego što se počne sa odmrzavanjem ventila.

Nema nikakve svrhe odmrzavati ventil bez postavljanja sušača koji će moći da apsorbuje tečnost jer će voda koja se otopila ponovo doći u ekspanzioni ventil i zamrznuti se u otvoru.

Još jedan razlog zbog koga pritisak u usisnom vodu može biti suviše nizak je neispravnost magnetnog ventila na usisnom vodu. Ako je ovaj ventil zatvoren, u isparivač ne može da dospe rashladni fluid i pritisak će usled rada kompresora brzo da opadne na vrlo nisku vrednost. Ovaj ventil se neće otvoriti i pored toga što je od termostata dobio električni impuls, ili zbog toga što su električni vodovi između termostata i magnetnog ventila prekinuti, a zbog toga što je došlo do oštećenja namotaja u magnetnom ventilu. Ako se radi o oštećenju namotaja, treba izmeniti kalem elektromagneta u ventilu, a ako je ventil takve konstrukcije da to nije moguće, treba izmeniti ceo magnetni ventil. Kod većine magnetnih ventila kalem se može izmeniti na taj način što se skine poklopac i izvuče čaura koja drži kalem a zatim skine i kalem. Kod magnetnih ventila koji imaju hermetička kućišta elektromagneta, treba odvrnuti zavrtnje koji spajaju kućište elektromagneta sa kući-

štem ventila i skinuti kućište elektromagneta. Sada se kalem sa namotajima lako skine i zameni.

Ukoliko magnetni ventil mora da se skida ceo, bilo zbog oštećenja navoja ili iz bilo kog drugog razloga (zbog oštećenja sedišta ili igle, na primer), treba postupiti na potpuno isti način kao i pri skidanju ekspanzionog ventila. Postupak pri skidanju ovog ventila opisan je ranije u ovom poglavlju.

U instalacijama u kojima postoji ventil konstantnog pritiska, pritisak u isparivaču reguliše se ovim ventilom. Ako pritisak u isparivaču opadne ispod vrednosti koju bi ovaj ventil trebalo da održava, to znači da je ventil konstantnog pritiska neispravan, i jedino što se u tom slučaju može učiniti je da se ovaj ventil zameni ispravnim. Ako između isparivača i ventila konstantnog pritiska postoji zaustavni ventil, treba taj ventil zatvoriti, a zatim pomoću kompresora odsisati gas iz cevi između ovog zatvorenog ventila i usisnog priključka na kompresoru. Ako u instalaciji ima još isparivača sa zaustavnim ventilima na usisnim priključcima, treba te ventile pri tome zatvoriti. Kada se iz usisne cevi odsisao rashladni fluid, treba zatvoriti ventil na usisnom priključku kompresora a zatim skinuti neispravni ventil i zameniti ga ispravnim.

Ako između isparivača i ventila konstantnog pritiska ne postoji zaustavni ventil, onda se u cilju izmene ventila mora odsisati ceo isparivač. Ovaj postupak je opisan ranije.

Jasno je da i kod isparivača sa ugrađenim ventilom konstantnog pritiska mogu da nastupe svi oni slučajevi koji bi u normalnoj instalaciji izazvali preteran pad pritiska u isparivaču, tj. zaleđivanje isparivača, nedovoljno punjenje instalacije, zapušten filter na tečnom vodu, zamrznuti ekspanzioni ventil ili neispravan magnetni ventil.

U instalacijama sa ugrađenim ventilom konstantnog pritiska, međutim, ove neispravnosti neće izazvati nizak pritisak u isparivaču zbog toga što će se ventil konstantnog pritiska zatvoriti čim pritisak opadne do vrednosti koju ovaj ventil mora da održava. Kao posledica zatvaranja ventila nastupiće pad pritiska u usisnom vodu. Zbog toga se može računati da je suviše nizak pritisak u usisnom vodu, u instalacijama sa ventilom konstantnog pritiska, izazvan istim neispravnostima koje izazivaju pad pritiska u isparivaču u instalacijama koje nemaju ovaj ventil i, naravno, za otklanjanje ovih neispravnosti treba preduzeti iste one mere koje su ranije opisane u ovom poglavlju.

Treba, međutim, biti obazriv u procenjivanju da li je pritisak u usisnom vodu suviše nizak, pošto se u ovim instalacijama dešava da pritisak iza ventila konstantnog pritiska (tj. u usisnom vodu) opadne naglo, čim se opterećenje isparivača smanji, tj. čim je ono što se hladi do izvesne mere, ohlađeno.

Svaki rukovalac instalacije bi trebalo da beleži pritiske u isparivaču i usisnom vodu pri raznim temperaturama vazduha (ili vode) koji se hladi, kako bi imao mogućnost da procenjuje da li je ponašanje instalacije normalno ili ne.

U instalacijama koje imaju samo ventil konstantne temperature (mada je to retko, jer se obično pored ovoga ventila ugrađuje i ventil konstantnog pritiska), pritisak u isparivaču će biti diktiran radom ovog ventila i kretaće se u zavisnosti od temperature vode ili vazduha koji se hladi. Ventil konstantne temperature će snižavati pritisak isparavanja ako je potrebno da se voda ili vazduh intenzivnije hlade.

Neispravnosti koje izaziva preteran pad pritiska u isparivaču u instalacijama bez ikakvih ventila za regulaciju na usisu, izazvaće i u instalaciji sa ventilom konstantne temperature, pad pritiska u usisnom vodu.

Pad pritiska u usisnom vodu u ovim instalacijama, pored navedenih neispravnosti, može da nastupi još i zato što se zbog neispravnosti ventil konstantnog pritiska odnosno konstantne temperature ne otvara dovoljno. U tom slučaju biće pritisak u isparivaču preterano visok, a pritisak u usisnom vodu preterano nizak.

### **18.5. Kompresor ostaje bez ulja**

U poglavlju o rashladnim fluidima opisan je način na koji ulje može biti povučeno iz kartera kompresora, a u uputstvima za puštanje kompresora u rad objašnjen je način na koji se ovo izvlačenje ulja može izbeći.

Osnovno pravilo je da pritisak u karтеру ne sme nikada naglo da se snizi jer će rashladni fluid koji je rastvoren u ulju početi naglo da isparava i povući sa sobom ulje koje može biti izvučeno iz kartera i prepumpano u potisnu cev.

Može se, međutim, desiti da i pored pažljivog rukovanja, kompresor ostane bez ulja. Ako je u pitanju nova instalacija ili instalacija u kojoj su izmenjeni isparivač i kondenzator, kompresor ostaje bez ulja zbog toga što se zadržava na unutrašnjim površinama cevi u tankom sloju koji uvek postoji u ovim aparatima. U poglavlju o puštanju instalacije u rad opisan je način dolivanja ulja koji se mora sprovesti u ovakvim slučajevima.

Pod pretpostavkom da je instalacija ispravno projektovana i montirana, posle dolivanja ulje bi trebalo da se u kompresoru održava na konstantnom nivou.

Ako u toku rada instalacije, koja je dotle normalno radila, kompresor ostane bez ulja, a tome nije uzrok smanjenje pritiska u karтеру usled nepažljivog rukovanja, razlog može biti probušen plovak u odvajaču ulja, zbog čega ne može da otvara ventil i ispušta ulje iz odvajača u kompresor. Osim ovoga, uzrok nedostatku ulja u kompresoru može da bude i začepljenje ventila za povratak ulja na odvajaču, nečistoćom koja se vremenom nataloži u odvajaču. Pošto je kvar ventila sa plovkom nemoguće tačno utvrditi bez demontiranja ventila, to se treba prethodno uveriti da nema nekog drugog razloga zbog koga kompresor ostaje bez ulja, pa tek ako je sigurno da drugih razloga nema, treba pristupiti demontiranju ventila sa plovkom. Ovaj ventil se ponekad može izvaditi iz odvajača ulja bez otvaranja samog odvajača, a nekad se mora skidati poklopac sa odvajača da bi se ventil i plovak izvadili. U svakom slučaju, pre nego što se ovo uradi, treba zatvoriti ventile na cevi ispred i iza odvajača. Pri otvaranju plovka treba biti oprezan jer se rashladni fluid u njemu nalazi pod visokim pritiskom.

Pri otvaranju odvajača mora se izgubiti nešto rashladnog fluida, ali pošto je u pitanju rashladni fluid u gasovitom stanju, neće se mnogo izgubiti. Skidanje ventila odnosno otvaranje odvajača ulja treba iskoristiti za izmenu ulja i za čišćenje odvajača. Ukoliko je plovak probušen, treba ga izmeniti ili poslati u servis proizvođača na opravku. Nije preporučljivo opravljati ovaj plovak pošto je on izložen pritisku koji vlada na potisu instalacije i mora posle popravke da bude ispitan na pritisak od 14 bar, za šta je potreban poseban uređaj. Nakon opravke ventila ne treba zaboraviti da se u odvajač mora nasuti ulje. Za svaki odvajač se zna količina ulja i rukovalac taj podatak mora da traži od izvođača instalacije. Posle montaže zamenjenog plovka i

zatvaranja odvajača ulja treba preduzeti mere da se vazduh iz odvajača istera kada se rashladni fluid pušta u njega. Da bi se to postiglo, najbolje je izvršiti vakuumiranje tog dela instalacije, a potom otvoriti ventil između odvajača ulja i kondenzatora. Na taj način će rashladni fluid iz kondenzatora početi da ulazi u odvajač.

U manjim instalacijama odvajači ulja su zatvoreni i ne postoji mogućnost njihovog otvaranja i provere ventila sa plovkom. Tada je najbolje zameniti ceo odvajač, a dodatnu količinu ulja kojom je potrebno napuniti ga, obezbediti po uputstvu proizvođača odvajača ulja.

I ovom prilikom, kao i posle svake druge popravke, treba proveriti da li u instalaciji nema vazduha i da li u instalaciji ima dovoljno rashladnog fluida.

Ako u instalaciji ima dva ili više kompresora koji su tako povezani da rade sa zajedničkim kondenzatorom ili isparivačem, tj. ako imaju makar jednu zajedničku tačku, može se desiti da pod izvesnim uslovima ulje iz jednog kompresora počinje da nestaje, a u drugom da se skuplja. Ovaj proces prelaženja ulja iz jednog u drugi kompresor ne bi smeo da se dešava brzo i u slučaju da se desi da jedan kompresor ostane bez ulja u roku od **nekoliko sati**, treba tražiti pomoć stručnjaka. Međutim, dešava se da posle **nekoliko nedelja** rada nivo ulja u jednom kompresoru poraste a u drugom opadne, u kom slučaju treba doliti ulje u onaj kompresor u kome je nivo ulja niži, a ispustiti ulje iz onog kompresora u kome ima više ulja. Ako su karteri kompresora spojeni cevima za izjednačenje nivoa ulja treba voditi računa da ventili na tim cevima budu otvoreni.

Da bi se sprečilo da ulje prelazi iz jednog kompresora u drugi, treba voditi računa da svi kompresori u instalaciji imaju približno jednako vreme rada, a ne da jedan kompresor stalno radi a drugi da se uključuje samo kada je opterećenje najveće.

## 18.6. Mehurovi u vidnom staklu na tečnom vodu

Veliki mehurovi u vidnom staklu znače da u instalaciji nema dovoljno rashladnog fluida i da je potrebno dopunjavanje instalacije. Postupak oko dopunjavanja opisan je u poglavlju 10, o puštanju instalacije u rad.

Mali mehurići koji prolaze brzo jedan za drugim kroz vidno staklo znače da u instalaciji ima vazduha. Taj vazduh se mora ispustiti, a način na koji se to radi opisan je u ovom poglavlju, u delu u kome se govori o visokom pritisku na usisu.

## 18.7. Ekspanzioni ventil zamrznut spolja

To znači da u instalaciji ima vlage i da se voda smrzava u otvoru ekspanzionog ventila. Način za odmrzavanje ventila opisan je u ovom poglavlju, u delu gde se govori o niskom pritisku u isparivaču.

## 18.8. Kompresor lupa

Lupanje u kompresoru može da bude različite jačine i trajanja, u zavisnosti od uzroka.

Jako povremeno lupanje koje dolazi iz glave cilindra znači da je u cilindar dospeo tečni rashladni fluid ili ulje. Ovo se, obično, javlja na početku rada instalacije, posle dužeg prekida, kada kompresor usisa rashladni fluid u tečnom stanju iz isparivača gde se nivo rashladnog fluida povećao usled nezaptivenosti u ekspanzionom ventilu. Isto tako, u početku rada može usled smanjenja pritiska u karteru



da počne da isparava rashladni fluid iz ulja i da sa sobom povuče ulje koje dospe u cilindar. Tečan rashladni fluid ili ulje ne mogu se sabiti u cilindru kao što se sabija gas i da bi mogli da izađu iz cilindra odižu celu ventilsku ploču ili samo jedan deo u koju svrhu je predviđena sigurnosna opruga. Prilikom svakog povratka na svoje mesto podignuti deo jako udari usled pritiska opruge i tako izazove lupanje.

Da bi se sprečilo lupanje na početku rada instalacije treba uvek dobro zatvoriti ventil na tečnom vodu pri zaustavljanju instalacije (izuzev u instalacijama koje rade automatski) i treba otvarati ventil na vodu za povratak ulja iz odvajača ulja u karter tek kada se odvajač ulja zagrejava.

Ako u kompresor počne da dolazi tečan rashladni fluid u toku rada, to znači da sav rashladni fluid ne može da ispari u isparivaču i da jedan deo napušta isparivač u tečnom stanju. Dolazak tečnog rashladnog fluida do usisnog priključka kompresora primetiće se po tome što će na delu kompresora oko usisnog priključka početi da se formiraju kristali leda. Čim se to primeti, moraju se preduzeti mere da se dolazak tečnosti do kompresora spreči. U instalacijama sa ručnim i automatskim ekspanzionim ventilima treba u tom slučaju okrenuti vretena tako da se dovod rashladnog fluida u isparivač smanji. Pri tome ne treba okretati nikad više nego za jednu osminu obrtaja vretena, a zatim ostaviti instalaciju da radi bar jedan sat da bi se videli rezultati.

U instalacijama sa termostatskim ekspanzionim ventilom treba se prethodno uveriti da li je pipak kapilare pričvršćen na cev i da nije izložen dejstvu više temperature. Naime, ako bi se iz nekog razloga pipak kapilare zagrejavao na temperaturu koja je viša od one koja vlada u cevi za koju je pipak priključen, termostatski ekspanzioni ventil bi odmah pustio u isparivač veću količinu rashladnog fluida.

Malo je verovatno da će se sa ispravnim termostatskim ekspanzionim ventilom koji je dotle dobro radio, desiti da tečan rashladni fluid ne ispari u isparivaču i dospe u kompresor. Ako se to desi, treba pokušati sa regulacijom, ali u tom slučaju se vreteno sme okrenuti samo za jednu osminu obrtaja. Posle toga treba čekati bar jedan sat da bi se video rezultat.

U većini automatskih i ekspanzionih ventila smanjenje količine rashladnog fluida postiže se okretanjem vretena u smeru suprotnom od kretanja skazaljke na satu. Ima, međutim, konstrukcija gde je to obrnuto i zbog toga treba biti oprezan. U svakom slučaju, treba na neki način na ventilu obeležiti položaj da bi se znalo odakle se pošlo kada je započeto regulisanje.

Lako lupanje u jednakom ritmu znači da su opruge na potisnim ventilima suviše jake i potisni ventil zbog toga lupa. Ako se kompresor iz nekog drugog razloga odsisava može se otvoriti glava i eventualno zameniti opruge (u otvorenim i poluhermetik kompresorima). Nije potrebno da potisni ventil jako naleže na sedište, dovoljan je relativno mali pritisak.

Lupa koja podseća na čegrtanje praćena zvukom koji proizvode dva komada metala kada se taru jedan o drugi, znači da su kuglični ležajevi, ukoliko ih na kompresoru ima, neispravni. To se može proveriti još i tako što se ispita da li se zamajac može pomeriti gore-dole ili u nekom drugom pravcu (kod otvorenih kompresora).

Neispravni kuglični ležajevi moraju se odmah zameniti pošto sigurno dovode do značajnih oštećenja delova kompresora.

Jasno lupanje iz kompresora pokazuje da su ležišta velike pesnice u klipnjači oštećena. U slučaju da se to desi, jedino što se može uraditi je da se ležišta zamenе. Pored toga, u tom slučaju treba kontrolisati češće nivo ulja, a prilikom zamene ležišta treba dobro pročistiti sistem za podmazivanje.

U slučaju potrebe da se kompresor otvori radi popravke, potrebno je odsisati ga i pridržavati se svih ostalih uputstava datih ranije u ovom poglavlju, u delu u kome se govori o uzrocima niskog pritiska u potisnom vodu.

### **18.9. Ulje u karteru se jako peni**

Kod velikog broja kompresora postoji veza između usisnog prostora i kartera, kroz koju tečan fluid može da dospe u karter kompresora i da se pomeša sa uljem. Kada se to dogodi, tečan rashladni fluid počinje naglo da isparava u ulju usled čega se ulje ispunjava mehurićima gasa i skoro potpuno gubi osobine potrebne za podmazivanje. Da situacija bude još nepovoljnija, u ovim slučajevima presostat niskog pritiska ne isključuje rad elektromotora, pošto u sistemu podmazivanja i dalje vlada potreban pritisak koji ostvaruje pumpa za ulje, samo to nije više pritisak ulja već pritisak smeše ulja i rashladnog fluida. Ponekad je dovoljno samo nekoliko minuta rada sa ovom smešom pa da se ležišta potpuno upropaste, a može da dođe i do loma klipnjača, klipa i havarije kompresora.

Uzroci prodiranja tečnog rashladnog fluida u kompresor opisani su ranije kao i mere koje treba preduzeti da do toga ne dođe.

### **18.10. Zaptivača propušta rashladni fluid**

To propuštanje se može primetiti kada ulje kaplje iz poklopca zaptivače (otvoreni kompresor), a ako instalacija počne da gubi rashladni fluid, treba prvo ispitati zaptivaču na kompresoru.

Ako je zaptivača neispravna, može se pokušati da se zaptivne površine lepuju. Pri tome ploča za lepovanje mora da je potpuno ravna. Posle lepovanja treba obe zaptivne površine potpuno očistiti tako što će se lako trljati na mekoj čistoj hartiji sve dok ne prestanu da ostavljaju trag na hartiji.

Posle ponovne montaže popravljene ili nove zaptivače treba uvek ispitati da li kaiš za pogon kompresora nije mnogo zategnut.

Na potpuno novim kompresorima zaptivača u početku može malo da propušta. Ako se to desi treba za vrlo kratko vreme prigušiti usisni ventil kako bi ulje počelo da se penuša i zatim dospelo u zaptivaču. To obično dovodi do toga da zaptivača dobro zaptiva. Zaptivača će biti oštećena ako kompresor duže od dve nedelje ne radi. Svake nedelje kompresor treba puštati u rad bar pola sata da se zaptivača ne bi oštetila.

### **18.11. Kompresor radi ali isparivač ne hladi**

Razloga za ovu pojavu može biti veoma mnogo. Ovde će biti pobrojani neki od njih:

- u instalaciji ima vrlo malo rashladnog fluida;
- isparivač je zaleđen,
- ventilator na isparivaču ne radi,
- kondenzator nije dovoljno hlađen ili nije uopšte hlađen,

- ekspanzioni ventil je neispravan,
- zatvoren je ventil na tečnom vodu itd.

Ma koji od ovih razloga da je u pitanju, ukoliko se u instalaciji nalaze ispravni presostati visokog ili niskog pritiska, jedan od njih će isključiti kompresor i on neće moći da radi dugo. Ukoliko se, međutim, kompresor ne isključi iz rada, neminovno će doći do toga da će pritisci i temperature u instalaciji odstupiti od uobičajenih vrednosti i/ili suviše porasti, ili suviše opasti. Treba, znači, i u ovom slučaju kontrolisati pritiske u instalaciji i proveriti da li uzrok neispravnosti nije jedan od gore navedenih, pa će se brzo utvrditi šta je posredi. Ukoliko pritisci odstupaju od uobičajenih vrednosti, videti detaljna objašnjenja u ovom poglavlju za svaki od mogućih slučajeva.

## **18.12. Kompresor se svaki čas uključuje i isključuje**

Ima nekoliko neispravnosti koje mogu da izazovu ovu pojavu.

U instalacijama u kojima termostat upravlja radom kompresora, ovo se može desiti zato što je suviše mala razlika između temperature uključivanja i temperature isključivanja koje su podešene na termostatu i što posle isključivanja temperatura za kratko vreme dostigne temperaturu pri kojoj se termostat uključuje.

Kada termostat uključi rad kompresora, temperatura u komori se brzo snizi do temperature isključivanja i termostat opet zaustavi rad instalacije. Ukoliko je termostat takve konstrukcije da se ova razlika između temperature isključivanja i uključivanja može menjati, treba proveriti termostat i, ako je potrebno, povećati ovu razliku. Kod uobičajenih komercijalnih uređaja i hlađenih komora, ova razlika može da se kreće između 3 °C i 4 °C.

U instalacijama u kojima presostat niskog pritiska upravlja radom kompresora, često uključivanje i isključivanje kompresora može da nastupi usled pogrešno podešenog presostata. Na sličan način kao kod termostata, i ovde mogu pritisak isključivanja i pritisak uključivanja koji su podešeni na presostatu da budu vrlo blizu jedan drugom. Posle isključivanja kompresora u isparivaču još uvek ima nešto malo isparavanja, zbog čega se pritisak gasa u usisnoj cevi malo podigne, i ako je pritisak uključivanja malo viši od pritiska isključivanja, kompresor će se opet uključiti. Pošto potrebe za hlađenjem nema, tj. magnetni ventil je zatvoren i u isparivaču ne dolazi rashladni fluid, to će kompresor da radi samo kratko vreme do smanjenja pritiska u usisnoj cevi do pritiska isključivanja, a zatim će ga presostat isključiti iz rada.

Otklanjanje ove pojave sastoji se u tome što će se pritisak uključivanja podići znatno iznad pritiska isključivanja. Ova razlika može da iznosi i 1 bar pa i više, što zavisi od rashladnog fluida.

Istu ovu pojavu čestog isključivanja i uključivanja može, u instalaciji gde presostat niskog pritiska upravlja radom kompresora, izazvati i nezaptivenost usisnih i potisnih ventila u kompresoru. Naime, kada se kompresor zaustavi, ako potisni ventili ne zaptivaju dovoljno, počće gas iz potisnog voda da prolazi kroz potisne ventile u cilindar a odatle kroz nedovoljno zaptivene usisne ventile u usisni vod gde će se pritisak zbog toga znatno povećati. Presostat niskog pritiska, iako je ispravno podešen, uključice kompresor, a ovaj će raditi samo kratko vreme, tj. dok

ne smanji pritisak u usisnom vodu, a zatim će ga presostat isključiti. Da bi se ispitalo da li su nezaptiveni ventili uzrok ovome, treba učiniti sledeće.

Zatvoriti ventil na usisnom vodu i pustiti kompresor da radi dok se ne postigne apsolutni vakuum. Vreme potrebno da se pritisak skine sa 3 bar do potpunog vakuuma je, otprilike, 10 s. Sada treba posmatrati manometar na usisu da bi se videlo da li se pritisak u karteru brzo penje. Ako se ovaj pritisak brzo penje znači da potisni ventili ne zaptivaju dovoljno. Ako nije moguće dovoljno brzo spustiti pritisak na apsolutni vakuum, znači da usisni ventili ne zaptivaju. Pri tome treba znati da će se pritisak u karteru penjati lagano zbog toga što će rashladni fluid koji je bio rastvoren u ulju početi da se izdvaja iz ulja pri visokom vakuumu. Zbog ovoga će, možda, biti potrebno da se ovo ispitivanje ponovi jedanput ili dva puta, da bi se tačno utvrdilo da su ventili ispravni.

Ako su ventili neispravni, treba ih promeniti, pri čemu se treba držati uputstva koja su ranije u ovom poglavlju data o zamenama ventila, odsisavanju i otvaranju kompresora.

### **18.13. Kompresor se uključuje i radi iako hlađenje nije potrebno**

Razlog toj pojavi može biti gore navedena neispravnost potisnih i usisnih ventila kao i loše regulisan presostat niskog pritiska.

Pored toga, u instalacijama koje imaju ugrađen ventil konstantnog pritiska, ova pojava može da nastupi i zbog toga što ventil konstantnog pritiska nikad ne zaptiva apsolutno, pa će gas iz isparivača, gde je pritisak viši, prolaziti u usisnu cev i povećavati pritisak. Zbog toga će se kompresor uključiti, raditi nekoliko sekundi i opet stati. To se može ponavljati nekoliko puta.

Ova neispravnost se ne može otkloniti bez izmena u instalaciji i zbog toga u ovakvim slučajevima treba potražiti pomoć stručnjaka.

### **18.14. Temperatura u komori visoka, a instalacija se ne uključuje**

Pošto je termostat skoro uvek, posredno ili neposredno, uređaj koji daje impuls za početak rada instalacije, to je on, najčešće, uzrok ove pojave.

U slučaju da kompresor ne počne da radi, iako je temperatura u komori viša od one koja je potrebna, treba videti da li je termostat ispravno podešen ili je neko, možda, izmenio temperaturu uključivanja. Treba, takođe, videti da pipak kapilare termostata nije, možda, dospao u dodir sa isparivačem ili usisnom cevi ili da se, možda, komad leda ne nalazi u dodiru sa pipkom kapilare termostata. U svim ovim slučajevima termostat će registrovati nižu temperaturu nego što je temperatura u komori hladnjače, i neće davati impuls potreban za početak rada kompresora.

Presostat visokog pritiska često ima jedan sigurnosni uređaj, tzv. uređaj za blokiranje, koji se posle prekida strujnog kola od strane presostata visokog pritiska mora rukom uključiti da bi kompresor opet mogao da radi. U slučaju da kompresor neće da se uključi, treba proveriti da li je ovaj uređaj uključen.

Ako presostat niskog pritiska uključuje rad kompresora, treba utvrditi da li je pritisak uključivanja ispravno podešen.

Takođe treba utvrditi da nije, možda, zatvoren neki zaustavni ventil između magnetnog ventila na potisu i isparivača, ili između isparivača i presostata niskog pritiska, ili mali ventil na cevi koji spaja presostat niskog pritiska sa kompresorom.

Pored ovoga, razlog za neuključivanje može biti neispravnost ma kog od elemenata instalacije koji učestvuju u puštanju kompresora u rad.

U instalacijama u kojima termostat upravlja radom kompresora, može biti neispravan termostat, mogu biti prekinuti vodovi između termostata i elektrokomandnog ormara ili elektromotor.

U instalacijama u kojima presostat niskog pritiska upravlja radom kompresora, mogu biti neispravni termostat, magnetni ventil na tečnom vodu, presostat niskog pritiska, elektrokomanda ili elektromotor, a mogu biti i prekinuti električni vodovi između ovih elemenata.

Ako se sumnja u kvar nekog od ovih elemenata treba ispitati koji je od njih u kvaru.

Pomoću probne sijalice može se ispitati da li postoji napon na klemama pojedinih aparata, i ako napon postoji, a aparat ne reaguje, to znači da je na tom mestu neispravnost.

U instalaciji u kojoj presostat niskog pritiska uključuje kompresor u rad, može se na usisnom manometru proveriti da li je pritisak u usisnom vodu viši od pritiska pri kome presostat treba da uključi kompresor. Ako je ovaj pritisak niži od pritiska uključivanja, onda ili termostat nije ispravan i nije dao impuls magnetnom ventilu da se otvori, ili se magnetni ventil zbog neispravnosti nije otvorio. Ako je pritisak u usisnom vodu viši od pritiska uključivanja, onda ili presostat nije ispravan, ili je u kvaru motor.

### **18.15. Kompresor se isključuje pre nego što je postignuta željena temperatura**

U toku rada instalacije može se desiti da kompresor prestane sa radom pre nego što je u komori temperatura opala na željenu vrednost odnosno pre nego što se tečnost koja se hladi, ohladila. Uzrok ovome može biti pogrešno podešen termostat, i u slučaju da se kompresor isključi pre nego što je dostignuta temperatura koja se želi, treba uvek prvo prokontrolisati temperaturu na koju je termostat podešen da bi isključio instalaciju. Isto tako, treba prokontrolisati da pipak kapilare termostata nije došao u dodir sa nekim hladnijim delom instalacije, na primer, sa isparivačem, usisnom cevi, komadom leda, itd.

Isto ovo važi i za presostat niskog pritiska. Naime, kada temperatura u komori opadne, opašće i količina isparenog rashladnog fluida, a time i pritisak u usisnom vodu. Ako pritisak isključivanja nije dovoljno nizak, presostat će isključivati kompresor iz rada pre nego što u komori temperatura opadne do nivoa koji se želi.

Ukoliko se utvrdi da je ovo uzrok preranog isključivanja kompresora, treba podesiti presostat niskog pritiska na niži pritisak isključivanja.

Pored ovih uzroka, postoji mogućnost da je neki od aparata koji kontrolišu rad instalacije neispravan, što će se utvrditi ako se stanje ne popravi i posle podešavanja i proveravanja.

Kao što je već rečeno, rukovalac instalacije ne treba da se upušta u popravku automatike već samo da izvrši zamenu, pa i u ovom slučaju neispravan aparat treba zameniti ispravnim.

### 18.16. Kompresor se ne isključuje iako je u komori postignuta temperatura koja se želi

Uzrok ovoj pojavi može biti pogrešno podešen termostat ili presostat.

Ako je na termostatu temperatura isključivanja ispod temperature koja se želi u komori, kompresor će i dalje raditi sve dok se temperatura ne spusti do temperature isključivanja. Ako je termostat podešen tako da je temperatura isključivanja mnogo niža od temperature koja je predviđena u komori, može se desiti da je kapacitet instalacije nedovoljan da se temperatura isključivanja ipak dostigne. U tom slučaju kompresor će raditi sve dok se ručno ne isključi.

Kod presostata se dešava da se pritisak isključivanja greškom postavi na apsolutnu nulu, tj. na najnižu moguću tačku na presostatu. U tom slučaju kompresor će morati veoma dugo da radi da bi izvukao sav rashladni fluid iz isparivača da bi se smanjio pritisak do pritiska isključivanja, i prestaće da radi znatno posle postizanja željene temperature u komori.

Može se desiti da je kapilara termostata došla u dodir sa potisnim vodom koji je uvek topliji nego vazduh u hladnjači i da zbog toga termostat ne prekida rad motora.

Pored ovoga, uzrok za neisključivanje kompresora može biti kvar u termostatu ili presostatu u kom se slučaju ovi aparati moraju zameniti.

### 18.17. Primeri karakterističnih kvarova<sup>\*)</sup>

#### A. Temperatura u hladnom prostoru viša od zahtevane

##### A.1. Agregat se ne uključuje automatski

Slučaj broj 1	Po – odgovara temperaturi okolne sredine; Pk – odgovara temperaturi okoline; SI – otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neispravnost elektrouređaja za puštanje motora kompresora u rad.	Proveriti elektrouređaje za puštanje motora u rad i zaštitne uređaje.
Neispravnost elektromotora.	Proveriti otpor izolacije i namotaje elektromotora; zameniti ili popraviti neispravne delove ili elektromotor.
Zaglavljen polužni sistem presostata.	Proveriti mehanizam presostata.
Zaribao kompresor.	Ako se vratilo otvorenog kompresora ne može okrenuti rukom, demontirati i popraviti kompresor ili postaviti nov.

<sup>\*)</sup> U tabeli su korišćene sledeće oznake: Po – pritisak isparavanja, Pk – pritisak kondenzacije, SI – stanje isparivača, DZN – drugi znaci nepravilnosti, TRV – termostatski regulacioni ventil.

<b>Slučaj broj 2</b>	Po – niži od pritiska uključenja presostata niskog pritiska; Pk – niži od normalnog; SI – otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Usled niske temperature okoline pritisak kondenzacije je nedovoljan da omogući protok rashladnog fluida u isparivač.	Ograditi agregat ili njegov kondenzator sa vazdušnim hlađenjem. Smanjiti presek za protok vazduha postavljanjem pregrada na čeonj strani kondenzatora.

<b>Slučaj broj 3</b>	Po – niži od pritiska uključenja presostata niskog pritiska; Pk – niži od normalnog; SI – otopljen; DZN – niža temperatura ili zamrzavanje cevi posle filtera.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zapušen filter za tečnost ili sušač.	Očistiti filter ili sušač.
Zapušena dizna RTV (termoregulacioni); ventila prljavštinom ili izdvojenim frakcijama iz ulja.	Pročistiti RTV i proveriti vrstu ulja. Zameniti ulje ako je porebno.
Izašao gas iz davača RTV.	Ako se pri zagrevanju pipka pritisak usisavanja ne povišava, zameniti RTV.
TRV nepravilno podešen.	Podesili TRV.

<b>Slučaj broj 4</b>	Po – niži od pritiska uključenja presostata niskog pritiska; Pk – niži od normalnog; SI – otopljen; DZN – zamrzava TRV na ulaznoj strani.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zapušen filter TRV.	Očistiti filter TRV.

<b>Slučaj broj 5</b>	Po – jednak nuli; Pk – jednak nuli; SI – otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U instalaciji ima nezaptivenih mesta kroz koje je izašao rashladni fluid.	Pronaći mesta propuštanja, izvršiti zaptivanje a zatim napuniti instalaciju rashladnim fluidom.

## A.2. Agregat radi u kratkim ciklusima

<b>Slučaj broj 6</b>	Po – normalan; Pk – normalan; SI – delimično zamrznut; DZN – isključuje toplotna zaštita. Elektromotor je pregrejan.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Suviše jako zategnuti pogonski kaiševi (otvoreni kompresor).	Smanjiti zatezanje kaiševa.
Pad napona u elektromreži.	Izmeniti provodnik ili smanjiti opterećenje linije koja napaja agregat.
Nedovoljno podmazivanje ležišta.	Očistiti i podmazati ležište.
Kratki spoj namotaja.	Proveriti otpor izolacije i ispravnost namotaja. Ako je nastao kratak spoj zameniti motor.
Nepravilan izbor termičke zaštite motora.	Postaviti termičku zaštitu koja odgovara snazi motora i naponu mreže.

<b>Slučaj broj 7</b>	Po – normalan; Pk – viši od normalnog; SI – delimično zamrznut; DZN – isključuje presostat visokog pritiska ili toplotne zaštite motora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaprljan kondenzator.	Očistiti spoljašnju površinu vazdušnog kondenzatora ili unutrašnju površinu cevi vodenog kondenzatora.

<b>Slučaj broj 8</b>	Po – normalan; Pk – viši od normalnog; SI – delimično zamrznut; DZN – glava kompresora i elektromotor su pregrejani.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Temperatura vazduha koji hladi kondenzator suviše je visoka.	Obezbediti dovod svežeg vazduha ili premestiti agregat na hladnije mesto koje se bolje provetrava.
Kondenzator sa vodenim hlađenjem ne dobija dovoljnu količinu vode.	Proveriti temperaturu vode na ulazu u kondenzator i izlazu iz njega. Podesiti da razlika ovih temperatura bude: 10 °C do 12 °C (zimi) i 5 °C do 6 °C (leti).



<b>Slučaj broj 9</b>	Po – normalan; Pk – viši od normalnog; SI – delimično zamrznut; DZN – glava kompresora i elektromotor su pregrejani. Usisna cev je hladnija od normalne.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Vazduh u instalaciji.	Kondenzovati rashladni fluid i ispustiti vazduh.

<b>Slučaj broj 10</b>	Po – normalan; Pk – viši od normalnog; SI – delimično zamrznut; DZN – glava kompresora i elektromotor su pregrejani. Usisna cev je hladnija od normalne.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U instalaciji ima suviše rashladnog fluida.	Kondenzovati rashladni fluid i ispustiti ga u posebnu bocu.

<b>Slučaj broj 11</b>	Po – brzo raste posle zaustavljanja kompresora; Pk – normalan; SI – debeo slojinja; DZN – mrzne se usisni vod.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Smanjen prelaz toplote na isparivač zbog debelog slojainja ili nedovoljne cirkulacije vazduha u hlađenom prostoru.	Skloniti robu ili druge predmete koji se nalaze oko isparivača. Preduzeti mere za blagovremeno otapanje isparivača.

<b>Slučaj broj 12</b>	Po – brzo raste; Pk – normalan; SI – otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
TRV zapušten prljavštinom.	Nekoliko puta zatvoriti i brzo otvoriti TRV. Ako posle toga rashladni fluid dospeva normalno u isparivač, treba iz instalacije očistiti prljavštinu koja je zapušila TRV.
TRV zapušten ledom.	Zagrejati telo TRV. Ako posle toga TRV ispravno radi neko vreme, potrebno je staviti sušač radi odstranjivanja vlage iz instalacije.
Mala diferencija na presostatu ili termostatu.	Povećati diferenciju.

<b>Slučaj broj 13</b>	Po – brzo raste posle zaustavljanja kompresora; Pk – normalan; SI – otopljen; DZN – pri zagrevanju pipka TRV povišava se pritisak usisavanja.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
TRV nije pravilno podešen.	Izmeniti podešavanje.

<b>Slučaj broj 14</b>	Po – brzo raste posle zaustavljanja kompresora; Pk – normalan; SI – otopljen; DZN – pri zagrevanju TRV i njegovog pipka napunjenog gasom, agregat radi normalno.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
TRV je postavljen na suviše hladno mesto i gas kojim je napunjen pipak prelazi u telo ventila.	Premestiti TRV na toplije mesto za cevovod za tečnost ili zameniti TRV sa pipkom koji je napunjen tečnošću.

<b>Slučaj broj 15</b>	Po – brzo raste posle zaustavljanja kompresora; Pk – normalan; SI – otopljen; DZN – ključanje u TRV.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedovoljna količina rashladnog fluida.	Dodati rashladni fluid.

<b>Slučaj broj 16</b>	Po – brzo raste posle zaustavljanja kompresora; Pk – normalan; SI – otopljen; DZN – ključanje u prigušnim elementima, temperatura tečnog voda se snižava idući ka isparivaču.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Tečni vod je malog prečnika.	Za tečni vod uzeti cev većeg prečnika. Postaviti regenerativni razmenjivač toplote ili pothlađivač.

<b>Slučaj broj 17</b>	Po – brzo raste posle zaustavljanja kompresora; Pk – normalan; SI – otopljen; DZN – nagli pad temperature tečnog rashladnog fluida na kratkom delu cevovoda, u filteru ili sušaču.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Prigušivanje u suženom preseku cevi (npr. na mestu zavarivanja) nepotpuno otvorenom ventilu, zaprljanom filteru ili sušaču.	Proveriti presek cevi, otvoriti potpuno ventile, očistiti filter, zameniti punjenje sušača

<b>Slučaj broj 18</b>	Po – brzo raste posle zaustavljanja kompresora; Pk – normalan; SI – otopljen; DZN – veliki pad pritiska od isparivača do kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Usisni vod ima mali prečnik ili je zaprljan.	Otkloniti zaprljanost ili postaviti cev većeg prečnika.

### A.3. Agregat radi neprekidno

<b>Slučaj broj 19</b>	Po – normalan; Pk – nizak; SI – otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U instalaciji cirkuliše nedovoljna količina rashladnog fluida usled zaprljanosti cevovoda malog kapaciteta kompresora ili nedovoljnog punjenja.	Očistiti cevovode, povećati kapacitet, dopuniti instalaciju.

<b>Slučaj broj 20</b>	Po – normalan, Pk – nizak; SI – otopljen; DZN – deo glave kompresora oko potisnog voda i tečni vod imaju nižu temperaturu od normalne.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Smanjena brzina okretanja vratila kompresora.	Proveriti pogonske kaiševe i zategnuti ih ako klizaju (otvoreni kompresor).
Propuštaju ventili ili klipni prstenovi.	Proveriti ventile i klipne prstenove. Zameniti ih ako je potrebno.

<b>Slučaj broj 21</b>	Po – normalan, Pk – nizak; SI – otopljen DZN – ključanje TRV i nagli pad temperature u tečnom vodu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Rashladni fluid se prigušuje pre TRV na mestu lokalnog otpora ili u kapilarnoj cevi.	Naći i otkloniti lokalni otpor na cevi, u filteru ili sušaču. Bolje je izmeniti sušač. Pri naglom padu temperature duž celog tečnog voda potrebno je zameniti cev tečnog voda sa cevi većeg prečnika.

<b>Slučaj broj 22</b>	Po – normalan; Pk – nizak; SI – otopljen; DZN – ključanje u TRV, temperatura glave kompresora niža je od normalne.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedovoljno rashladnog fluida.	Dodati rashladni fluid.
TRV ili kapilarna cev zapušeni su prljavštinom ili ledom.	Vidi postupak opisan u slučaju br. 12.

<b>Slučaj broj 23</b>	Po – normalan; Pk – nizak; SI – otopljen; DZN – temperatura tečnog voda i glave kompresora je niža od normalne.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Ventili kompresora ne zaptivaju dobro.	Popraviti ili zameniti ventile i sedišta.
Zaptivka propušta na ventilskoj ploči na delu koji razdvaja usisnu i potisnu stranu kompresora.	Zameniti zaptivku.

<b>Slučaj broj 24</b>	Po – viši od normalnog; Pk – normalan; SI – malo zamrznut; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Mali rashladni kapacitet agregata.	Zameniti agregat.

<b>Slučaj broj 25</b>	Po – viši od normalnog; Pk – visok; SI – malo zamrznut; DZN – glava kompresora je vreła, tečni vod je topliji nego obično.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Smanjio se rashladni kapacitet agregata zbog povišenja temperature kondenzacije koje je moglo nastati usled: 1. zaprljanosti kondenzatora, 2. povišenja temperature ili smanjenja količina vazduha ili vode koja hladi kondenzator.	Proveriti količinu vode za hlađenje. Očistiti spoljašnju površinu kondenzatora sa vazdušnim hlađenjem ili unutrašnju površinu cevi kondenzatora sa vodenim hlađenjem. Obezbediti dovod svežeg vazduha ili premetiti agregat na hladnije mesto sa boljom ventilacijom.

<b>Slučaj broj 26</b>	Po – viši od normalnog; Pk – visok; SI – malo zamrznut; DZN – glava kompresora je vreła, tečni vod je topliji nego obično, kompresor radi na mahove.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U instalaciji postoji višak rashladnog fluida.	Odstraniti višak rashladnog fluida.

<b>Slučaj broj 27</b>	Po – viši od normalnog; Pk – visok; SI – malo zamrznut; DZN – glava kompresora je vreła, tečni vod je hladniji nego obično.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U instalaciji ima vazduha.	Odstraniti vazduh iz instalacije.

<b>Slučaj broj 28</b>	Po – povišen; Pk – normalan; SI – zamrznut delimično; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Značajno se povećao dovod toplote u postrojenje zbog pogoršanja izolacije, lošeg zaptivanja vrata i unosa tople robe.	Proveriti stanje izolacije i zaptivanja vrata. Dati uputstva radnicima koji rukuju postrojenjem.

<b>Slučaj broj 29</b>	Po – vrlo nizak i ne povišava se posle zaustavljanja kompresora; Pk – nizak; SI – delimično otopljen; DZN – tečni vod je hladniji nego obično.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Ventil za tečnost nije potpuno otvoren.	Otvoriti ventil.
Filter, sušač ili TRV su zaprljani.	Ustanoviti gde nastaje najveće sniženje temperature, a zatim očistili taj deo.
Otvor dizne na TRV je zapušten prljavštinom ili ledom.	Očistiti TRV i privremeno ugraditi sušač.

<b>Slučaj broj 30</b>	Po – vrlo nizak i ne povišava se posle zaustavljanja kompresora; Pk – nizak; SI – delimično otopljen; DZN — pritisak u kompresoru je znatno niži nego u isparivaču.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zapušen usisni vod.	Očistiti usisni vod.
Usisni ventil nije dovoljno otvoren.	Otvoriti ventil.

<b>Slučaj broj 31</b>	Po – povišen; Pk – normalan ili niži; SI – delimično otopljen; DZN – usisni vod se otapa.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Igla ventila TRV zaglavila se u otvorenom položaju ili ventil propušta i posle zatvaranja. U isparivač dospeva suviše velika količina rashladnog fluida i kompresor ne može da snizi pritisak.	Popraviti ili zameniti TRV.

<b>Slučaj broj 32</b>	Po – nizak; Pk – normalan; Stanje isparivača – delimično otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Otvor dizne TRV zapušten je prljavštinom ili ledom.	(Vidi slučaj broj 12)
Gas iz pipka kapilare TRV prešao je u telo TRV.	Malo zagrejati telo TRV i ako se tada isparivač zamrzne, premestiti TRV na toplije mesto (dalje od isparivača). Ako ova mera pomaže, zameniti TRV.
TRV nepravilno podešen.	Zagrejati pipak. Ako to ne pomaže, izmeniti podešavanje TRV.

<b>Slučaj broj 33</b>	Po – viši od normalnog; Pk – normalan; SI – delimično otopljen; DZN – karter se znoji.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
TRV se zaglavio u otvorenom položaju.	Popraviti ili zameniti TRV.

<b>Slučaj broj 34</b>	Po – viši od normalnog; Pk – normalan; SI – delimično otopljen; DZN – zamrzava se usisni vod.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
TRV ne zaptiva dobro u zatvorenom položaju.	Popraviti ili zameniti TRV.

### B. Temperatura u hlađenom prostoru je niža od propisane

<b>Slučaj broj 35</b>	Po – niži od normalnog, Pk – normalan; SI – zamrznut, nema pregrevanje pare; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Presostat niskog pritiska podešen na suviše visoku vrednost pritiska isključivanja.	Podesiti presostat niskog pritiska.
Presostat ili termorelej su neispravni i ne isključuju agregat.	Popraviti ili zameniti nespravne uređaje.

<b>Slučaj broj 36</b>	Po – viši od pritiska isključivanja; Pk – normalan; SI – zamrznut, nema pregrevanje pare; NDZ – usisni vod je otopljen ili zamrznut.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
TRV je nepravilno podešen i propušta u zatvorenom položaju.	Izmeniti podešavanje, ako ne pomaže, zameniti TRV.
Pipak TRV ne prijanja uz usisnu cev.	Pipak ispravno montirati.

### C. Temperatura u hlađenom prostoru odgovara propisanoj vrednosti ali je koeficijent radnog vremena agregata veći od normalnog

<b>Slučaj broj 37</b>	Po – normalan; Pk – nizak; SI – delimično otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U instalaciji cirkuliše nedovoljna količina rashladnog fluida usled gubitka fluida kroz nezaptivena mesta ili zbog nastalog lokalnog otpora.	Pronaći i izvršiti zaptivanje mesta kroz koje je iscurio rashladni fluid a zatim dopuniti instalaciju rashladnim fluidom. Očistiti zapušene aparate i delove.

<b>Slučaj broj 38</b>	Po – normalan; Pk – nizak SI – delimično otopljen; DZN – glava kompresora i tečni vod imaju nižu temperaturu nego obično, za vreme puštanja kompresora u rad opada jačina svetlosti okolnih sijalica zbog pada napona u mreži.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedovoljan napon na priključnicama elektromotora.	Zameniti ili rasteretiti liniju za napajanje električnom energijom.
Klizaju pogonski kaiševi kod otvorenog kompresora	Prekontrolisati i ako je potrebno zategnuti.

<b>Slučaj broj 39</b>	Po – normalan; Pk – nizak; SI – delimično otopljen; DZN – u TRV nastaje ključanje, tečni vod je hladniji nego obično.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U ventilu za tečnost nastaje prigušivanje.	Potpuno otvoriti ventil.

<b>Slučaj broj 40</b>	Po – normalan; Pk – nizak; Si – delimično otopljen; DZN – u TRV nastaje ključanje, na nekom mestu tečnog voda nastaje jaka promena temperature.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zapušio se jedan od sledećih elemenata: filter, ventil, sušac ili cev.	Ustanoviti mesto naglog pada temperature, proveriti presek cevi, potpuno otvoriti ventil, očistiti filter, zameniti punjenje sušača ili ceo sušač.

<b>Slučaj broj 41</b>	Po – normalan; Pk – nizak; Si – delimično otopljen; DZN – u TRV nastaje nezatno ključanje, pojavljuje se ravnomeran pad temperature duž tečnog voda.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Tečni vod je suviše mali ili ima velike otpore.	Zameniti postojeće cevi sa cevima većeg prečnika. Postaviti razmenjivač toplote.



<b>Slučaj broj 42</b>	Po – normalan; Pk – nizak; SI – delimično otopljen; DZN – pritisak u isparivaču je mnogo viši nego ispred kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Usisni vod je zapušen ili je prečnik cevi mali.	Očistiti ili zameniti usisni vod.

<b>Slučaj broj 43</b>	Po – normalan; Pk – nizak; Si – delimično otopljen; DZN – nastaje ključanje u TRV, u delu oko potisa glava kompresora je hladnija nego obično.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nema dovoljno rashladnog fluida.	Dopuniti instalaciju rashladnim fluidom.

<b>Slučaj broj 44</b>	Po – normalan; Pk – nizak; Si – delimično otopljen; DZN – u delu oko potisa glava kompresora je hladnija nego obično, tečni vod je hladniji.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Ventili kompresora ne zaptivaju.	Prekontrolisati ventile.
Zaptivke na ventilskoj ploči ne zaptivaju.	Prekontrolisati zaptivke.
Otvor dizne na TRV zapušen je prljavštinom ili ledom.	(Vidi slučaj br. 12)

<b>Slučaj broj 45</b>	Po – viši od normalnog; Pk – normalan; SI – delimično otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Kompresor ima mali rashladni učinak.	Zameniti kompresor.

<b>Slučaj broj 46</b>	Po – viši od normalnog; Pk – visok; Si – malo otopljen na izlaznoj strani; DZN – glava kompresora i elektromotor su topliji nego obično.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Potisni ventil nije potpuno otvoren.	Otvoriti ventil.

<b>Slučaj broj 47</b>	Po – viši od normalnog; Pk – visok; DZN – kompresor, elektromotor i tečni vod su topliji nego obično.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Rashladni učinak kompresora je nedovoljan zbog povišenja pritiska kondenzacije. Zaprpljana je površina kondenzatora. Nedovoljna je količina ili suviše visoka temperatura vode ili vazduha koji hlade kondenzator.	Očistiti spoljašnju površinu kondenzatora sa vazдушnim hlađenjem ili unutrašnju površinu cevi vodom hlađenih kondenzatora. Obezbediti dovod svežeg vazduha do vazduhom hlađenih kondenzatora ili premestiti agregat na hladnije mesto sa boljim provetranjem. Regulisati količinu vode koja dolazi u kondenzator tako da razlika temperatura na izlazu i ulazu bude 10 °C do 12 °C zimi, a 6 °C do 8 °C ljeti.
U instalaciji ima vazduha.	Odstraniti vazduh.

<b>Slučaj broj 48</b>	Po – viši od normalnog; Pk – visok; Si – malo otopljen na izlaznoj strani; DZN – glava kompresora, elektromotor i tečni vod su topliji nego obično, kompresor se uključuje na mahove.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U instalaciji ima suviše rashladnog fluida.	Odstraniti višak rashladnog fluida.

<b>Slučaj broj 49</b>	Po – viši od normalnog; Pk – visok; Si – malo otopljen na izlaznoj strani; DZN – pritisak u skupljaču je niži nego u kondenzatoru.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zapušena je cev koja spaja kondenzator i skupljač.	Pročistiti cev.

<b>Slučaj broj 50</b>	Po – viši od normalnog; Pk – normalan; Si – ima zadano pregrevanje; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Rashladni kompresor je preopterećen zbog loše izolacije hlađenog prostora.	Popravili izolaciju.
Povećano toplotno opterećenje zbog tople robe koja se hladi.	Dati uputstva osoblju koje rukuje instalacijom.
Loše zaptivanje vrata.	Zameniti zaptivače na vratima.

<b>Slučaj broj 51</b>	Po – niži od normalnog; Pk – nizak; SI – otopljen; DZN – nema.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Otvor dizne na TRV zapušen je prljavštinom ili ledom.	(Vidi slučaj br. 12)
TRV je nepravilno podešen.	Zagrejati pipak TRV. Ako ovo pomaže, promeniti podešavanje TRV.
Freon ili drugi gas kojim je napunjen pipak prešao je u telo TRV.	Malo zagrejati telo TRV, a ako se tada isparivač zamrzne premestiti TRV na toplije mesto (dalje od isparivača). Ako ova mera ne daje rezultate, zameniti TRV.

**D. Temperatura u hladnom prostoru odgovara propisanoj vrednosti ali potrošnja vode je veća od normalne**

<b>Slučaj broj 52</b>	Po – normalan; Pk – nizak; DZN – velika potrošnja vode.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Automatski ventil za vodu nepravilno podešen ili je pokriven.	Proveriti automatski ventil za vodu i podesiti ga tako da razlika temperature vode na izlazu i ulazu u kondenzator bude: 10 °C do 12 °C zimi i 5 °C do 6 °C ljeti.

<b>Slučaj broj 53</b>	Po – normalan; Pk – normalan; DZN – velika potrošnja vode.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Kondenzator je zaprljan.	Očistiti površinu kondenzatora koja je u dodiru sa vodom.
Ventil za vodu ne zatvara se potpuno.	Popraviti ili zameniti ventil za vodu.
U instalaciji ima vazduha.	Izbaciti vazduh iz instalacije.

<b>Slučaj broj 54</b>	Po – normalan; Pk – visok; DZN – potrošnja vode velika.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
U instalaciji je višak rashladnog fluida.	Odstraniti višak rashladnog fluida.

## E. Jačina šuma koja nastaje pri radu instalacije veća je od normalne

<b>Slučaj broj 55</b>	DZN – šum nastaje u kompresoru.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Vijci za pričvršćivanje agregata nisu dobro pritegnuti.	Pritegnuti vijke.
Pogonski kaiševi otvorenog kompresora lupaju.	Proveriti da li kaišnik elektromotora i kompresora leže u jednoj liniji. Zategnuti pogonske kaiševe.
Istrošila su se ležišta.	Zameniti ležišta.
Kompresor izbacuje mnogo ulja.	Izvaditi iz mašine višak ulja.
U kompresoru ima višak rashladnog fluida.	Izvaditi višak rashladnog fluida.
U zaptivaču otvorenog kompresora čuje se šum.	Proveriti podmazivanje zaptivače.

<b>Slučaj broj 56</b>	DZN – šum nastaje u elektromotoru.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Elektromotor je loše pričvršćen.	Zategnuti vijke.
Ležišta imaju loše podmazivanje.	Obezbediti podmazivanje ležišta.
Ležišta su istrošena.	Zameniti ležišta.

## 18.18. Kvarovi na agregatu za hlađenje vode

### A. Kompresor ne kreće posle uključivanja glavnog prekidača

<b>Slučaj broj A.1</b>	Nema napona na stezaljkama motora. Nema jedne ili dve faze.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Dovod električne energije u kvaru.	Proveriti osigurače i ispravnost napojnih kablova.
Neispravan osigurač.	Zameniti osigurače, proveriti opterećenje svake faze motora.
Neispravan prekidač zvezda–trougao.	Popraviti ili zameniti.

<b>Slučaj broj A.2</b>	Dobar napon na stezaljkama motora ali motor ne radi.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Pregoreo motor.	Popraviti ili ga zameniti.

<b>Slučaj broj A.3</b>	Ne radi pumpa.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nije uključena pumpa.	Utvrđiti smetnju i otkloniti.
Neispravan prekidač protoka vode.	Utvrđiti smetnju i otkloniti.

<b>Slučaj broj A.4</b>	Upaljena signalna sijalica zaštite.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neispravno zaštitno kolo.	Utvrđiti mesto prekida (strujna zaštita, termostat za zaštitu od smrzavanja, presostat niskog i visokog pritiska, diferencijalni presostat i dr.).

<b>Slučaj broj A.5</b>	Potisni pritisak viši od podešenog na presostatu visokog pritiska.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Otvoren kontakt na presostatu. Pritisak na potisnom manometru iznad podešenog na presostatu	Vidi tačku H.

<b>Slučaj broj A.6</b>	Otvoren kontakt na presostatu. Pritisak na usisnom manometru ispod podešenog na presostatu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Usisni pritisak niži od podešenog na presostatu niskog pritiska.	Proveriti zaptivenost. Otkloniti mesta isticanja i dopuniti rashladnim sredstvom.

<b>Slučaj broj A.7</b>	Otvoren kontakt na presostatu. Pritisak na potisnom manometru iznad podešenog na presostatu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Potisni pritisak viši od podešenog na presostatu visokog pritiska.	Vidi tačku H.

<b>Slučaj broj A.8</b>	Posle pritiska dugmeta „reset“ kompresor normalno kreće i staje posle 30 do 60 s.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Uzrok je diferencijalni presostat.	Proveriti nivo ulja u kompresoru, pritisak ulja i veze.

## B. Kompresor normalno kreće ali se posle izvesnog vremena zaustavlja

<b>Slučaj broj B.1</b>	Normalan polazak kompresora a posle kraćeg vremena se zaustavlja.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Podešeni pritisak isključivanja na presostatu visokog pritiska je ispod dozvoljenog.	Podesiti pritisak na propisanu vrednost, prema tehničkim podacima proizvođača.

<b>Slučaj broj B.2</b>	Izuzetno visok pritisak kondenzacije.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedovoljna kondenzacija.	Podesiti pritisak na propisanu vrednost, prema tehničkim podacima proizvođača. Obezbediti dovoljan protok vode ili vazduha kroz kondenzator.
Višak rashladnog sredstva ili prisustvo vazduha.	Odstraniti višak rashladnog sredstva. Ispustiti vazduh.
Regulator protoka vode neispravan ili zaprljan.	Očistiti ili zameniti regulator.
Visoka temperatura rashladne vode za kondenzator.	Isključiti agregat, proveriti uzrok visoke temperature.
Nizak pritisak rashladne vode za kondenzator. Zaprljan kondenzator.	Utvrđiti uzrok. Zaprljan filter, kvar cirkulacione pumpe, zaprljan kondenzator i sl.
Nedovoljan protok vazduha kroz kondenzator.	Neispravan jedan ili više ventilatora. Regulator broja obrtaja ventilatora neispravan ili nepodešen.

## C. Kompresor radi u kratkim ciklusima

<b>Slučaj broj C.1</b>	Vrlo nizak pritisak isparavanja i pojava leda na spoljnoj strani filtera.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaprljan filter u tečnom vodu rashladnog fluida.	Očistiti ili zameniti filter.

<b>Slučaj broj C.2</b>	Temperatura vode na ulazu u isparivač je niska ili je smanjen protok.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Malo toplotno opterećenje.	Uključiti agregat tek pri povišenom toplotnom opterećenju.

<b>Slučaj broj C.3</b>	Normalan rad u kratkim ciklusima.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Naizmenično uključivanje i isključivanje komandnog kola.	Otkloniti kvarove u komandnom kolu. Popraviti ili zameniti upravljački termostat.
Podešen pritisak isključivanja presostata niskog pritiska ili upravljačkog termostata iznad dozvoljenog.	Podesiti na pravilnu vrednost. Videti uputstvo proizvođača agregata.

<b>Slučaj broj C.4</b>	Normalan rad u kratkim ciklusima. Nema karakterističnog zvuka pri uključivanju magnetnog ventila.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neisparavan magnetni ventil termostatskog ekspanzionog ventila.	Proveriti električno kolo ventila ili zameniti kalem ventila.

<b>Slučaj broj C.5</b>	Smanjen protok vode.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaprljan isparivač.	Očistiti isparivač, proveriti filter za vodu.

<b>Slučaj broj C.6</b>	Mehurovi u vidnom staklu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedostatak rashladnog sredstva.	Pronaći mesto isticanja, otkloniti uzrok i dopuniti agregat rashladnim sredstvom.

#### D. Kompresor neprekidno radi

<b>Slučaj broj D.1</b>	Povećani dobici toplote u sistemu vode za hlađenje.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Prekomerno toplotno opterećenje.	Smanjiti toplotno opterećenje.

<b>Slučaj broj D.2</b>	Niža temperatura vode na izlazu iz isparivača.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Upravljački termostat podešen na nižu vrednost od dozvoljene.	Podesiti termostat na propisanu vrednost. Videti tehničke podatke proizvođača.
Kontakti u upravljačkom ili glavnom kolu ostali u položaju „uključeno“	Popraviti ili zameniti kontakte.

<b>Slučaj broj D.3</b>	Mehurovi u vidnom staklu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedostatak rashladnog sredstva.	Pronaći mesto isticanja, otkloniti uzrok i dopuniti agregat rashladnim sredstvom.

<b>Slučaj broj D.4</b>	Visok potisni pritisak.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Višak rashladnog sredstva.	Odstraniti višak rashladnog sredstva. Ispustiti vazduh.

<b>Slučaj broj D.5</b>	Nenormalno nizak potisni pritisak i nenormalno visok usisni pritisak.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neispravan usisno-potisni ventil kompresora	Zameniti neispravne delove prema uputstvu proizvođača kompresora.

<b>Slučaj broj D.6</b>	Temperatura vode na izlazu iz isparivača viša od propisane.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neispravna automatska regulacija rashladne snage.	Izvršiti kontrolu regulatora snage. Videti uputstvo proizvođača.

### E. Kompresor gubi ulje

<b>Slučaj broj E.1</b>	Stalno pada nivo ulja u vidnom staklu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zapušeni filtri ili ventil.	Očistiti, popraviti ili zameniti.

<b>Slučaj broj E.2</b>	Ulje oko kompresora i nizak nivo u karteru kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Ulje curi kroz nezaptivene spojeve.	Otkloniti isticanje i doliti ulje.

<b>Slučaj broj E.3</b>	Stalno pada nivo ulja u vidnom staklu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zapušeni filtri ili ventil.	Očistiti, popraviti ili zameniti.

<b>Slučaj broj E.4</b>	Prekomerno hladna usisna cev.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Loš kontakt kapilare termostatskog ekspanzionog ventila i usisne cevi. Kompresor usisava vlažnu paru.	Obezbediti dobar kontakt.



<b>Slučaj broj E.5</b>	Vrlo često uključivanje i isključivanje kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Kompresor radi u kratkim ciklusima.	Videti tačku C.

### F. Nenormalan zvuk pri radu kompresora

<b>Slučaj broj F.1</b>	Isključuje diferencijalni presostat.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedostatak ulja.	Dodati ulje.

<b>Slučaj broj F.2</b>	Nenormalan zvuk pri radu kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Ležište bez podmazivanja ili oštećenja.	Proveriti nivo ulja.

<b>Slučaj broj F.3</b>	Kompresor lupa.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Polomljen neki unutrašnji element.	Isključiti agregat. Revizija kompresora.

<b>Slučaj broj F.4</b>	Karakterističan zvuk u glavi kompresora. Nenormalno hladna usisna cev.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Termostatski ekspanzioni ventil zakočen u otvorenom položaju.	Popraviti ili zameniti.
„Tečan udar“ u kompresoru.	Proveriti i podesiti pregrevanje. Kapilara davača termostatskog ekspanzionog ventila loše pričvršćena ili oštećena. Videti C.2 i C.4.

<b>Slučaj broj F.5</b>	Pojačano vibriranje agregata.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Kompresor ili ceo agregat nisu dobro pričvršćeni za temelj.	Pritegnuti odgovarajuće vijke.

## G. Umanjena rashladna snaga

<b>Slučaj broj G.1</b>	Karakteristično šištanje u termostatskom ekspanzionom ventilu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Para u tečnom vodu.	Dodati rashladno sredstvo i obezbediti potrebno pothlađivanje.

<b>Slučaj broj G.2</b>	Sniženje temperature u tečnom vodu kroz filter.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaprljan filter u tečnom vodu rashladnog fluida.	Očistiti i zameniti.

<b>Slučaj broj G.3</b>	Smanjen protok vode.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaprljan isparivač na strani vode.	Očistiti.

<b>Slučaj broj G.4</b>	Rad u kratkim ciklusima ili neprekidan rad.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zakočen ili zaprljan ekspanzioni ventil.	Popraviti ili zameniti ekspanzioni ventil.
Pogrešno podešeno pregrevanje na ekspanzionom ventilu.	Proveriti i podesiti pregrevanje.

<b>Slučaj broj G.5</b>	Visoko pregrevanje pare rashladnog sredstva
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Prekomeran pad pritiska na strani niskog pritiska.	Proveriti pregrevanje i podesiti termostatski ekspanzioni ventil.

<b>Slučaj broj G.6</b>	Smanjen potisni pritisak, povišen usisni pritisak i pregrevanje glave kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Pukla ventil sigurnosti (pločica) u kompresoru.	Odstraniti uzrok.

## H. Povišen potisni pritisak

<b>Slučaj broj H.1</b>	Povišena temperatura vode na izlazu iz kondenzatora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Mali protok ili visoka temperatura vode na ulazu u kondenzator.	Obezbediti kvalitetne parametre vode (količina i temperatura).

<b>Slučaj broj H.2</b>	Mali porast temperature vode kondenzatora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaprljane cevi u kondenzatoru.	Očistiti cevi.

<b>Slučaj broj H.3</b>	Povišena temperatura vode na izlazu iz kondenzatora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Loša kondenzacija.	Obezbediti propisani protok vode.

<b>Slučaj broj H.4</b>	Znatno povišen potisni pritisak nesrazmeran temperaturi kondenzacije.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Vazduh u instalaciji.	Ispustiti vazduh.
Prepunjena instalacija rashladnim sredstvom.	Odstraniti višak.

## I. Smanjen potisni pritisak

<b>Slučaj broj I.1</b>	Mali porast temperature vode.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Prekomerni protok vode kroz kondenzator.	Obezbediti propisani protok vode kroz kondenzator.

<b>Slučaj broj I.2</b>	Mehurovi u vidnom staklu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedostatak rashladnog fluida	Utvrđiti mesto isticanja, popraviti i dopuniti rashladno sredstvo.

<b>Slučaj broj I.3</b>	Pri zaustavljanju kompresora usisni pritisak raste brzo (npr. cca 0,5 bar/min).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Potisni ventili oštećeni ili pukla zaštitna pločica.	Popraviti ili zameniti neispravne delove.

<b>Slučaj broj I.4</b>	Znatno niža temperatura vode na izlazu kondenzatora od propisane.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Niska temperatura vode na ulazu u kondenzator.	Smanjiti protok vode.

### J. Usisni pritisak povišen

<b>Slučaj broj J.1</b>	Kompresor neprekidno radi.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Prekomerno toplotno opterećenje.	Videti D.1.

<b>Slučaj broj J.2</b>	Nenormalno hladna usisna cev. Vlažna para na usisu u kompresor.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Povećan protok kroz termostatski ekspanzioni ventil.	Proveriti i podesiti pregrevanje i proveriti spoj kapilare sa usisnom cevi.
Termostatski ekspanzioni ventil zakočen u otvorenom položaju.	Popraviti ili zameniti.

<b>Slučaj broj J.3</b>	Karakterističan zvuk u glavi kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Oštećen usisni ventil u glavi kompresora.	Zameniti neispravne delove.

### K. Usisni pritisak snižen

<b>Slučaj broj K.1</b>	Mehurovi u vidnom staklu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedostatak rashladnog fluida.	Pronaći mesto isticanja, popraviti i dopuniti rashladno sredstvo.

<b>Slučaj broj K.2</b>	Kompresor radi u kratkim ciklusima.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Smanjeno toplotno opterećenje.	Videti C.2.

<b>Slučaj broj K.3</b>	Filter hladan i znoji se.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaprljan filter u tečnom vodu rashladnog fluida.	Očistiti ga ili ga zameniti.

<b>Slučaj broj K.4</b>	Znatno umanjen protok rashladnog sredstva kroz ventil.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neispravan termostatski deo ekspanzionog ventila.	Zameniti ventil.

<b>Slučaj broj K.5</b>	Smanjen rashladni učinak.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaprljan termostatski ventil.	Očistiti filter ventila ili ga zameniti.

<b>Slučaj broj K.6</b>	Niska temperatura vode za hlađenje.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Kontrolni termostat stalno zatvoren.	Popraviti ili zameniti.

<b>Slučaj broj K.7</b>	Kompresor radi u kratkim ciklusima. Zaštitni termostat isključuje.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Upravljači termostat podešen na nižu temperaturu od propisane.	Dovesti na propisanu vrednost.

<b>Slučaj broj K.8</b>	Prekomerno pregrevanje.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Veliki pad pritiska u usisnom delu instalacije.	Pronaći uzrok (zaustavni ventil na usisu ili u tečnom vodu nije dovoljno otvoren), otkloniti smetnje.

## 18.19. Kvarovi na uređajima za domaćinstvo

<b>Slučaj broj 1</b>	Uređaj ne radi.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Pregoreo osigurač. Neisparavan termostat. Pregoreo relej. Pregoreo kompresor. Proveriti napojne kablove i viljušku.	Zameniti osigurač. Proveriti napon mreže, ukoliko je napon manji od 220 V, minus 10%, proveriti mogućnost preopterećenja napojnog kabla (veći broj potrošača na jednomvodu). Premestiti termostat. Ukoliko uređaj radi, promeniti termostat. Proveriti relej, zameniti ga ako je potrebno. Proveriti kompresor, zameniti ga ako je potrebno. Ako je kabl u prekidu, zameniti ga.

<b>Slučaj broj 2</b>	Frizider suviše topao.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Otvorena vrata ili oštećena zaptivka. Nepodešen termostat. Namirnice pokrile veći deo isparivača. Neispravan ventilator isparivača.	Uputiti korisnika na uzroke i posledice. Podesiti termostat na pravu vrednost. Uputiti korisnika na uzroke i posledice. Zameniti ventilaor.

<b>Slučaj broj 3</b>	Frizider suviše hladan.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nepodešen termostat, pozicija niske temperature. Termostat pregoreo i blokirao u položaju hlađenja.	Podesiti termostat na pravu vrednost. Zameniti termostat.

<b>Slučaj broj 4</b>	Frizider i prostor za smrznutu hranu suviše topao.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Motor ventilatora ne radi. Termostat neisparavan. Orebreni isparivač ima puno leda. Nedovoljna cirkulacija vazduha oko kondenzatora. Česta otvaranje vrata ili loše zaptivanje.	Proveriti i zameniti motor ako je potrebno. Proveriti i zameniti ako je potrebno. Odmrznuti led lagano bez upotrebe vrelog vazduha. Obezbediti cirkulaciju vazduha ili očistiti površinu kondenzatora od prašine. Uputiti korisnika na uzroke i posledice

<b>Slučaj broj 5</b>	Prostor za smrznutu hranu suviše hladan.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Termostat nije dobro podešen. Nekvalitetno pozicionirana kapilara ekspanzionog ventila na isparivaču. Neispravan termostat.	Podesiti termostat na „topliju“ poziciju. Propisno pozicionirati. Zameniti termostat.

<b>Slučaj broj 6</b>	Uređaj radi bez prekida
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedovoljna cirkulacija vazduha oko uređaja. Loše zaptivanje vrata. Veliko opterećenje od toplih namirnica ili leda. Temperatura u prostoriji suviše visoka.	Promeniti lokaciju uređaja. Promeniti zaptivanje vrata. Smanjiti unos svežih namirnica. Ventilirati prostoriju.

<b>Slučaj broj 7</b>	Buka.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Cevovod uređaja dodiruje neke od elemenata. Nije nivelisan uređaj. Posuda za otopinu vibrira. Ventilator dodiruje limene delove uređaja. Kompresor nije dobro vezan za uređaj.	Pomeriti kritični cevovod. Nivelisati. Zameniti posudu ili je učvrstiti. Pomeriti ventilator. Proveriti i učvrstiti sa novim amortizerima.

<b>Slučaj broj 8</b>	Inje ili led na orebrenom isparivaču.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Tajmer za otapanje neispravan. Oštećen grejač za otapanje. Neispravan termostad.	Proveriti i ako je neisparavan, zameniti.

<b>Slučaj broj 9</b>	Led u posudi za prihvatanje otopine.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Oštećen grejač za otapanje u posudi.	Proveriti i zameniti.

<b>Slučaj broj 10</b>	Uređaj se ne isključuje, temperatura normalna.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Led iznad isparivača Kapilara termostata nije u kontaktu sa isparivačem.	Proveriti zaptivku vrata. Postaviti kapilaru na pravo mesto.

<b>Slučaj broj 11</b>	Zamrzivač radi bez prekida, temperatura suviše niska.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neispravan termostad.	Zameniti ga.

<b>Slučaj broj 12</b>	Zamrzivač radi bez prekida, temperatura visoka.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Led u izolaciji, oštećena izolacija.	Prekinuti rad uređaja, otopiti led, zameniti izolaciju, zaptiti mesto prodora vlage u izolaciju.

<b>Slučaj broj 13</b>	Led se brzo formira na isparivaču.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Zaptivka vrata oštećena.	Zameniti zaptivku vrata.

<b>Slučaj broj 14</b>	Vratanca na delu zamrzivača blokirana.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neispravnost grejač vrata.	Zameniti grejač ili ga popraviti.

<b>Slučaj broj 15</b>	Zamrzivač radi i zagreva se.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Vlaga u rashladnom sredstvu.	Zameniti ili ugraditi sušač u tečni vod.

<b>Slučaj broj 16</b>	Postepeno smanjenje učinka smrzavanja.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Smanjenje protoka kroz kapilaru kao posledica zaprljanja.	Produvati kapilaru ili je zameniti.

## 18.20. Kvarovi na komercijalnim rashladnim uređajima

<b>Slučaj broj 1</b>	Kompresor se ne pokreće.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nema napajanja električnom energijom.	Proveriti glavni prekidač, osigurač i ožičenje.
Termostat podešen na visoku temperaturu.	Podesiti termostat na odgovarajuću temperaturu.
Bimetal.	Podesiti.
Uljni presostat nepodešen.	Podesiti.
Priljavi električni kontakti.	Očistiti kontakte.
Gubitak napajanja elektroenergijom nekih od zaštitnih elemenata.	Proveriti i otkloniti kvar.
Pregoreo motor kompresora.	Proveriti i zameniti ako je u kvaru.
Magnetni ventil zatvoren.	Proveriti namotaje ventila.
Ventilator isparivača ne radi.	Proveriti napajanje ventilatora.
Ventilator kondenzatora, ili pumpa evaporativnog kondenzatora ne radi.	Proveriti napajanje.
Presostat visokog pritiska otvoren.	Aktivirati reset dugme za resetovanje.
Nema punjenja rashladnog fluida.	Bez rashladnog fluida, nema dovoljnog pritiska da aktivira presostat niskog pritiska. Popraviti propuštanje fluida i dopuniti sistem.



<b>Slučaj broj 2</b>	Kompresor radi na mahove.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Presostat niskog pritiska se ne ponaša logično.	Proveriti cev da li je zamašćena. Proveriti podešenost presostata, možda je suviše visok.
Nedovoljna količina fluida u sistemu.	Proveriti propuštanje, otkloniti ga i dopuniti fluid.
Nepodešena kontrola kapaciteta.	Podesiti.
Temperaturska diferencija suviše mala.	Podesiti.
Usisni ventil zatvoren ili prigušen.	Otvoriti.

<b>Slučaj broj 3</b>	Kompresor je stalno u radu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Prljav ili smanjen prečnik do presostata.	Proveriti i očistiti cev.
Neispravan presostat.	Zameniti.
Učink kondenzatora smanjen zbog prepunjavanja rashladnim fluidom, što utiče na presostat visokog pritiska.	Smanjiti punjenje rashladnog fluida.
Nedovoljna količina vode koja prolazi kroz kondenzator ili su cevi za vodu začepljene.	Podesiti protok vode. Očistiti kondenzator.
Potisni ili usisni ventil nije dovoljno otvoren.	Otvoriti ventile.
Vazduh u sistemu.	Ispustiti vazduh.
Pumpa za vodu ne radi.	Proveriti.

<b>Slučaj broj 4</b>	Visoki potisni pritisak.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Temperatura fluida na ulazu u kondenzator suviše visoka.	Proveriti količinu vode. Proveriti dovod vode.
Nedovoljan protok vode kroz kondenzator.	Podesiti protok, podešavanjem regulacionog ventila ili povećanjem protoka.
Začepljene cevi ili prisustvo naslage u cevima.	Očistiti cevi.
Potisni ventil delimično zatvoren.	Otvoriti ventil.
Višak rashladnog fluida.	Odstraniti višak.
Vazduh u sistemu.	Ispustiti vazduh.

<b>Slučaj broj 5</b>	Nizak potisni pritisak.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Veliki protok vode kroz kondenzator.	Prilagoditi protok.
Usisni ventil delimično zatvoren.	Otvoriti ventil.
Propuštaju usisni ventili na kompresoru.	Odsisati sistem, skinuti glavu cilindra, proveriti ventile i po potrebi zameniti ih.
Istrošeni klipni prstenovi.	Zameniti ih ukoliko su istrošeni.

<b>Slučaj broj 6</b>	Potapanje.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Oštećen ili nepodešen ekspanzioni ventil.	Podesiti ventil na 5 °C do 6 °C pregrevanja.

<b>Slučaj broj 7</b>	Nizak usisni pritisak.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedovoljno punjenje rashladnog fluida.	Proveriti propuštanje fluida i dodati novu količinu fluida.
Visoko pregrevanje.	Podesiti.

<b>Slučaj broj 8</b>	Buka od kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Buka od spojnice.	Proveriti zazor i saosnost.
Nedozvojen zazor između klipa i ventila.	Zameniti oštećene delove.
Oštećeni ležaji kompresora.	Zameniti ležaje.
Nedovoljno pričvršćeni oslonci.	Popraviti.
Postolje nedovoljno odvojeno od temelja.	Obezbediti kolena i cevi kao i antivibracione cevi i pravilno ih učvrstiti.
Potapanje rashladnim fluidom.	Proveriti podešenost ekspanzionog ventila. Proveriti poziciju kapilare ventila. Nije dobro podešen usisni cevovod u cilju sprečavanja potapanja.
Hidraulični udar kao uzrok viška ulja u cevovodu.	Odstraniti višak ulja. Proveriti ekspanzioni ventil.

## 18.21. Kvarovi na split klimatizacionim jedinicama

<b>Slučaj broj 1</b>	Visoki potisni pritisak (režim hlađenja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Visoka temperatura vazduha kod spoljne jedinice ili je nedovoljan protok vazduha zbog loše lokacije.	Proveriti rad ventilatora spoljne jedinice. Proveriti cirkulaciju vazduha oko spoljne jedinice.
Razmenjivač toplote spoljne jedinice je začepljen.	Očistiti.
Vazduh u sistemu.	Ispustiti vazduh.
Usisni pritisak viši od normalnog.	Vidi „visoki usisni pritisak“.
Ne pokreće se kontrolni ventil.	Zameniti ga.
Višak rashladnog fluida.	Odstraniti višak.

<b>Slučaj broj 2</b>	Visoki potisni pritisak (režim grejanja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Visoka temperatura vazduha kod unutrašnje jedinice, ili je nedovoljan protok vazduha zbog loše lokacije.	Proveriti rad ventilatora unutrašnje jedinice. Proveriti cirkulaciju vazduha oko unutrašnje jedinice.
Razmenjivač toplote unutrašnje jedinice je hladan.	Očistiti unutrašnju jedincu.
Vazduh u sistemu.	Ispustiti vazduh.
Usisni pritisak viši od normalnog.	Vidi „visoki usisni pritisak“.
Višak rashladnog fluida.	Odstraniti višak.

<b>Slučaj broj 3</b>	Nizak potisni pritisak (režim hlađenja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Niska temperatura vazduha kod spoljne jedinice.	Proveriti rad razmenjivača toplote spoljne jedinice. Proveriti temperaturu ambijenta.
Kvar u potisnom ili usisnom ventilu kompresora.	Proveriti ulaz u kompresor. Proveriti temperaturu ambijenta.
Usisni pritisak je niži od normalnog.	Vidi „nizak usisni pritisak“.
Ne pokreće se kontrolni ventil.	Zameniti ga.
Nedovoljna količina rashladnog fluida.	Ako postoji curenje fluida, popraviti pa dopuniti instalaciju.

<b>Slučaj broj 4</b>	Nizak potisni pritisak (režim grejanja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Niska temperatura vazduha kod spoljne jedinice.	Proveriti rad razmenjivača toplote unutrašnje jedinice. Proveriti temperaturu ambijenta.
Kvar u potisnom ili usisnom ventilu kompresora.	Proveriti ulaz u kompresor. Proveriti usisni pritisak.
Usisni pritisak je niži od normalnog.	Vidi „nizak usisni pritisak“.
Ne pokreće se kontrolni ventil.	Zameniti ga.
Nedovoljna količina rashladnog fluida.	Ako postoji curenje fluida, popraviti pa dopuniti instalaciju.

<b>Slučaj broj 5</b>	Visoki usisni pritisak (režim grejanja)
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Ulazni vazduh je suviše topao ili prekomeran protok kroz unutrašnju jedinicu.	Proveriti protok vazduha.
Ulazni vazduh je suviše topao ili prekomeran protok kroz unutrašnju i spoljnu jedinicu.	Smanjiti količinu rashladnog fluida.
Ne pokreće se kontrolni ventil.	Vidi „nizak usisni pritisak“.
Ne pokreće se kontrolni ventil.	Zameniti ga.
Kvar u potisnom ili usisnom ventilu kompresora.	Proveriti ulaz u kompresor.

<b>Slučaj broj 6</b>	Nizak potisni pritisak (režim hlađenja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Vazduh oko spoljne jedinice suviše hladan.	Proveriti rad spoljne jedinice. Proveriti temperaturu okoline.
Kvar u potisnom ili usisnom ventilu kompresora.	Proveriti ulaz u kompresor. Proveriti usisni pritisak.
Nedovoljna količina rashladnog fluida.	Ako postoji curenje fluida, popraviti pa dopuniti instalaciju.
Usisni pritisak je niži od normalnog.	Vidi „nizak usisni pritisak“.
Ne pokreće se kontrolni ventil.	Zameniti ga.

<b>Slučaj broj 7</b>	Nizak usisni pritisak (režim hlađenja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Ulazni vazduh je suviše topao ili prekomeran protok kroz spoljnu jedinicu.	Proveriti protok vazduha. Proveriti spoljnu jedinicu na smrzavanje. Proveriti temperaturu okoline.
Nedovoljna količina rashladnog fluida ili postoji curenje fluida.	Ako postoji curenje fluida, popraviti pa dopuniti instalaciju.
Ograničen protok u tečnom ili usisnom cevovodu.	Proveriti kapilaru i filter.
Prečnik cevi za rashladni fluid je mali ili je dužina cevovoda velika.	Ugraditi odgovarajuću cev.

<b>Slučaj broj 8</b>	Nizak usisni pritisak (režim grejanja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Potisni pritisak je niži od normalnog.	Vidi „nizak potisni pritisak“.
Ulazni vazduh je suviše topao ili prekomeran protok kroz spoljnu jedinicu.	Proveriti protok vazduha. Proveriti spoljnu jedinicu na smrzavanje. Proveriti temperaturu okoline.
Ne pokreće se kontrolni ventil.	Zameniti ga.

<b>Slučaj broj 9</b>	Prekid u radu.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke.</i>
Visoki ili niski napon ili nedostatak jedne faze (za višefazne jedinice).	Proveriti napon ili prisutnost sve tri faze.
Nedovoljna količina rashladnog fluida ili postoji curenje fluida.	Ako postoji curenje fluida, popraviti pa dopuniti instalaciju.

<b>Slučaj broj 10</b>	Presostat.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Potisni pritisak je suviše visok.	Vidi „visoki usisni pritisak“.

<b>Slučaj broj 11</b>	
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Potisni pritisak je suviše visok.	Vidi „visoki usisni pritisak“.

<b>Slučaj broj 12</b>	Relej za preopterećenje kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Potisni ili usisni pritisak su izuzetni visoki.	Vidi „visoki usisni pritisak“ ili „visoki potisni pritisak“.

<b>Slučaj broj 13</b>	Ventilator spoljne jedinice.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Visoki il niski napon ili nedostatak jedne faze (za višefazne jedinice).	Proveriti napon ili prisutnost sve tri faze.

<b>Slučaj broj 14</b>	Prekid rada.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Rad bez jedne faze (za višefazni uređaj).	Proveriti faze.
Kvar motora kompresora.	Proveriti namotaje motora na priključcima motora i uzemljenje.
Kvar motora ventilatora.	Proveriti namotaje motora na priključcima motora i uzemljenje.

<b>Slučaj broj 15</b>	Kvar osigurača.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Neodgovarajuća veličina osigurača.	Proveriti veličinu osigurača.
Gubitak kontakta.	Proveriti kontakte.
Kvar motora ventilatora.	Proveriti namotaje motora na priključcima motora i uzemljenje.
Rad bez jedne faze (za višefazni uređaj).	Proveriti faze.
Kvar motora ventilatora.	Proveriti namotaje motora na priključcima motora i uzemljenje.

<b>Slučaj broj 16</b>	Buka od ventilatora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Udarci delova ventilatora o kućište.	Proveriti i učvrstiti elemente.

<b>Slučaj broj 17</b>	Buka od kompresora.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Tečnost rashladnog fluida u usisnoj cevi.	Proveriti punjenje fluida. Proveriti temperaturu ulaznog vazduha da li je suviše visoka. Proveriti nedovoljan protok vazduha.
Nisu otklonjeni elementi za fiksiranje potrebni za transport.	Otkloniti elemente za vezivanje.
Oštećeni ležaji.	Zameniti kompresor.
Kvar usisnih i potisnih ventila u kompresoru.	Zameniti kompresor.

<b>Slučaj broj 18</b>	Drugi izvori buke.
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Nedostatak vijaka za vezivanje elemenata.	Povezati sve elemente.
Oslabljeni oslonci.	Proveriti uputstva proizvođača.

<b>Slučaj broj 19</b>	Obilno smrzavanje unutrašnje jedinice (režim hlađenja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Usisni pritisak je niži od normalnog.	Vidi „nizak usisni pritisak“.
Kapilarna cevi zapušena.	Promeniti kapilarnu cev.

<b>Slučaj broj 20</b>	Obilno smrzavanje spoljne jedinice (režim grejanja).
<i>Mogući uzroci</i>	<i>Način popravke</i>
Kontakt senzora za termostat otapanja.	Proveriti senzor.





## Mere sigurnosti u radu rashladnih instalacija

Prema stepenu moguće opasnosti usled fiziološkog dejstva na čoveka, rashladna sredstva se dele u tri osnovne grupe:

1. nezapaljiva rashladna sredstva, bez toksičnog dejstva, ili sa manjim toksičnim dejstvom (R134a, R22 i dr.);

2. rashladna sredstva sa toksičnim ili nagrizajućim dejstvom, odnosno ona sredstva čija je smeša sa vazduhom zapaljiva ili eksplozivna samo u užim granicama (donja granica zapaljivosti pri 3,5 i više zapreminskih procenata) kao amonijak i dr.;

3. rashladna sredstva koja sa vazduhom grade lako zapaljive i eksplozivne smeše (donja granica zapaljivosti pri manje od 3,5 zapreminska procenta), kao etan, propan, butan i dr.

Za ostala rashladna sredstva videti klasifikaciju po SRPS. M.E7.101.

Rashladni uređaji i aparati napunjeni rashladnim sredstvima grupe u iznosu manjem od 5 kg ne podležu nikakvim ograničenjima u pogledu izrade postrojenja i mesta postavljanja. Dozvoljeno punjenje po 1 m<sup>3</sup> prostorije za R134a i R22 iznosi 0,50 kg. Rashladni uređaji i aparati napunjeni rashladnim fluidom grupe 2 (metilhlorid i dr.) u iznosu manjem od 1,5 kg, takođe ne podleži nikakvim ograničenjima u pogledu izrade postrojenja i mesta postavljanja, izuzev uređaja za klimatizaciju.

Detaljni podaci i smernice za postavljanje rashladnih uređaja, kao i zahtevi u pogledu mašinske prostorije prikazani su u SRPS. M.E7.104.

Svi delovi rashladnog postrojenja moraju biti izrađeni od materijala koji nisu podložni uticaju rashladnih sredstava, ulja, ili smeša ulja i rashladnog sredstva. Pri lemljenju bakarnih cevni vodova, mora se voditi računa da lemljenje bude stručno izvedeno i da materijal za lemljenje bude odgovarajući.

Na svakoj mašini za hlađenje sa punjenjem većim od 1,5 kg rashladnog fluida mora se postaviti lako čitljiva i trajna fabrička tablica sa podacima koji sadrže naziv i mesto proizvođača, oznaku tipa, godinu proizvodnje, sredstvo za hlađenje i najviši dozvoljeni radni pritisak (bar).

Sva rashladna postrojenja i aparati sa punjenjem većim od 1,5 kg rashladnog fluida moraju imati uputstvo za rukovanje postrojenjima i opšte propise o radu postrojenja.

Njihova namena je da ukratko objasne ono što je bitno za funkcionisanje postrojenja, najčešće uzroke smetnji i način njihovog otklanjanja i moguće rizike u radu sa rashladnim fluidima.

## 19.1. Rashladni fluid – amonijak (R717)

Amonijak se koristi kao rashladni fluid zbog određenih termodinamičkih osobina koje omogućavaju mnogo efikasniji prenos toplote nego drugi gasovi kao što su halogeni ugljovodonici.  $\text{NH}_3$  je posebno pogodan za rad u temperaturnom opsegu od  $\sim 0\text{ }^\circ\text{C}$  do  $\sim -30\text{ }^\circ\text{C}$ , zbog čega je u širokoj upotrebi u postrojenjima za čuvanje hrane, hlađenje tečnosti (mleko, pivo i bezalkoholna pića) i u hemijskoj industriji.

**Toksičnost.** Amonijak je hemijski reaktivan gas koji je veoma lako rastvorljiv u vodi i mnogo je lakši od vazduha. Međutim, hladne pare amonijaka (npr. pri isticanju) mogu da budu gušće od vazduha. Amonijak se odlikuje tipičnim ostrim mirisom, koji većina ljudi oseća pri koncentraciji od oko 50 ppm. Preporučena granica prisustva amonijaka u radnoj sredini iznosi 25 ppm za minimum 8 sati (0,0025%) ili 35 ppm za 10 minuta (kratkotrajno prisustvo).

Pri koncentraciji amonijaka od 400 ppm, većina ljudi će osetiti neprijatnost u grlu i nosu, ali ako nisu duže od 30–60 minuta izloženi njegovom uticaju, trajnih posledica po njihovo zdravlje neće biti. Na nivou od 700 ppm prisustvo amonijaka izaziva neposrednu iritaciju očiju, dok pri nivou od 1.700 ppm (0,17%) izaziva kašalj, a posle približno 30 minuta udisanja amonijaka posledice mogu biti fatalne. Ukoliko je koncentracija veća od 5.000 ppm (0,5%), smrt može nastupiti za kratko vreme.

**Požar i eksplozija.** Koncentracija amonijaka od 16% do 25% u vazduhu formira zapaljivu smešu, ali je veoma malo incidenata registrovano kao posledica prisustva ove mešavine u mašinskoj (kompresorskoj) prostoriji. Svi zabeleženi incidenti posledica su isticanja amonijaka, najčešće zbog lošeg održavanja.

**Bezbednosne mere.** Pod normalnim okolnostim ljudi ne mogu da podnesu prisustvo amonijaka ni u blizini granice zapaljivosti. Odgovarajuće mere predostrožnosti su, uglavnom, one koje važe i za prisustvo otrovnih materija u oblastima u kojima boravi čovek ili na mestima gde se obavljaju radovi kao što su održavanje i popravke, a naročito punjenje i pražnjenje. Opasnost od požara i eksplozije izuzetno je velika u kompresorskim prostorijama ili nepristupačnim mestima hladnjača, koje je nemoguće nadzirati.

**Zaštitna oprema za disajne organe.** Lica koja ulaze u zone u kojima postoji mogućnost prisustva amonijačnih para u nedozvoljenoj koncentraciji moraju nositi zaštitne maske ili aparat za disanje. To ne uključuje rutinske posete prostoru sa rashladnom opremom, koji bi trebalo da je smešten na pristupačnom mestu, ali van zone u kojoj bi mogla da se pojavi visoka koncentracija amonijačnih para. Niko ne bi trebalo ni u kom slučaju da uđe u oblast u kojoj koncentracija gasa može biti na granici zapaljivosti.

Zaštitna lična sredstva (gas-maske, rukavice, odela i sl.) treba postaviti u mašinsku salu na vidnom i pristupačnom mestu i to onoliko kompleta koliko jednovremeno ima opslužilaca.

Odgovarajuću zaštitnu opremu za disajne puteve mora da nosi svaka osoba koja obavlja radove na održavanju sistema kod kojih postoji rizik od isticanja amonijaka. Pri dužem boravku u sredini gde je prisustvo amonijaka manje od dozvo-

ljenog i pored korišćenja gas-maske treba biti obazriv, jer će amonijak u dodiru sa znojem veoma brzo izazvati iritaciju kože, jer se lako rastvara u vodi. U slučajevima kada gas nije moguće odstraniti iz radnog okruženja, potrebno je koristiti zaštitno odelo.

Lice koje koristi respiratornu zaštitnu opremu mora biti propisno obučeno za njegovu upotrebu i mora biti u potpunosti svesno svojih ograničenja. Oprema mora redovno da se održava, čuva čistom, da se pregleda najmanje jednom mesečno i da se uložak pravovremeno zameni.

**Evakuacija i hitni postupci.** Jasno je da mora postojati protokol o ponašanju osoblja u eksczesnim situacijama koji detaljno precizira obaveze svih zaposlenih u slučaju evakuacije, spasavanja, prve pomoći, izoloavanja postrojenja itd. Posebno je važno da ovaj protokol propiše jasnu proceduru evakuacije za zone u kojima se rashladni sistem nalazi u radnom prostoru.

Izlaze iz mašinskih sala treba vidno obeležiti i održavati ih bezbednim sve vreme. Ozbiljno povređeno osoblje osetiće bol u očima, kašalj, veoma brzo će postati dezorijentisano, zbog čega mora biti poznato sa putevima evakuacije.

Uobičajeni metod za pravovremeno upozorenje je protivpožarni alarm, koji mora biti dostupan na svakom radnom mestu. Osoblje treba upozoriti da se ne približava oblaku gasa koji može izgledati kao para, a formira se hlađenjem ispuštenog amonijaka.

Evakuacioni put za slučaj opasnosti iz ugrožene prostorije do bezbednih prostorija ne sme da bude duži od 20 m.

**Obuka za rad i održavanje postrojenja.** Osoblje uključeno u rad i održavanje postrojenja mora biti adekvatno obučeno za funkcije koje obavlja. Obuka treba da obuhvati ne samo opšte principe hlađenja, već i specifične delove svakog posebnog uređaja, instalacije ili postrojenja.

**Postrojenje nije predviđeno za rad u spoljnoj atmosferi.** U slučaju standardnih rashladnih postrojenja (postrojenje nije projektovano za rad u spoljnoj sredini), izlaganje niskim spoljnim temperaturama vazduha može da izazove utečnjavanje amonijaka u kompresoru, što će izazvati opasna oštećenja kompresora. Mašinske sale trebalo bi da, tamo gde je to moguće, budu napravljene od elemenata prikladnih za slučaj eksplozije, npr. da imaju laku krovnu konstrukciju, ili da su od „labavih“ panela, čije veze moraju biti takve da se ne razlete po okolini.

Zbog kvalitetnije ventilacije poželjno je da kompresorske stanice imaju najmanje jedan spoljni zid. Lociranje kompresora u zatvorenim prostorijama ili podrumima treba izbegavati kad god je to moguće. Vrata između prostorije sa rashladnim postrojenjem ili kompresorske stanice i ostalih delova objekta treba da budu protivpožarna samozatvarajuća i dobro zaptivena.

**Postrojenje predviđeno za rad u spoljnoj atmosferi.** Postrojenja projektovana za rad u spoljnoj atmosferi moraju imati predviđenu zaštitu od vremenskih uslova, npr. kontejner sa najmanje 50% slobodne površine u odnosu na ukupnu površinu zidova.

**Postrojenje predviđeno za rad u radnim prostorijama.** Opšte pravilo je da bi postrojenja koja sadrže amonijak, samo u izuzetnim slučajevima trebalo locirati

unutar kruga proizvodnih pogona ili naseljenih mesta. Delovi postrojenja kao što su amonijačne pumpe, separatori, skupljači tečnog amonijaka, potrebno je, kad god je moguće, izmestiti van radne sredine. Buka koju stvaraju kompresori je još jedan razlog za njihov smešataj na dovoljnoj razdaljini od radnih mesta.

**Ventilacija.** Kompresorske stanice moraju biti ventilirane na način koji zadovoljava sledeće zhteve:

– Stalni rad ventilacionog sistema treba da onemogući nagomilavanje otrovnih koncentracija amonijaka koje mogu biti posledica isticanja amonijaka, na primer na spojevima ili zaptivkama. Zato je bolje rešenje prinudna nego prirodna ventilacija.

– „Interventna“ (vanredna) ventilacija aktivira se u slučaju nagomilavanja zapaljive smeše amonijaka i vazduha i ima za cilj da održi koncentraciju ispod 25% od donje granice eksplozivnosti (odnosno 4%).

– U zavisnosti od vrste rashladnog postrojenja, njegovog učinka, uslova rada i lokacije na kojoj se postrojenje nalazi, zavisice i rešenje sistema ventilacije. Bez obzira na specifičnosti različitih sistema, ventilacija mora zadovoljiti i neke zajedničke zahteve, kao što su neprekidan rad, izbacivanje otpadnih gasova u atmosferu na bezbednom mestu, dobra zaptivenost prostorije, u slučaju ručne kontrole koncentracije amonijaka lako pristupačne komande i dr.

– Odvod vazduha iz prostorija u kojima postoji mogućnost pojave amonijaka treba da je pri tavanici prostorije, s tim da se tom prilikom izbegnu džepovi kao posledica tavanskih greda.

– Mašinske prostorije treba da su uređene tako da se oslobođeni amonijak može izvesti napolje, bez mogućnosti prodora u susedne prostorije, stepeništa, prolaze ili hodnike.

– Otvori za otpadni vazduh (prozori, nastavci, kanali) treba da se rasporede tako, da rashladna sredstva koja se nalaze u otpadnom vazduhu ne mogu ugrožavati ljude.

– Prinudna ventilacija se predviđa kada prirodna ventilacija kroz prozor ili druge otvore nije moguća ili nije dovoljna. Pošto je amonijak lakši od vazduha, nečist vazduh mora da se odvodi ispod tavanice, a dovodni vazduh mora da se dovede iznad poda.

– Vrata treba da se otvaraju u pravcu hitnog napuštanja, i da ih je moguće otvoriti iznutra (npr. oprema sa bravom za paniku).

– Rashladna postrojenja postavljena u mašinskom prostoru treba da imaju mogućnost da se isključuju izvan mašinske prostorije. Komandni uređaji treba da su posebno označeni.

– Uređaji za odvođenje rashladnih sredstava treba da imaju mogućnost da se aktiviraju sa bezbednog mesta.

**Postavljanje rashladnih postrojenja.** Rashladna postrojenja treba da budu postavljena tako da se u unutarfabričkom saobraćaju i transportu ne oštećuju. U oblastima koje služe za saobraćaj, mogu se postavljati cevovodi sa amonijakom sami bez odvojivih veznih delova i armature. Cevovode u kojima se transportuje rashladno sredstvo treba zaštititi od mehanickih oštećenja.

Zaštita može da se obezbedi sledećim merama:

- polaganjem/postavljanjem iznad visine vozila pri datom ograničenju profila (min. 4 m),
- postavljanjem zaštitnih šina ili lajsni za ograničenje kretanja,
- odbojnicima na potporama vodova,
- polaganjem cevi u šahtove.

Elementi za hlađenje treba da se postave tako da je pristup moguć sa svih strana i da na raspolaganju bude dovoljno mesta za održavanje. Prema propisima o zaštiti čovekove okoline amonijak i ulje ne smeju dospeti u kanalizaciju. Iz tih razloga nije dozvoljeno postavljati kanalizacione otvore u zoni gde je moguće isticanje rashladnog fluida i ulja.

Cevovodi i ventili moraju biti jasno obeleženi sa naznačenom vrstom i smerom protoka fluida.

**Sistem za ispuštanje ulja.** Mnogi problemi u amonijačnim rashladnim sistemima su posledica kvara na sistemu za ispuštanje ulja. U većini slučajeva ulje se prazni sa donje strane tečnog amonijaka. Amonijak postaje zasićen uljem, a ulje koje se tom prilikom hladi, zgušnjava se. Da bi se smanjio rizik od isticanja ulja iz navedenog razloga, potrebno je preduzeti sledeće mere:

- na kratkim deonicama cevi, na kojima se može nadzirati eventualno isticanje, odvod ulja treba odvesti u spoljnu sredinu;
- ventili se moraju postaviti tako da, usled dilatacija cevi, ne dozvole hvatanje tečnog amonijaka u „klopku“;
- sigurnosni ventil se postavlja na bezbednom mestu, po potrebi između zaustavnih ventila.

**Mesto za punjenje amonijaka.** Mesto na kome se sistem puni amonijakom treba da je bezbedno, dobro provetreno, ili po mogućstvu locirano na otvorenom prostoru i da je daleko od izvora požara ili varničenja.

**Protivpožarna zaštita.** Svi mogući izvori požara (otvoreni plamen i sl.) moraju biti odstranjeni iz kompresorske stanice i iz neposrednog okruženja rashladnog postrojenja koje se nalazi na otvorenom prostoru. Električne potrošače, po pravilu, treba locirati van kompresorskih stanica na bezbedno mesto. Međutim, ukoliko to nije moguće, električni potrošači koji se koriste u amonijačnim instalacijama moraju se tretirati kao specifičan slučaj zbog zapaljivosti amonijaka i malog opsega eksplozivnosti i činjenice da se njegov miris može osetiti pri malim koncentracijama.

Aparati za gašenje požara moraju biti ispravni i redovno kontrolisani od ovlašćenih institucija.

**Opasnosti od smrzavanja.** Problemi koji se mogu sresti kod rashladnih postrojenja su zarobljavanje i smrzavanje rukovaoca u hladnjačama, rukovanje vrlo hladnim proizvodima, koje može izazvati opekotine, kao i pojava mikrobioloških zaraza čiji su izvor kule za hlađenje vode.

**Detektori gasa.** Lokacija detektora mora biti odabrana u zavisnosti od smeštaja opreme u mašinskoj sali, načina kretanja vazduha u njoj i potencijalnih izvora isticanja. Iz tog razloga posebnu pažnju treba obratiti na stvaranje zona u koji-

ma nema strujanja vazduha. Iskustvo je pokazalo da je moguće da se, u određenim okolnostima, hladna para amonijaka prvo pojavi pri podu.

Detektori se obično postavljaju u blizini kompresora i drugih nestatičnih elemenata postrojenja i pri plafonu. Jedan detektor pokriva oko 36 m<sup>2</sup> površine plafona, osim ako postoje grede koje mogu biti uzrok stvaranja mrtvih zona, te se tada svaki slučaj tretira posebno. Uloga detektora je da alarmira prisustvo amonijaka u vazduhu pre nego što njegova koncentracija dostigne tačku paljenja, što je naročito važno za električnu opremu koja nema zaštitu od varničenja, nema protiveksplozivnu zaštitu i nije predviđena za rad na temperaturama iznad 630 °C.

Detektori moraju biti u protiveksplozivnoj zaštiti. Mogu se kontaminirati u slučaju prisustva zagađivača u vazduhu, zbog čega se moraju pravilno instalirati i redovno održavati. Rad detektora se proverava korišćenjem standardnih amonijskih gasnih smeša. Detektor treba da bude u stanju da detektuje koncentraciju amonijaka od 1% ili manje.

**Prostorije u kojima čovek stalno boravi.** Sva električna kola treba da su u okviru odvojenih jedinica smeštenih u nerizičnim oblastima. Oblast u kojoj su locirani treba kontrolisati pomoću sistema za detekciju gasa vizuelnim i zvučnim signalima i automatskim uključivanjem sistema za interventnu ventilaciju. Glavni prekidač mora biti van prostorije.

Bilo koji električni potrošač koji radi posle detekcije prisustva gasa, kao što je sistem za ventilaciju i panično osvetljenje, mora biti u adekvatnoj zaštiti saglasno zoni opasnosti u kojoj se nalazi. Neka postrojenja zahtevaju da u prostorijama u kojima su smešteni kompresori stalno bude prisutno osoblje. Osoblje može osetiti prisustvo amonijaka u prostoriji samo ako je konstantno prisutno u njoj. Međutim, ako oni imaju i druge obaveze ili napuštaju radno mesto zbog obroka, njihova osetljivost na prisustvo gasa će biti umanjena, a samim tim i nepouzdana.

**Prostorije u kojima čovek boravi povremeno.** Sva električna kola treba da su u okviru odvojenih jedinica smeštenih u nerizičnim oblastima i pod kontrolom jednog ili više detektora gasa sa vizuelnim i zvučnim signalima i automatskim uključivanjem sistema za interventnu ventilaciju i/ili paničnog osvetljenja. Otpadni vazduh iz ventilacionog sistema bi trebalo izbacivati iz objekta, a da pri tome ne ugrožava spoljnu sredinu. Dozvoljena koncentracija amonijaka odgovara zvučnom alarmu koji se oglašava pri 1,5%, a strujno kolo isključuje pri 3%.

U svim prostorijama, stalno ili povremeno zaposnutim, osoblje mora imati na dohvat ruke aparate za disanje, zaštitna odela i jasno označen evakuacioni put.

U nekim sistemima, na primer u hemijskim postrojenjima, nagli pad rashladnog učinka ima za posledicu automatsko gašenje postrojenja, što može biti opasno. Malo je verovatno da će se ova situacija ikada pojaviti u bilo kojoj prostoriji. U takvim okolnostima električna oprema se može ručno isključiti, pod uslovom da je sistem detekcije i dojave direktno povezan i pod stalnim nadzorom osoblja u komandnoj sobi. Na taj način i aktiviranje sistema interventne ventilacije može još uvek biti izvodljivo. Ukoliko automatsko zaustavljanje rada rashladnog sistema nije moguće, moraju se preduzeti sledeće mere:

- stalni nadzor osoblja iz komandne sobe,

- izvesti sistem za alarmiranje,
- obezbediti bezbedan sistem rada – ličnu zaštitu osoblja (odeća i oprema), evakuacioni put, isključenje kompresora na sigurnom mestu i sl.

### **Zaštitne mere i pravila ponašanja**

- Rad i rukovanje rashladnom instalacijom dozvoljeno je samo obučenom osoblju.
- Intervencije na rashladnim instalacijama može preduzeti samo stručno osoblje.
- Rukovanje rashladnim fluidima dozvoljeno je samo određenom krugu osoblja.
- Redovno podučavanje o načinu ophođenja sa rashladnim fluidima treba da se konstatuje odgovarajućim dokumentom.
- Treba da se obezbedi dobro provetranje prostorije.
- Jelo, piće i pušenje nisu dozvoljeni u blizini rashladnog fluida.
- Pri intervenciji na postrojenju treba nositi zaštitnu masku za disanje sa filtrom  $\text{NH}_3$ .
- Amonijak, uključujući i njegov vodeni rastvor, treba da se ukloni kao otpad koji zahteva poseban nadzor.
- Pri pojavi amonijaka treba odmah napustiti postrojenje i aktivirati alarm.
- Ako je potrebno, treba koristiti zaštitnu masku za disanje sa filtrom  $\text{NH}_3$  (zelena boja).
- Treba koristiti gumene rukavice, zaštitne kecelje, zaštitne čizme.
- Amonijak treba razblažiti sa mnogo vode (raspršivanje).
- Voda obogaćena sa  $\text{NH}_3$  ne sme da dospe u kanalizaciju ili u javne vode.

### **Prva pomoć**

- Povređene osobe treba iz zagađene atmosfere izvesti na svež vazduh.
- Odeću zagađenu amonijakom treba skinuti.
- Opekotine na telu, kao i usta i oči, treba ispirati vodom 20 minuta.
- Napadnuti delovi kože ne smeju se pokrivati zavojem, uljem itd., ali moraju da se zaštite od hladnoće.
- Nakon ispiranja napadnutih delova tela, ozleđenu osobu treba što pre odvesti lekaru.
- U slučaju udisanja  $\text{NH}_3$  u većim količinama i pri povredama, naročito očiju, hitno je potreban lekarski tretman.

## **19.2. Rashladni fluidi – freoni**

Rashladni fluidi, tzv. freoni, bezopasni su i neškodljivi ukoliko se nalaze u sistemu ili u rezervoarima za skladištenje. Opasnost od fluida nastaje od nestručnog i neadekvatnog rukovanja.

Rashladni fluidi koji se koriste u rashladnim i klimatizacionim sistemima moraju se koristiti ispravno da bi se izbegle potencijalne opasnosti. Većina fluida ima nisku tačku isparavanja i postoje opasnosti od ozeblina i oštećenje očiju. Rashladni fluidi sa višim temperaturama isparavanja mogu prouzrokovati nadražaj respiratornih organa i kože. Fluidi takođe mogu oštetiti okolinu, ako se postupa nepr-

vilno. Pošto neki od rashladnih fluida oštećuju ozonski sloj u stratosferi, to slobodno ispuštanje takvih fluida ugrožava biljni i životinjski svet na Zemlji.

### **Osnovne smernice za sigurno rukovanje rashladnim fluidima**

– Odgovorna lica moraju obučiti osoblje koje rukuje rashladnim uređajima i ukazati na potencijalne opasnosti koje mogu nastati prilikom nepravilnog rukovanja.

– Zaštitne naočare i rukavice moraju se koristiti prilikom svih intervencija na rashladnim uređajima odnosno njihovog servisiranja rashladnim uređajima.

– Provetravati radni prostor ili nositi zaštitne maske ako se sumnja u curenje fluida.

– Uvek proveriti zatvoreni prostor da li u vazduhu ima gasa pre početka rada. Mnogi freoni se ne mogu osetiti i zbog smanjene količine kiseonika čovek može doći do gubitka svesti.

– Udisanje freona u većim količinama može izazvati smrt.

– Rezervoar za skladištenja freona ne bi trebalo da budu popunjeni preko 80% svoje zapremine.

– Proveriti vrstu i namenu boce (oznaku rashladnog fluida) pre nego što se počne puniti fluidom.

– Dopunjavanje rashladnog fluida po mogućstvu vršiti u niskopritisnom delu sistema kako bi se izbeglo oštećenje kompresora, ili nekog elementa osetljivog na povišeni pritisak.

– Freone treba tretirati kao otrovne gasove. U visokim koncentracijama, njihove pare imaju anestetički efekat, dovode do otežanog disanja, nepravilnog ili nestabilnog pulsa, drhtanja, grčeva, pa čak i smrti.

– Ulja u hermetičkim kompresorima mogu izazvati teške opekotine. Izbegavati dodir kože sa ovim uljem.

– Tečna faza freona može na koži da izazove promrzline. Kontakt tečnog fluida sa kožom odmah isprati vodom i obratiti se lekaru.

– Pre uklanjanja bilo kog dela sistema, obavezno vakuumirati element i na taj način eliminisati fluid u posebne rezervoare.

– Nije dozvoljeno pušenje, zavarivanje ili lemljenje kada su prisutne pare freona. U prisustvu otvorenog plamena ili povišene temperature moguće je stvaranje otrovnog gasa fosgena.

– Pri lemljenju ili zavarivanju rashladnih sistema, mora se obezbediti kontinualni protok azota ili ugljen-dioksida niskog pritiska.

– Nakon završetka montaže, sistem treba isprati azotom ili ugljen-dioksidom.

– Ako freon dođe u kontakt sa očima, odmah ih isprati mineralnim uljem ili mlakom vodom. Mineralno ulje apsorbuje freon. Poželjno je oči oprati bornom kiselinom i kontaktirati lekara.



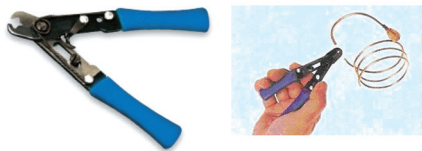
## Alat i pribor



Slika 20.1. Osnovni alat

Slika 20.2. Alat za sečenje bakarnih, aluminijumskih i mesinganih cevi (1 – za prečnike od 6 do 35 mm; 2 – za prečnike od 3 do 16 mm)





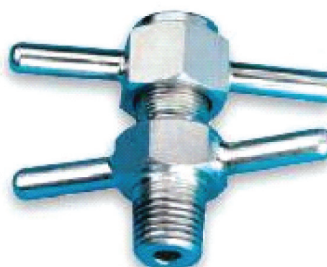
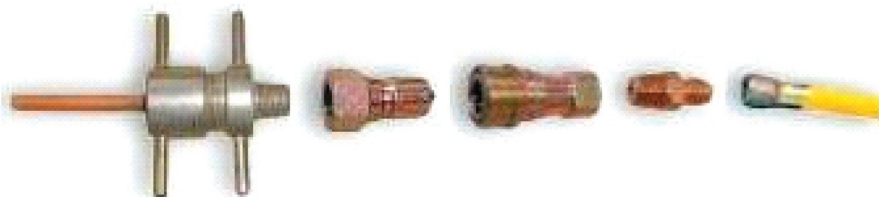
**Slika 20.3. Alat za sečenje cevi za kapliaru**



**Slika 20.4. Alat za obradu spoljnih i unutrašnjih ivica cevi**



**Slika 20.5. Klešta za presovanje cevi do 8 mm**



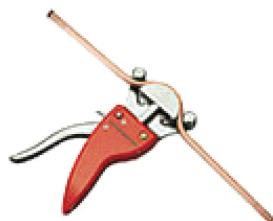
**Slika 20.6. Brze spojke**



Slika 20.7. Alat za pertlovanje



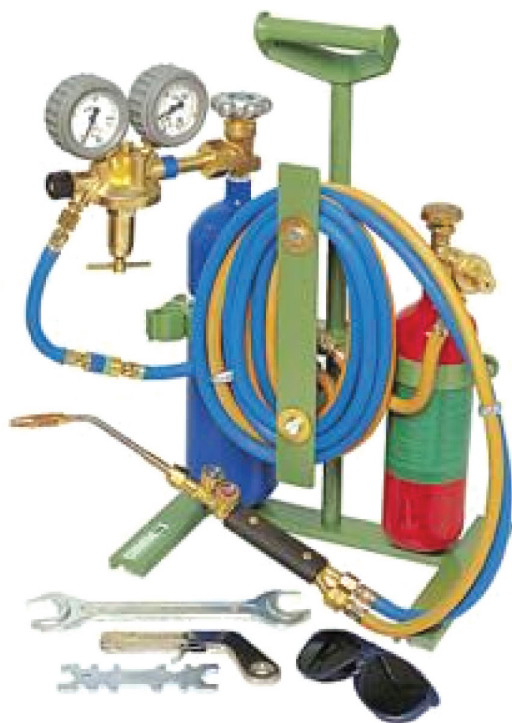
Slika 20.8. Alat za proširivanje cevi



Slika 20.9. Alati za izradu kolena



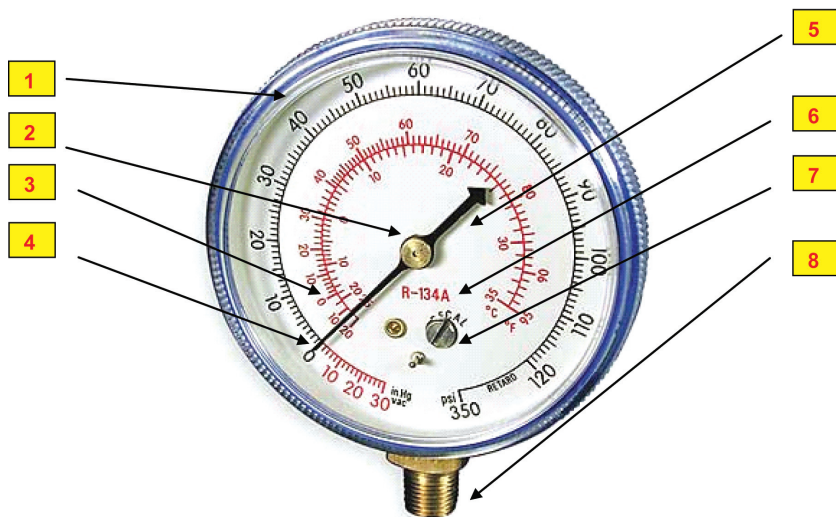
Slika 20.10. Gorionici



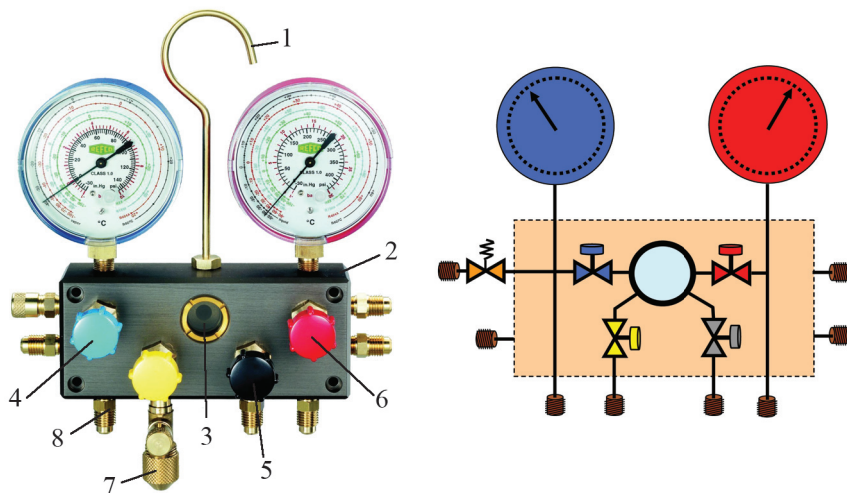
Slika 20.11. Komplet za zavarivanje (butan/kiseonik)



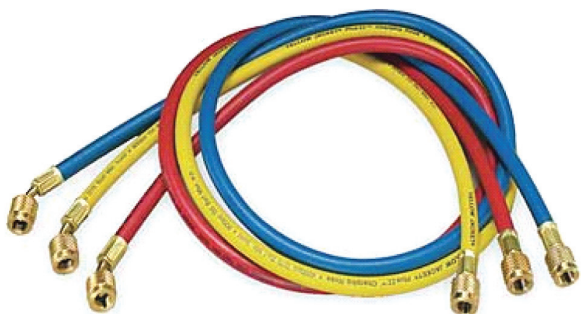
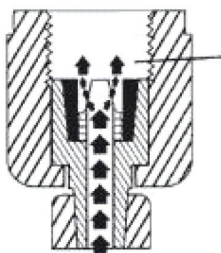
Slika 20.12. Oprema sa azotom (boca sa regulatorom pritiska)



Slika 20.13. Manometar; 1 – telo manometra, 2 – podeona skala, 3 – temperaturna skala, 4 – skala pritiska, 5 – pokazivač, 6 – oznaka rashladnog fluida, 7 – vijak za baždarenje, 8 – mesingani priključak



Slika 20.14. Servisni manometar, komplet; 1 – kuka za nošenje, 2 – telo, 3 – vidno staklo, 4 – ventil na strani niskog pritiska, 5 – ventil za vakuum-pumpu, 6 – ventil na strani visokog pritiska, 7 – ventil za punjenje ili pražnjenje rashladnim fluidom, 8 – rezervni priključak 6 mm



Slika 20.15. Creva za rashladni fluid (crvena – visoki pritisak, plava – niski pritisak, žuta – vakuum ili punjenje rashladnim fluidom)

### 20.1. Oprema za punjenje i pražnjenje



Slika 20.16. Uređaj za pražnjenje rashladnog fluida



Slika 20.17. Vakuumpumpa

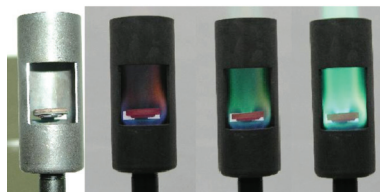


Slika 20.18. Aparat za punjenje i pražnjenje; 1 – dvostepena vakuumpumpa, 2 – manometri, 3 – termometar, 4 – cilindar za rashladni fluid

## 20.2. Pribor za merenje



Slika 20.19. Elektronski detektor za utvrđivanje propustljivosti rashladnog fluida



Slika 20.20. Halogena lampa za ispitivanje propustljivosti



Slika 20.21. Uređaj za analizu rashladnih fluida



Slika 20.22. Vaga za merenje



Slika 20.23. Digitalni termometar



Slika 20.24. Univerzalni instrument



Slika 20.25. Anemometar



Slika 20.26. Instrument za merenje buke



---

# PRILOZI



# Rashladni učinak komercijalnih rashladnih vitrina (temperatura okoline 25 °C)

**Zamrzivači**  
(temperatura -18 °C/-20 °C i  
 $t_{isp} = -30$  °C)

Zapremina (L)	Učinek (W)
100	115
150	140
200	160
300	220
400	270
500	330
600	390
1000	680

**Otvorene vitrine**  
(temperatura +6 °C/+8 °C i  
 $t_{isp} = -10$  °C)

Dužina (m')	Učinek (W)
1,0	350
1,5	470
2,0	580
2,5	700
3,0	810
4,0	1050
5,0	1280

**Otvorene vitrine**  
(temperatura -15 °C i  $t_{isp} = -25$  °C)

Zapremina (L)	Učinek (W)
200	320
600	650
800	800
1000	980
1500	1300
2000	1700

**Komercijalni rashladni ormani**  
 (mirno hlađenje  $t_{isp} = -10\text{ °C}$ ;  $\Delta t = 16\text{ K}$   $k_{isp} = 7\text{ W/m}^2\text{K}$ )

Zapremi- na (L)	Spoljna po- vršina (m <sup>2</sup> )	Učinak (W)	Zapremi- na (L)	Spoljna po- vršina (m <sup>2</sup> )	Učinak (W)
100	1,19	133	600	3,82	430
120	1,36	151	650	4,07	454
150	1,53	170	700	4,17	463
180	1,58	177	800	4,57	512
200	1,69	188	850	4,75	535
220	1,83	207	900	5,10	570
260	2,04	227	1000	5,38	605
300	2,29	256	1150	5,92	657
330	2,40	273	1300	6,76	754
380	2,75	302	1400	6,90	770
430	2,97	331	1600	7,75	865
450	3,05	343	1750	8,14	907
500	3,39	378	1900	8,60	960
550	3,57	409	2000	9,10	1010

### Rashladni učinak komora za smrznute proizvode u 1000 Wh/dan

Temperatura u komori (°C)	-2	-5	-9	-13	-17	-19	-22	-25
Izolacija PUR pena (cm)	10	10	12	14	16	18	18	18
Srednja $t_{isp}$	-12	-14	-16	-19	-22	-25	-27	-30
Zapremina komore (m <sup>3</sup> )								
5	12,0	12,4	12,8	13,4	13,7	14,0	14,4	14,8
6	14,1	14,5	15,1	15,6	16,1	16,3	16,8	17,3
7	16,3	16,7	17,3	18,0	18,6	18,8	19,4	20,0
8	18,4	18,8	19,5	20,2	20,9	21,3	22,0	22,6
10	22,1	22,9	23,5	24,4	25,4	25,7	26,5	27,2
12	26,2	27,0	27,9	28,8	29,8	30,2	31,2	32,0
14	30,2	31,2	32,3	33,4	34,4	34,9	35,9	37,0
16	34,4	35,3	36,7	37,9	39,1	39,35	40,7	41,9
18	38,4	39,5	40,9	42,3	43,7	44,4	45,8	47,1
20	42,3	43,5	45,3	46,5	48,1	48,8	50,3	51,7
22	46,3	47,7	49,4	51,2	52,7	53,5	55,1	56,7
24	50,0	51,7	53,7	55,6	57,2	58,1	59,9	61,6
26	54,4	55,8	58,1	60,2	61,9	62,8	64,7	66,6
28	58,1	59,8	62,2	64,4	66,3	67,4	69,5	71,5
30	65,6	64,0	66,3	68,6	70,9	74,4	76,5	79,0
34	70,2	72,3	75,0	79,1	80,2	81,4	84,0	86,3
38	79,1	80,7	83,7	86,1	89,5	90,37	93,5	96,5
42	86,1	89,0	91,9	95,3	98,8	100,0	103,0	106,2
46	94,2	97,7	101,2	104,7	105,8	107,0	110,3	113,4
50	102,3	105,8	109,3	114,0	116,3	118,6	122,1	125,8
55	112,8	116,3	102,9	124,4	127,9	130,2	134,0	138,1
60	123,3	126,7	131,4	136,1	139,5	141,9	146,2	150,3
65	132,6	137,2	141,9	146,5	151,2	154,7	159,3	164,0
70	143,0	147,7	153,5	158,1	162,8	166,3	171,2	176,5
75	153,5	158,1	164,0	169,8	174,4	177,9	182,6	187,2

Visina komore 2,5 do 2,7 m.

Temperatura okoline 25 °C.

Vreme rada rashladne instalacije 16 časova.

### Rashladni učinak komora u Wh/dan

Površina osnove (m <sup>2</sup> )	Zapremina (m <sup>3</sup> )	+5 °C/+8 °C	+2 °C/+4 °C	±0 °C/+2 °C
3	6	5250	7800	8500
4	8	6400	9550	10250
5	10	7550	11150	12000
6	12	8700	12800	13700
7	14	9900	14550	15450
8	16	11050	16300	17200
9	18	12200	17900	18950
10	20	13350	19550	20700
11	22	14550	21300	22450
12	24	15700	22900	24200
13	26	16850	24550	25950
14	28	18000	26300	27650
15	30	19200	27900	29400
16	32	20350	29750	31150
17	34	21500	30250	32900
18	36	22650	33150	34900
19	38	23850	34650	36400
20	40	25000	36300	38150
21	42	26150	37900	39900
22	44	27350	39650	41650
23	46	28500	41300	43350
24	48	29650	43000	45100
25	50	32000	44750	46850

Temperatura okoline 25 °C.

Izolacija PUR pena 80 mm.

Vreme rada rashladne instalacije 16 časova.

## SMERNICE ZA IZBOR KOMPONENATA ZA RASHLADNE KOMORE

### A. Komora za režim +2 °C

Temperatura u komori	+2 °C
Skladištenje robe	300 kg/m <sup>2</sup>
Dnevni unos	10% od skladišne količine
Temperatura unosa	15 °C
Izolacija	80 mm, poliuretan (sa podom)
Temperatura okoline	27 °C
Vreme rada kompresora	16 časova na dan

Zapremina komore 1,3 m <sup>3</sup>		R404A (360 W -5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss	AEZ4425ZHR OP-LCHC004		
Isparivač	ECO	EVS100B		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TS2N No 0X	068Z3400 068-2002	068Z3414 068-2089
Sušać	Danfoss Carly	082 1/4"	DCY082 023Z5039	DCY082S 023Z4567
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0171 VCYL22	014-0181 VCYL32S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 2 230 V	032F1200 018F6701	032F1201 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 2,3 m <sup>3</sup>		R404A (500 W –5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss	AEZ4430ZHR OP-LCHC006		
Isparivač	ECO	EVS130B		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TS2N N° 00	068Z3400 068-2003	068Z3414 068-2090
Sušač	Danfoss Carly	082 1/4"	DCY082 023Z5039	DCY082S 023Z4567
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0171 VCYL22	014-0181 VCYL32S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 2 230 V	032F1200 018F6701	032F1201 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 3,8 m <sup>3</sup>		R404A (660 W –5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss	AEZ9440ZMHR OP-LCHC008		
Isparivač	Guentner	GHF020.2C /14-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TS2N N° 00	068Z3400 068-2003	068Z3414 068-2090
Sušač	Danfoss Carly	082 1/4"	DCY082 023Z5039	DCY082S 023Z4567
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0171 VCYL22	014-0181 VCYL32S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 2 230 V	032F1200 018F6701	032F1201 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		



Zapremina komore 5 m <sup>3</sup>		R404A (820 W -5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss	CAE9450ZMHR OP-LCHC-010		
Isparivač	Guentner	GHF020.2D /14-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TS2N N° 01	068Z3400 068-2010	068Z3414 068-2091
Sušač	Danfoss Carly	082 1/4"	DCY082 023Z5039	DCY082S 023Z4567
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0171 VCYL22	014-0181 VCYL32S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 2 230 V	032F1200 018F6701	032F1201 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 7 m <sup>3</sup>		R404A (960 W -5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss	CAE9460ZMHR OP-LCHC012		
Isparivač	Guentner	GHF020.2F /17-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 01	068Z3403 068-2010	068Z3415 068-2091
Sušač	Danfoss Carly	082 1/4"	023Z5039 DCY082	023Z4567 DCY082S
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0171 VCYL22	014-0181 VCYL32S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 2 230 V	032F1200 018F6701	032F1201 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 11 m <sup>3</sup>		R404A (1390 W -5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Guentner	CAJ9480ZMHR GHF031.2C /14-ANW50.E		
Isparivač	ECO	EVS290B		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 01	068Z3403 068-2010	068Z3415 068-2091
Sušač	Danfoss Carly	083 1/4"	DCY083 023Z5040	DCY083S 023Z4570
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 3 230 V	032F1203 018F6701	032F1204 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 16 m <sup>3</sup>		R404A (1690 W -5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss	CAJ9510ZMHR OP-MCHC018		
Isparivač	Guentner	GHF020.2D /14-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 02	068Z3403 068-2015	068Z3415 068-2092
Sušač	Danfoss Carly	083 1/4"	DCY083 023Z5040	DCY083S 023Z4570
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 20 m <sup>3</sup>		R404A (2030 W -5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss Bitzer	CAJ9513ZMHR OP-MCHC021 LH32/2KC-05.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	GHF031.2F/ 14-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 02	068Z3403 068-2015	068Z3415 068-2092
Sušač	Danfoss Carly	083 1/4"	DCY083 023Z5040	DCY083S 023Z4570
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 24 m <sup>3</sup>		R404A (2665 W -5/32 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss Bitzer	CAJ4517ZHR OP-MGZD030 LH32/2JC-07.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	GHF020.2D/ 34-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 02	068Z3403 068-2015	068Z3415 068-2092
Sušač	Danfoss Carly	083 1/4"	DCY083 023Z5040	DCY083S 023Z4570
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 28 m <sup>3</sup>		R404A (3243W -5/32 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss	TAJ4519ZHR OP-MCHC034		
Isparivač	Guentner	GHF040.2F/ 17-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 03	068Z3403 068-2006	068Z3415 068-2093
Sušać	Danfoss Carly	083 1/4"	023Z5040 DCY083	023Z4570 DCY083S
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 3 230 V	032F1203 018F6701	032F1204 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 38 m <sup>3</sup>		R404A (3538W -5/32 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss Bitzer	TFH4524ZHR OP-MCHC038 LH33/2HC-1.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	GHF031.2F/ 27-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 03	068Z3403 068-2006	068Z3415 068-2093
Sušać	Danfoss Carly	083 1/4"	023Z5040 DCY083	023Z4570 DCY083S
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 3 230 V	032F1203 018F6701	032F1204 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 46 m <sup>3</sup>		R404A (4300W -5/32 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	Copeland Scroll Danfoss Bitzer	MC-D8-ZS15K OP-MCHC048 LH44/2GC-2.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	GHF031.2H/ 27-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 03	068Z3403 068-2006	068Z3415 068-2093
Sušać	Danfoss Carly	083 1/4"	023Z5040 DCY083	023Z4570 DCY083S
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Reansformator	Eliwell	ID961T NTC-R TRAFO3		

<sup>1)</sup> U varijanti sa Eliwel kontrolerom.

## B. Komora za režim -25 °C

Temperatura u komori	-25 °C
Skladištenje robe	300 kg/m <sup>2</sup>
Dnevni unos	10% od skladišne količine
Temperatura unosa	-15 °C
Izolacija	120 mm, poliuretan (sa podom)
Temperatura okoline	27 °C
Vreme rada kompresora	16 časova na dan

Zapremina komore 2,75 m <sup>3</sup>		R404A (780 W -32/27 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss	CAJ2446ZBR OP-LCHC026		
Isparivač	Guentner	GHF020.2F/ 17-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 00	068Z3403 068-2003	068Z3415 068-2090
Sušač	Danfoss Carly	082 1/4"	DCY082 023Z5039	DCY082S 023Z4567
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0171 VCYL22	014-0181 VCYL32S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 4,6 m <sup>3</sup>		R404A (1050W -32/27 °C) 220-1-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Danfoss Bitzer	CAJ2464ZBR OP-LCHC034 LH32/2JC-07.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	S-GHF020.2D/ 27-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 01	068Z3403 068-2010	068Z3415 068-2091
Sušač	Danfoss Carly	082 1/4"	DCY082 023Z5039	DCY082S 023Z4567
Vidno staklo	Danfoss Carly	1/4"	014-0171 VCYL22	014-0181 VCYL32S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 7 m <sup>3</sup>		R404A (1470W -32/27 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	L'Unité hermetique Bitzer	TFH2480ZBR LH33/2GC-2.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	S-GHF031.2F/ 17-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 01	068Z3403 068-2010	068Z3415 068-2091
Sušač	Danfoss Carly	083 3/8"	DCY083 023Z5040	DCY083S 023Z4570
Vidno staklo	Danfoss Carly	3/8"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 10 m <sup>3</sup>		R404A (1620 W -32/27 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	DWM Copeland Danfoss Bitzer	B8-KL-15X OP-LCHC068 LH44/2GC-2.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	S-GHF020.2D/ 37-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 02	068Z3403 068-2015	068Z3415 068-2092
Sušač	Danfoss Carly	083 3/8"	DCY083 023Z5040	DCY083S 023Z4570
Vidno staklo	Danfoss Carly	3/8"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 15 m <sup>3</sup>		R404A (2380W -32/27 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	Copeland Scroll Danfoss Bitzer	MC-D8-ZF09K OP-LCHC096 LH44/2EC-2.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	S-GHF020.2F/ 37-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 02	068Z3403 068-2015	068Z3415 068-2092
Sušać	Danfoss Carly	083 3/8"	DCY083 023Z5040	DCY083S 023Z4570
Vidno staklo	Danfoss Carly	3/8"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 20 m <sup>3</sup>		R404A (3040W -32/27 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	Copeland Scroll Danfoss Bitzer	MC-H8-ZF11K OP-LCHC108 LH64/2DC-3.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	S-GHF040.2F/ 17-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 03	068Z3403 068-2006	068Z3415 068-2093
Sušać	Danfoss Carly	083 3/8"	DCY083 023Z5040	DCY083S 023Z4570
Vidno staklo	Danfoss Carly	3/8"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		



Zapremina komore 35 m <sup>3</sup>		R404A (3580 W -32/27 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	Copeland Scroll Bitzer	MC-H8-ZF13K LH64/2CC-3.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	S-GHF040.2H/ 17-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N	068Z3403	068Z3415
		N° 03	068-2006	068-2093
Sušač	Danfoss Carly	163 3/8"	DCY163 023Z5043	DCY163S 023Z4578
Vidno staklo	Danfoss Carly	3/8"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 50 m <sup>3</sup>		R404A (4220W -32/27 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	Copeland Scroll Bitzer	MC-H8-ZF15K LH84/4FC-5.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	S-GHF031.2F/ 37-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N	068Z3403	068Z3415
		N° 03	068-2006	068-2093
Sušač	Danfoss Carly	163 3/8"	DCY163 023Z5043	DCY163 023Z4578 S
Vidno staklo	Danfoss Carly	3/8"	014-0172 VCYL23	014-0182 VCYL33S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		

Zapremina komore 68 m <sup>3</sup>		R404A (6130W -32/27 °C) 380-3-50	Spojka	Zavareni spoj
Kompresorski agregat	Copeland Scroll Danfoss Bitzer	MC-P8-ZF24K OP-LCHC215 LH84/2DC-5.2Y-40S		
Isparivač	Guentner	S-GHF045.2H/ 17-ANW50.E		
Ekspanzioni ventil Dizna	Danfoss	TES2N N° 04	068Z3403 068-2007	068Z3415 068-2094
Sušač	Danfoss Carly	164 3/8"	DCY164 023Z5044	DCY164S 023Z4580
Vidno staklo	Danfoss Carly	3/8"	014-0173 VCYL24	014-0183 VCYL34S
Magnetni ventil Namotaj	Danfoss	EVR 6 230 V	032F1211 018F6701	032F1212 018F6701
Presostat	Danfoss Ranco	KP15 LP/HP	060-1264 017-4701	060-1284 017-4763
Regulator broja obrtaja ventilatora	Danfoss	RGE-Z1L4-7DS		
Termostat <sup>1)</sup>	Danfoss	060H1101		
Kontroler Senzor Transformator	Eliwell	ID974T 2 x NTC-R TRAFO3		

<sup>1)</sup> U varijanti sa Eliwel kontrolerom.

**IZBOR DIMENZIJA KAPILARE**  
**Za kompresore L'Unité hermetique**  
**R404A – oblast niskih temperatura isparavanja**

Temp. isparavanja	-40 °C						-35 °C						-30 °C						-25 °C					
	25 °C		32 °C		25 °C		32 °C		25 °C		32 °C		25 °C		32 °C		25 °C		32 °C		25 °C		32 °C	
Model	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm
AE 1417 Z CAE 2417 Z	1,4	0,8	2,25	0,8	1	0,8	1,65	0,8																
AE 1420Z CAE 2420 Z					2,2	1	3,2	1	1,6	1	2,1	1	1,2	1	1,55	1	1,2	1	1,55	1				
CAE 2424 Z	2,5	1			1,75	1	2,35	1	1,25	1	1,65	1	0,9	1	1,25	1	0,9	1	1,25	1				
CAJ 2428 Z					2,4	1			1,55	1	2,05	1	1	1,2	1,4	1	1	1,2	1,4	1				
CAJ 2432 Z	2,05	1			1,4	1	1,9	1	0,95 3	1,2	1,3	1	1,8	1,2	0,9 2,8	1,2	1,8	1,2	0,9 2,8	1,2				
CAJ 2446 Z					1,85	1,2			1,1	1,2	1,65	1,2			0,95	1,2			0,95	1,2				
CAJ 2464 Z	2,1	1,2			1,25	1,2	1,95	1,2	2,8	1,5	1,2	1,2	1,35	1,5	2,3	1,5	1,35	1,5	2,3	1,5				
FH 2480 Z	1,2	1,2	2	1,2	1,8	1,5	1	1,2	0,95	1,5	1,55	1,5												

**R134a – oblast srednjih i visokih temperatura isparavanja**

Temp. isparavanja	-10 °C						-5 °C						0 °C						5 °C											
	25 °C			32 °C			25 °C			32 °C			25 °C			32 °C			25 °C			32 °C			25 °C			32 °C		
	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm		
AZ 4414Y	2,1	0,8	2,8	0,8	1,55	0,8	1,95	0,8	1,1	0,8	1,45	0,8	1	0,8																
AZ 4419Y	1,1 2,2	0,8 1	1,6	0,8	1,55	1	0,95 1,95	0,8 1	1,1	1	1,4	1																		
AEZ 4425Y	1,5	1	1,9	1	1,05	1	1,4	1																						
AEZ 4430Y	1	1	1,3	1	2,7	1,2	0,9	1	1,95	1,2	2,45	1,2	1,55	1,2	1,85	1,2														
CAE 4440Y	1,9	1,2	2,55	1,2	1,4	1,2	1,75	1,2	1	1,2	1,3	1,2																		
AE 4448Y	1,7	1,2			1,25	1,2	1,55	1,2	0,9	1,2	1,15	1,2																		
CAJ 4452Y	1,5	1,2	1,9	1,2	1,05	1,2	1,3	1,2																						
CAJ 4461Y	1,2	1,2	1,5	1,2	2,85	1,5	1,1	1,2	2	1,5	2,6	1,5	1,45	1,5																
CAJ 4492Y	1,4	1,5	1,7	1,5	1,05	1,5	1,3	1,5																						
CAJ 4511Y	1,05 1,4	1,5 2x1,2	1,35 1,3	1,5 2x1,2			0,9 0,95	1,5 2x1,2																						
FH 4518Y	2,7 1,55	2 2x1,5	3,4 1,9	2 2x1,5	1,85 1,1	2 2x1,5	2,4 1,4	2 2x1,5	1,3	2	1,65 1	2 2x1,5																		
FH 4525Y	1,25 1,1	2,2 2x1,5	1,6 1,45	2,2 2x1,5			1,1 1,05	2,2 2x1,5																						

**R22 – oblast srednjih i visokih temperatura isparavanja**

Temp. isparavanja	-10 °C				-5 °C				0 °C				5 °C			
	25 °C		32 °C		25 °C		32 °C		25 °C		32 °C		25 °C		32 °C	
Model	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm	L m	Dia, mm
AEZ 4425 E	1,3	0,8	1,9	0,8	0,9	0,8	0,35	0,8			0,9	0,8				
AEZ 4430 E	0,9 3,2	0,8 1	1,25	0,8	2,2	1	0,9 3,25	0,8 1	1,65	1	2,25	1	2,25	1	1,7	1
AEZ 4440 E	1,8	1	2,4	1	1,3	1	1,65	1	0,9	1	1,2	1				
CAE 4450 E	1,2	1	1,7	1	2,2	1,2	1,15	1	1,6	1,2	2,2	1,2	1,15	1,2	1,6	1,2
CAE 9460 T	2,5	1,2	1,25 3,5	1 1,2	1,75	1,2	2,35	1,2	1,2	1,2	1,7	1,2			1,2	1,2
CAJ 9480 T	1,2	1,2	1,55	1,2	0,9 2,7	1,2 1,5	1,15	1,2	2	1,5	2,7	1,5	1,45	1,5	1,95	1,5
CAJ 9510 T	2,95	1,5	1,2	1,2	2,05	1,5	2,8	1,5	1,5	1,5	2	1,5	1,05	1,5	1,5	1,5
CAJ 9513 T	2,2	1,5	1	2x1,2	1,6	1,5	2,15	1,5	1,15	1,5	1,6	1,5			1,2	1,5

## Uporedna tabela kompresora raznih proizvođača

Rashladni fluid	Maneurop	L'Unité hermetique
R22	MT18	TAJ5515
		TAH5522
	MT22	TFH5522
	MT28	TFH5528 TAH5531
	MT32	TFH5532
	MT36	TFH5538 TAH5540
	MT40	TAH5540 TFH5542
	MT44	TAG5546
	MT50	TAG5553
	MT64	
	MT80	
	MT100	TAN5610
	MT125	TAN5612
	MT144	TAN5614

Tip	Maneurop NTZ	L'Unité hermetique	Copeland ZF	Bitzer Octagon
LTZ22	NTZ48	TFH2480Z		2GC-2.2Y
LTZ28	NTZ68	TFH2511Z	ZF09	2EC-2.2Y
LTZ40	NTZ96	TAG2516Z	ZF11	2CC-3.2Y
LTZ44	NTZ108	TAG2522Z	ZF13	4FC-3.2Y
LTZ50	NTZ136		ZF15	4EC-4.2Y
LTZ88	NTZ215		ZF18	4VC-6.2Y
LTZ100	NTZ271		ZF33	4PC-10.2Y

### R134a, niski pritisak isparavanja

L'Unité hermetique	Danfoss	Aspera
AZ1320Y	TL3F	BP1046Z
AZ1330Y		BP1058Z
AZ1335Y	TL4F	BP1072Z
AZ1339Y	TLS5F	B1090Z
AZ1345Y	TLS6F	
	NL6F	BP1111Z
	NL9F	B1116Z
AE1412Y		E1121Z
CAE2412Y		E2121Z

### R134a, sredni i visoki pritisak isparavanja

L'Unité hermetique	Danfoss	Aspera
AZ3410Y AZ4410Y	TL3G	B5125Z
THB3413Y THB4413Y AZ3412Y AZ4412Y	TL4G	B5125Z
THB3419Y THB4419Y AZ3419Y AZ4419Y	TL5G	B5144Z
THB3422Y THB4422Y	FR6G	
AEZ3425Y AEZ4425Y	FR8.5G	
AEZ3430Y AEZ4430Y	FR10G	
AE3440Y	SC12G	
CAE4452Y CAE4456Y	SC15G	
CAJ4461Y	SC18G	
CAJ4476Y	SC21G	
CAJ4492Y CAJ4511Y		J6220Z J6226Z

### R404A, niski pritisak isparavanja

L'Unité hermetique	Danfoss	Aspera
	AEZ2415Z	E2425GK
AE1417Z CAE1417Z	SC1 °CL	
AE1420Z CAE2420Z		E2134GK
CAJ2428Z CAJ2424Z	SC15CL	
CAJ2432Z	SC18CL	
CAJ2446Z		J2192GK
CAJ2464Z		J2212GK

### R404A, visoki pritisak isparavanja

L'Unité hermetique	Danfoss
AEZ4425Z	B6144GK
AEZ4430Z	B5165GK B6165GK
AEZ3440Z AEZ4440Z AEZ9440Z	B5181GK B6181GK
AE3450Z CAE4450Z CAE9450Z	B6210K
CAE9460Z	B9213GK
CAJ9510Z	T6220GK
CAJ4517Z	J9232GK

### Rashladni fluid R134a

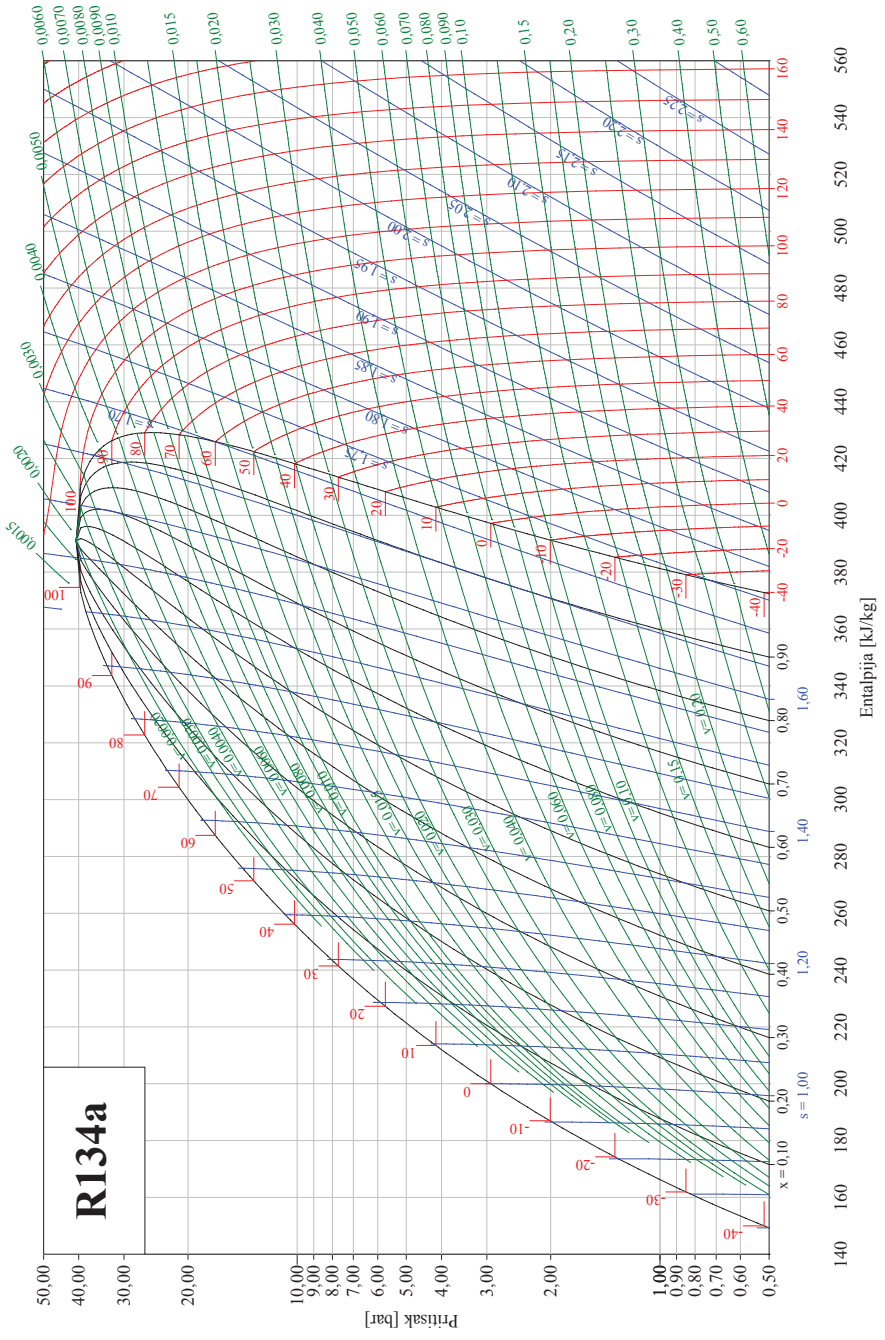
t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-40	0,516	0,7055	0,35692	149,97	372,85	222,88	0,8030	1,7589
-39	0,544	0,7069	0,34001	151,15	373,48	222,33	0,8080	1,7575
-38	0,572	0,7083	0,32405	152,33	374,11	221,78	0,8130	1,7562
-37	0,602	0,7098	0,30898	153,51	374,74	221,23	0,8180	1,7548
-36	0,633	0,7113	0,29474	154,70	375,37	220,66	0,8231	1,7535
-35	0,665	0,7127	0,28128	155,89	375,99	220,10	0,8281	1,7523
-34	0,699	0,7142	0,26855	157,09	376,62	219,53	0,8331	1,7510
-33	0,734	0,7157	0,25651	158,29	377,24	218,95	0,8381	1,7498
-32	0,770	0,7172	0,24511	159,49	377,87	218,37	0,8431	1,7486
-31	0,808	0,7187	0,23431	160,70	378,49	217,79	0,8480	1,7474
-30	0,847	0,7202	0,22408	161,91	379,11	217,20	0,8530	1,7463
-29	0,888	0,7218	0,21438	163,13	379,73	216,61	0,8580	1,7452
-28	0,930	0,7233	0,20518	164,35	380,35	216,01	0,8630	1,7441
-27	0,974	0,7249	0,19645	165,57	380,97	215,40	0,8679	1,7430
-26	1,020	0,7264	0,18817	166,80	381,59	214,79	0,8729	1,7420
-25	1,067	0,7280	0,18030	168,03	382,21	214,18	0,8778	1,7410
-24	1,116	0,7296	0,17282	169,26	382,82	213,56	0,8828	1,7400
-23	1,167	0,7312	0,16571	170,50	383,44	212,94	0,8877	1,7390
-22	1,219	0,7328	0,15896	171,74	384,05	212,31	0,8927	1,7380
-21	1,274	0,7345	0,15253	172,99	384,67	211,68	0,8976	1,7371
-20	1,330	0,7361	0,14641	174,24	385,28	211,04	0,9025	1,7362
-19	1,388	0,7378	0,14059	175,49	385,89	210,40	0,9075	1,7353
-18	1,448	0,7394	0,13504	176,75	386,50	209,75	0,9124	1,7345

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-17	1,511	0,7411	0,12975	178,01	387,11	209,10	0,9173	1,7336
-16	1,575	0,7428	0,12471	179,27	387,71	208,44	0,9222	1,7328
-15	1,641	0,7445	0,11991	180,54	388,32	207,78	0,9271	1,7320
-14	1,710	0,7463	0,11533	181,81	388,92	207,11	0,9320	1,7312
-13	1,781	0,7480	0,11095	183,09	389,52	206,44	0,9369	1,7304
-12	1,854	0,7498	0,10678	184,36	390,12	205,76	0,9418	1,7297
-11	1,929	0,7515	0,10279	185,65	390,72	205,08	0,9467	1,7289
-10	2,007	0,7533	0,09898	186,93	391,32	204,39	0,9515	1,7282
-9	2,088	0,7551	0,09534	188,22	391,92	203,69	0,9564	1,7275
-8	2,170	0,7569	0,09186	189,52	392,51	202,99	0,9613	1,7269
-7	2,256	0,7588	0,08853	190,82	393,10	202,29	0,9661	1,7262
-6	2,344	0,7606	0,08535	192,12	393,70	201,58	0,9710	1,7255
-5	2,434	0,7625	0,08230	193,42	394,28	200,86	0,9758	1,7249
-4	2,527	0,7644	0,07938	194,73	394,87	200,14	0,9807	1,7243
-3	2,623	0,7663	0,07659	196,04	395,46	199,42	0,9855	1,7237
-2	2,722	0,7682	0,07391	197,36	396,04	198,68	0,9903	1,7231
-1	2,824	0,7701	0,07135	198,68	396,62	197,95	0,9952	1,7225
0	2,928	0,7721	0,06889	200,00	397,20	197,20	1,0000	1,7220
1	3,036	0,7740	0,06653	201,33	397,78	196,45	1,0048	1,7214
2	3,146	0,7760	0,06427	202,66	398,36	195,70	1,0096	1,7209
3	3,260	0,7781	0,06210	203,99	398,93	194,94	1,0144	1,7204
4	3,376	0,7801	0,06001	205,33	399,50	194,17	1,0192	1,7199
5	3,496	0,7821	0,05801	206,67	400,07	193,40	1,0240	1,7194
6	3,619	0,7842	0,05609	208,02	400,64	192,62	1,0288	1,7189
7	3,746	0,7863	0,05425	209,37	401,21	191,84	1,0336	1,7184
8	3,876	0,7884	0,05248	210,72	401,77	191,05	1,0384	1,7179
9	4,009	0,7906	0,05077	212,08	402,33	190,25	1,0432	1,7175
10	4,145	0,7927	0,04913	213,44	402,89	189,45	1,0480	1,7170
11	4,286	0,7949	0,04756	214,80	403,44	188,64	1,0527	1,7166
12	4,429	0,7971	0,04604	216,17	404,00	187,83	1,0575	1,7162
13	4,577	0,7994	0,04458	217,54	404,55	187,01	1,0623	1,7158
14	4,728	0,8016	0,04318	218,92	405,10	186,18	1,0670	1,7154
15	4,883	0,8039	0,04183	220,30	405,64	185,34	1,0718	1,7150
16	5,042	0,8062	0,04052	221,68	406,18	184,50	1,0765	1,7146
17	5,204	0,8085	0,03927	223,07	406,72	183,66	1,0813	1,7142
18	5,371	0,8109	0,03806	224,44	407,26	182,82	1,0859	1,7139
19	5,541	0,8133	0,03690	225,84	407,80	181,96	1,0907	1,7135
20	5,716	0,8157	0,03577	227,23	408,33	181,09	1,0954	1,7132
21	5,895	0,8182	0,03469	228,64	408,86	180,22	1,1001	1,7128
22	6,078	0,8206	0,03365	230,05	409,38	179,34	1,1049	1,7125
23	6,265	0,8231	0,03264	231,46	409,91	178,45	1,1096	1,7122



t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
24	6,457	0,8257	0,03166	232,87	410,42	177,55	1,1143	1,7118
25	6,653	0,8283	0,03072	234,29	410,94	176,65	1,1190	1,7115
26	6,853	0,8309	0,02982	235,72	411,45	175,73	1,1237	1,7112
27	7,058	0,8335	0,02894	237,15	411,96	174,81	1,1285	1,7109
28	7,267	0,8362	0,02809	238,58	412,47	173,89	1,1332	1,7106
29	7,482	0,8389	0,02727	240,02	412,97	172,95	1,1379	1,7103
30	7,701	0,8416	0,02648	241,46	413,47	172,00	1,1426	1,7100
31	7,924	0,8444	0,02572	242,91	413,96	171,05	1,1473	1,7097
32	8,153	0,8473	0,02498	244,36	414,45	170,09	1,1520	1,7094
33	8,386	0,8501	0,02426	245,82	414,94	169,12	1,1567	1,7091
34	8,625	0,8530	0,02357	247,28	415,42	168,14	1,1614	1,7088
35	8,868	0,8560	0,02290	248,75	415,90	167,15	1,1661	1,7085
36	9,117	0,8590	0,02225	250,22	416,37	166,15	1,1708	1,7082
37	9,371	0,8620	0,02162	251,70	416,84	165,14	1,1755	1,7079
38	9,630	0,8651	0,02102	253,18	417,30	164,12	1,1802	1,7077
39	9,894	0,8682	0,02043	254,67	417,76	163,09	1,1849	1,7074
40	10,164	0,8714	0,01986	256,16	418,21	162,05	1,1896	1,7071
41	10,439	0,8747	0,01930	257,66	418,66	161,00	1,1943	1,7068
42	10,720	0,8779	0,01877	259,16	419,11	159,94	1,1990	1,7065
43	11,007	0,8813	0,01825	260,67	419,54	158,87	1,2037	1,7062
44	11,299	0,8847	0,01774	262,19	419,98	157,79	1,2084	1,7059
45	11,597	0,8882	0,01726	263,71	420,40	156,69	1,2131	1,7056
46	11,901	0,8917	0,01678	265,24	420,83	155,59	1,2178	1,7053
47	12,211	0,8953	0,01632	266,77	421,24	154,47	1,2225	1,7050
48	12,526	0,8989	0,01588	268,32	421,65	153,33	1,2273	1,7047
49	12,848	0,9026	0,01544	269,86	422,05	152,19	1,2320	1,7044
50	13,176	0,9064	0,01502	271,42	422,44	151,03	1,2367	1,7041
51	13,510	0,9103	0,01461	272,98	422,83	149,85	1,2414	1,7037
52	13,851	0,9142	0,01421	274,55	423,21	148,66	1,2462	1,7034
53	14,198	0,9182	0,01383	276,13	423,59	147,46	1,2509	1,7030
54	14,552	0,9223	0,01345	277,71	423,95	146,24	1,2557	1,7027
55	14,912	0,9265	0,01309	279,30	424,31	145,01	1,2604	1,7023
56	15,278	0,9308	0,01273	280,90	424,66	143,75	1,2652	1,7019
57	15,652	0,9351	0,01239	282,51	424,99	142,49	1,2700	1,7015
58	16,032	0,9396	0,01205	284,13	425,32	141,20	1,2747	1,7011
59	16,419	0,9441	0,01172	285,75	425,64	139,89	1,2795	1,7007
60	16,813	0,9488	0,01141	287,39	425,96	138,57	1,2843	1,7003
61	17,215	0,9536	0,01110	289,03	426,26	137,23	1,2892	1,6998
62	17,623	0,9585	0,01079	290,68	426,54	135,86	1,2940	1,6994
63	18,039	0,9635	0,01050	292,35	426,82	134,47	1,2988	1,6989
64	18,462	0,9687	0,01021	294,02	427,09	133,07	1,3037	1,6983

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
65	18,893	0,9739	0,00993	295,71	427,34	131,63	1,3085	1,6978
66	19,331	0,9794	0,00966	297,40	427,58	130,18	1,3134	1,6973
67	19,777	0,9850	0,00940	299,11	427,81	128,70	1,3183	1,6967
68	20,231	0,9907	0,00914	300,83	428,02	127,19	1,3232	1,6961
69	20,692	0,9966	0,00888	302,57	428,22	125,65	1,3282	1,6954
70	21,162	1,0027	0,00864	304,31	428,40	124,08	1,3331	1,6947
71	21,640	1,0090	0,00840	306,07	428,56	122,49	1,3381	1,6940
72	22,126	1,0155	0,00816	307,85	428,71	120,86	1,3431	1,6933
73	22,620	1,0222	0,00793	309,64	428,84	119,19	1,3482	1,6925
74	23,123	1,0291	0,00770	311,45	428,94	117,49	1,3532	1,6917
75	23,634	1,0363	0,00748	313,27	429,03	115,76	1,3583	1,6908
76	24,154	1,0437	0,00727	315,11	429,09	113,98	1,3635	1,6899
77	24,683	1,0514	0,00706	316,97	429,13	112,16	1,3686	1,6889
78	25,221	1,0595	0,00685	318,86	429,15	110,29	1,3738	1,6879
79	25,768	1,0679	0,00665	320,77	429,13	108,36	1,3791	1,6868
80	26,324	1,0766	0,00645	322,69	429,09	106,40	1,3844	1,6857
81	26,890	1,0857	0,00625	324,63	429,01	104,38	1,3897	1,6844
82	27,465	1,0953	0,00606	326,60	428,91	102,31	1,3951	1,6831
83	28,050	1,1054	0,00587	328,61	428,75	100,14	1,4005	1,6817
84	28,645	1,1159	0,00569	330,64	428,56	97,92	1,4061	1,6802
85	29,250	1,1271	0,00550	332,71	428,33	95,62	1,4116	1,6786
86	29,866	1,1390	0,00532	334,81	428,05	93,24	1,4173	1,6769
87	30,491	1,1515	0,00514	336,95	427,71	90,75	1,4231	1,6751
88	31,128	1,1649	0,00497	339,14	427,31	88,17	1,4289	1,6731
89	31,776	1,1793	0,00479	341,37	426,84	85,46	1,4349	1,6709
90	32,435	1,1948	0,00462	343,66	426,29	82,63	1,4410	1,6685
91	33,105	1,2116	0,00444	346,01	425,65	79,64	1,4472	1,6659
92	33,788	1,2300	0,00427	348,44	424,91	76,47	1,4537	1,6631
93	34,482	1,2502	0,00410	350,95	424,04	73,09	1,4603	1,6599
94	35,190	1,2728	0,00392	353,56	423,03	69,46	1,4672	1,6564
95	35,910	1,2983	0,00375	356,30	421,83	65,53	1,4744	1,6524
96	36,644	1,3277	0,00356	359,21	420,38	61,17	1,4820	1,6477
97	37,393	1,3624	0,00337	362,33	418,62	56,29	1,4902	1,6422
98	38,158	1,4051	0,00317	365,77	416,41	50,64	1,4992	1,6356
99	38,940	1,4610	0,00295	369,72	413,48	43,77	1,5095	1,6271
100	39,742	1,5443	0,00268	374,70	409,10	34,40	1,5225	1,6147
101	40,570	1,7576	0,00221	384,42	398,59	14,18	1,5482	1,5861
101,1	40,670	1,9523	0,00195	391,16	391,16	0,00	1,5661	1,5661



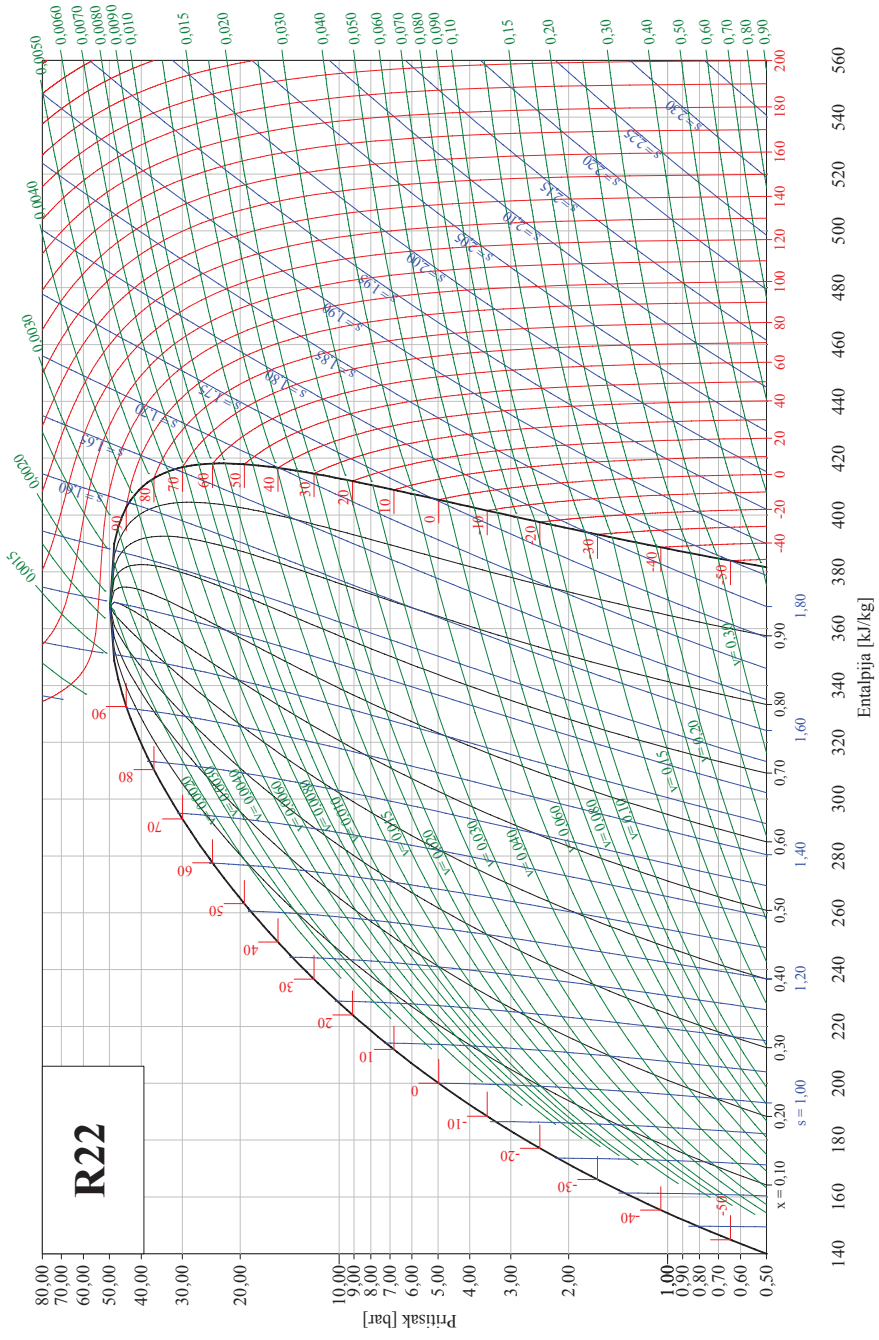
## Rashladni fluid R22

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	SI [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-54	0,522	0,6899	0,39462	140,84	382,02	241,18	0,7606	1,8611
-53	0,551	0,6912	0,37554	141,86	382,50	240,64	0,7652	1,8583
-52	0,580	0,6925	0,35755	142,88	382,98	240,09	0,7699	1,8555
-51	0,611	0,6939	0,34060	143,91	383,45	239,54	0,7745	1,8528
-50	0,644	0,6952	0,32461	144,94	383,93	238,99	0,7791	1,8501
-49	0,678	0,6966	0,30951	145,98	384,40	238,43	0,7837	1,8474
-48	0,713	0,6980	0,29526	147,01	384,88	237,86	0,7883	1,8448
-47	0,749	0,6994	0,28180	148,05	385,35	237,30	0,7929	1,8422
-46	0,787	0,7008	0,26907	149,09	385,82	236,73	0,7975	1,8397
-45	0,827	0,7022	0,25703	150,14	386,29	236,15	0,8021	1,8372
-44	0,868	0,7036	0,24564	151,19	386,76	235,57	0,8066	1,8347
-43	0,911	0,7050	0,23485	152,24	387,23	234,99	0,8112	1,8322
-42	0,955	0,7064	0,22464	153,29	387,69	234,40	0,8157	1,8298
-41	1,002	0,7079	0,21496	154,34	388,16	233,81	0,8203	1,8275
-40	1,049	0,7093	0,20578	155,40	388,62	233,22	0,8248	1,8251
-39	1,099	0,7108	0,19707	156,46	389,08	232,62	0,8293	1,8228
-38	1,151	0,7123	0,18881	157,52	389,54	232,01	0,8339	1,8205
-37	1,204	0,7138	0,18096	158,59	390,00	231,41	0,8384	1,8183
-36	1,259	0,7153	0,17351	159,66	390,45	230,79	0,8429	1,8161
-35	1,317	0,7168	0,16642	160,73	390,91	230,18	0,8474	1,8139
-34	1,376	0,7183	0,15969	161,80	391,36	229,55	0,8518	1,8117
-33	1,438	0,7198	0,15329	162,88	391,81	228,93	0,8563	1,8096
-32	1,501	0,7214	0,14719	163,96	392,26	228,30	0,8608	1,8075
-31	1,567	0,7229	0,14139	165,04	392,70	227,66	0,8652	1,8054
-30	1,635	0,7245	0,13586	166,13	393,15	227,02	0,8697	1,8034
-29	1,705	0,7261	0,13060	167,22	393,59	226,37	0,8741	1,8013
-28	1,778	0,7277	0,12558	168,31	394,03	225,72	0,8786	1,7993
-27	1,853	0,7293	0,12080	169,40	394,47	225,07	0,8830	1,7974
-26	1,930	0,7309	0,11623	170,50	394,91	224,41	0,8874	1,7954
-25	2,010	0,7325	0,11187	171,60	395,34	223,74	0,8918	1,7935
-24	2,092	0,7342	0,10772	172,70	395,77	223,07	0,8963	1,7916
-23	2,177	0,7358	0,10374	173,80	396,20	222,40	0,9007	1,7897
-22	2,265	0,7375	0,09995	174,91	396,63	221,72	0,9050	1,7879
-21	2,355	0,7392	0,09632	176,02	397,05	221,03	0,9094	1,7860
-20	2,448	0,7409	0,09286	177,13	397,48	220,34	0,9138	1,7842
-19	2,544	0,7426	0,08954	178,25	397,90	219,65	0,9182	1,7824
-18	2,643	0,7443	0,08637	179,37	398,31	218,95	0,9226	1,7807
-17	2,745	0,7461	0,08333	180,49	398,73	218,24	0,9269	1,7789
-16	2,849	0,7478	0,08042	181,61	399,14	217,53	0,9313	1,7772
-15	2,957	0,7496	0,07763	182,74	399,55	216,81	0,9356	1,7755

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-14	3,068	0,7514	0,07497	183,87	399,96	216,09	0,9399	1,7738
-13	3,182	0,7532	0,07241	185,00	400,37	215,36	0,9443	1,7721
-12	3,299	0,7550	0,06996	186,14	400,77	214,63	0,9486	1,7705
-11	3,419	0,7569	0,06760	187,28	401,17	213,89	0,9529	1,7688
-10	3,543	0,7587	0,06535	188,42	401,56	213,14	0,9572	1,7672
-9	3,670	0,7606	0,06318	189,57	401,96	212,39	0,9615	1,7656
-8	3,801	0,7625	0,06110	190,71	402,35	211,64	0,9658	1,7640
-7	3,935	0,7644	0,05911	191,86	402,74	210,87	0,9701	1,7624
-6	4,072	0,7663	0,05719	193,02	403,12	210,11	0,9744	1,7609
-5	4,213	0,7683	0,05534	194,17	403,51	209,33	0,9787	1,7593
-4	4,358	0,7703	0,05357	195,33	403,88	208,55	0,9830	1,7578
-3	4,507	0,7722	0,05187	196,50	404,26	207,77	0,9872	1,7563
-2	4,659	0,7742	0,05023	197,66	404,63	206,97	0,9915	1,7548
-1	4,816	0,7763	0,04866	198,83	405,00	206,17	0,9957	1,7533
0	4,976	0,7783	0,04714	200,00	405,37	205,37	1,0000	1,7519
1	5,140	0,7804	0,04568	201,17	405,73	204,56	1,0042	1,7504
2	5,308	0,7825	0,04427	202,35	406,09	203,74	1,0085	1,7490
3	5,481	0,7846	0,04292	203,53	406,45	202,92	1,0127	1,7475
4	5,657	0,7867	0,04162	204,72	406,80	202,09	1,0169	1,7461
5	5,838	0,7889	0,04036	205,90	407,15	201,25	1,0212	1,7447
6	6,023	0,7910	0,03915	207,09	407,50	200,41	1,0254	1,7433
7	6,212	0,7932	0,03798	208,29	407,84	199,55	1,0296	1,7419
8	6,406	0,7955	0,03685	209,48	408,18	198,70	1,0338	1,7405
9	6,604	0,7977	0,03576	210,68	408,51	197,83	1,0380	1,7392
10	6,807	0,8000	0,03472	211,88	408,84	196,96	1,0422	1,7378
11	7,014	0,8023	0,03370	213,09	409,17	196,08	1,0464	1,7365
12	7,226	0,8046	0,03273	214,30	409,49	195,19	1,0506	1,7351
13	7,443	0,8070	0,03179	215,49	409,81	194,32	1,0547	1,7338
14	7,665	0,8094	0,03087	216,70	410,13	193,42	1,0589	1,7325
15	7,891	0,8118	0,02999	217,92	410,44	192,52	1,0631	1,7312
16	8,123	0,8142	0,02914	219,15	410,75	191,60	1,0672	1,7299
17	8,359	0,8167	0,02832	220,37	411,05	190,68	1,0714	1,7286
18	8,601	0,8192	0,02752	221,60	411,35	189,74	1,0756	1,7273
19	8,847	0,8217	0,02675	222,83	411,64	188,81	1,0797	1,7260
20	9,099	0,8243	0,02601	224,07	411,93	187,86	1,0839	1,7247
21	9,356	0,8269	0,02529	225,31	412,21	186,90	1,0880	1,7234
22	9,619	0,8295	0,02459	226,56	412,49	185,94	1,0922	1,7221
23	9,887	0,8322	0,02391	227,80	412,77	184,96	1,0963	1,7209
24	10,160	0,8349	0,02326	229,05	413,03	183,98	1,1005	1,7196
25	10,439	0,8376	0,02263	230,31	413,30	182,99	1,1046	1,7183
26	10,723	0,8404	0,02201	231,57	413,56	181,99	1,1087	1,7171

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
27	11,014	0,8432	0,02142	232,83	413,81	180,98	1,1129	1,7158
28	11,309	0,8461	0,02084	234,10	414,06	179,96	1,1170	1,7146
29	11,611	0,8490	0,02029	235,37	414,30	178,93	1,1211	1,7133
30	11,919	0,8519	0,01974	236,65	414,54	177,89	1,1253	1,7121
31	12,232	0,8549	0,01922	237,93	414,77	176,84	1,1294	1,7108
32	12,552	0,8579	0,01871	239,22	415,00	175,78	1,1335	1,7096
33	12,878	0,8610	0,01822	240,51	415,22	174,71	1,1377	1,7083
34	13,210	0,8641	0,01774	241,80	415,43	173,63	1,1418	1,7071
35	13,548	0,8673	0,01727	243,10	415,64	172,54	1,1459	1,7058
36	13,892	0,8705	0,01682	244,41	415,84	171,43	1,1500	1,7046
37	14,243	0,8738	0,01638	245,71	416,03	170,32	1,1542	1,7033
38	14,601	0,8771	0,01595	247,03	416,22	169,19	1,1583	1,7021
39	14,965	0,8805	0,01554	248,35	416,40	168,05	1,1624	1,7008
40	15,335	0,8839	0,01514	249,67	416,57	166,90	1,1666	1,6995
41	15,712	0,8874	0,01475	251,00	416,74	165,73	1,1707	1,6983
42	16,097	0,8909	0,01437	252,34	416,89	164,55	1,1748	1,6970
43	16,487	0,8946	0,01400	253,68	417,04	163,36	1,1790	1,6957
44	16,885	0,8983	0,01364	255,03	417,18	162,15	1,1831	1,6944
45	17,290	0,9020	0,01329	256,38	417,32	160,93	1,1873	1,6931
46	17,702	0,9058	0,01295	257,74	417,44	159,70	1,1914	1,6918
47	18,121	0,9097	0,01261	259,11	417,56	158,45	1,1956	1,6905
48	18,548	0,9137	0,01229	260,49	417,66	157,18	1,1998	1,6892
49	18,982	0,9178	0,01198	261,87	417,76	155,90	1,2039	1,6878
50	19,423	0,9219	0,01167	263,25	417,85	154,60	1,2081	1,6865
51	19,872	0,9261	0,01137	264,65	417,93	153,28	1,2123	1,6851
52	20,328	0,9304	0,01108	266,05	417,99	151,94	1,2165	1,6838
53	20,793	0,9349	0,01080	267,46	418,05	150,59	1,2207	1,6824
54	21,265	0,9394	0,01052	268,88	418,09	149,21	1,2249	1,6810
55	21,744	0,9440	0,01025	270,31	418,13	147,82	1,2291	1,6796
56	22,232	0,9487	0,00999	271,74	418,15	146,40	1,2333	1,6781
57	22,728	0,9535	0,00973	273,19	418,16	144,97	1,2376	1,6767
58	23,232	0,9585	0,00948	274,64	418,15	143,51	1,2418	1,6752
59	23,745	0,9635	0,00924	276,11	418,13	142,02	1,2461	1,6737
60	24,266	0,9687	0,00900	277,58	418,10	140,52	1,2504	1,6722
61	24,795	0,9741	0,00877	279,07	418,05	138,98	1,2547	1,6706
62	25,333	0,9796	0,00854	280,57	417,99	137,42	1,2590	1,6690
63	25,879	0,9852	0,00832	282,08	417,91	135,83	1,2633	1,6674
64	26,435	0,9910	0,00810	283,60	417,81	134,21	1,2677	1,6658
65	26,999	0,9970	0,00789	285,13	417,70	132,56	1,2721	1,6641
66	27,573	1,0031	0,00768	286,68	417,56	130,88	1,2765	1,6624
67	28,155	1,0095	0,00748	288,24	417,41	129,17	1,2809	1,6606

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
68	28,747	1,0161	0,00728	289,82	417,24	127,41	1,2854	1,6588
69	29,348	1,0228	0,00708	291,42	417,04	125,62	1,2898	1,6570
70	29,959	1,0298	0,00689	293,03	416,82	123,79	1,2944	1,6551
71	30,579	1,0371	0,00670	294,66	416,57	121,91	1,2989	1,6532
72	31,210	1,0446	0,00652	296,31	416,30	119,99	1,3035	1,6512
73	31,850	1,0525	0,00634	297,98	416,00	118,02	1,3082	1,6491
74	32,500	1,0606	0,00616	299,69	415,67	115,98	1,3129	1,6470
75	33,161	1,0691	0,00598	301,40	415,31	113,91	1,3176	1,6448
76	33,832	1,0780	0,00581	303,13	414,91	111,78	1,3224	1,6425
77	34,513	1,0873	0,00564	304,89	414,48	109,59	1,3272	1,6402
78	35,205	1,0970	0,00548	306,71	414,00	107,29	1,3322	1,6377
79	35,909	1,1073	0,00531	308,54	413,48	104,93	1,3372	1,6351
80	36,623	1,1181	0,00515	310,42	412,91	102,49	1,3422	1,6325
81	37,348	1,1295	0,00499	312,33	412,28	99,95	1,3474	1,6297
82	38,086	1,1416	0,00483	314,29	411,60	97,31	1,3527	1,6267
83	38,834	1,1545	0,00467	316,30	410,85	94,55	1,3581	1,6236
84	39,595	1,1684	0,00452	318,36	410,02	91,66	1,3637	1,6203
85	40,368	1,1832	0,00436	320,50	409,11	88,61	1,3694	1,6168
86	41,154	1,1994	0,00420	322,70	408,10	85,40	1,3753	1,6130
87	41,952	1,2170	0,00405	325,00	406,98	81,98	1,3814	1,6090
88	42,763	1,2363	0,00389	327,40	405,72	78,32	1,3878	1,6046
89	43,587	1,2579	0,00373	329,92	404,30	74,38	1,3945	1,5998
90	44,425	1,2823	0,00357	332,60	402,67	70,07	1,4015	1,5945
91	45,277	1,3103	0,00340	335,49	400,77	65,27	1,4092	1,5884
92	46,144	1,3436	0,00322	338,65	398,52	59,87	1,4175	1,5815
93	47,025	1,3845	0,00303	342,19	395,75	53,56	1,4269	1,5732
94	47,922	1,4384	0,00282	346,35	392,13	45,78	1,4379	1,5626
95	48,835	1,5206	0,00255	351,76	386,72	34,96	1,4522	1,5472
96	49,764	1,8290	0,00207	365,32	373,80	8,48	1,4886	1,5116
96	49,774	1,9060	0,00191	367,97	367,97	0,00	1,4958	1,4958



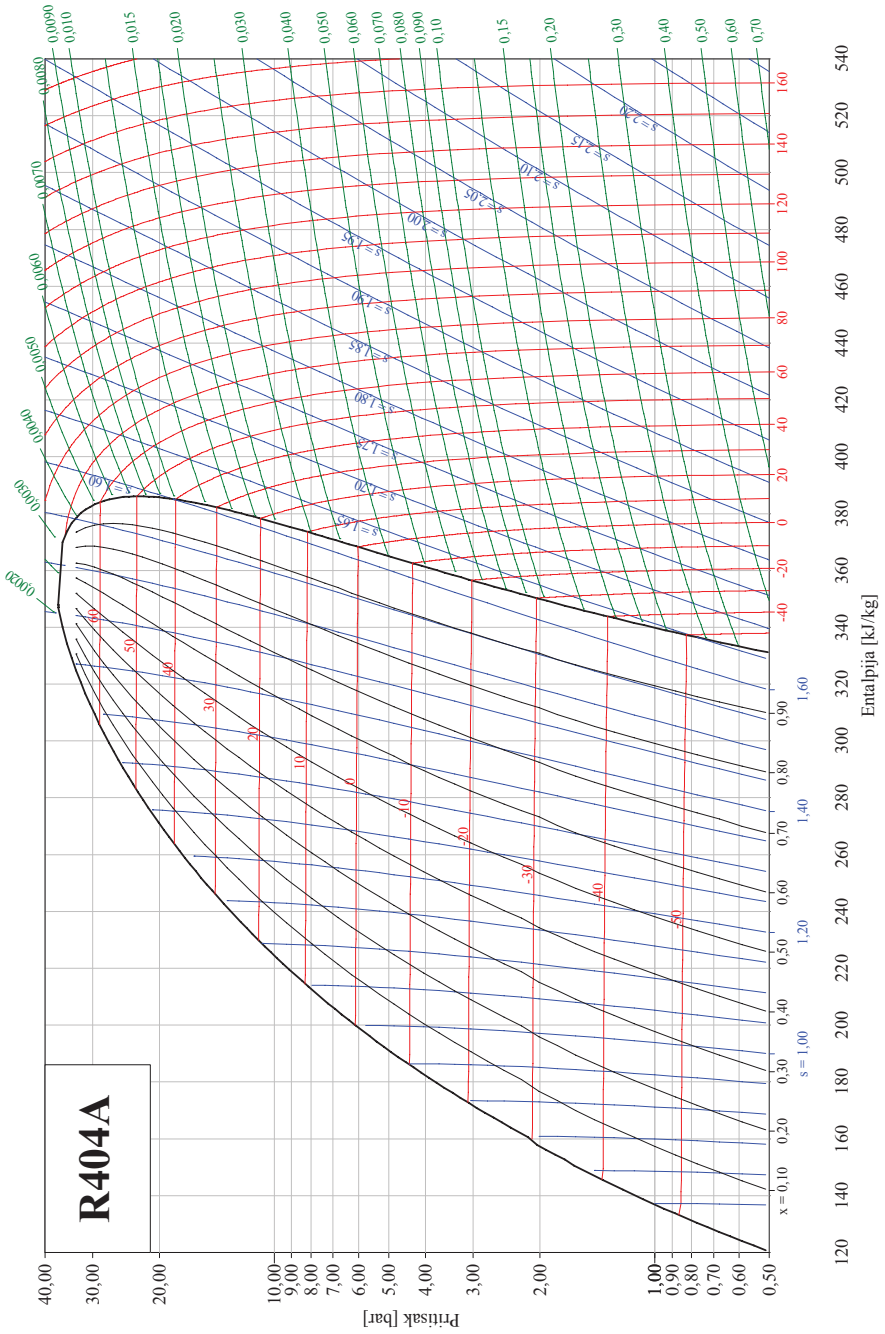


### Rashladni fluid R404A

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-59	0,515	0,758	0,34646	121,49	331,41	209,92	0,6802	1,6605
-58	0,544	0,759	0,32922	122,69	332,07	209,38	0,6858	1,6589
-57	0,575	0,761	0,31300	123,89	332,72	208,83	0,6913	1,6575
-56	0,606	0,763	0,29774	125,10	333,38	208,28	0,6969	1,6560
-55	0,639	0,764	0,28337	126,30	334,03	207,73	0,7024	1,6546
-54	0,674	0,766	0,26984	127,52	334,69	207,17	0,7079	1,6533
-53	0,710	0,768	0,25708	128,73	335,34	206,61	0,7134	1,6519
-52	0,747	0,769	0,24504	129,95	336,00	206,05	0,7189	1,6507
-51	0,786	0,771	0,23368	131,17	336,65	205,48	0,7244	1,6494
-50	0,827	0,773	0,22296	132,39	337,30	204,91	0,7299	1,6482
-49	0,869	0,774	0,21282	133,62	337,96	204,34	0,7354	1,6470
-48	0,913	0,776	0,20324	134,85	338,61	203,76	0,7409	1,6458
-47	0,958	0,778	0,19418	136,09	339,26	203,18	0,7463	1,6447
-46	1,006	0,780	0,18561	137,33	339,91	202,59	0,7518	1,6436
-45	1,055	0,782	0,17749	138,57	340,57	202,00	0,7572	1,6426
-44	1,106	0,783	0,16980	139,81	341,22	201,41	0,7626	1,6415
-43	1,159	0,785	0,16251	141,06	341,87	200,81	0,7680	1,6406
-42	1,214	0,787	0,15559	142,31	342,52	200,20	0,7735	1,6396
-41	1,271	0,789	0,14903	143,57	343,17	199,60	0,7789	1,6386
-40	1,330	0,791	0,14281	144,83	343,81	198,99	0,7843	1,6377
-39	1,391	0,793	0,13689	146,09	344,46	198,37	0,7896	1,6368
-38	1,454	0,795	0,13128	147,36	345,11	197,75	0,7950	1,6360
-37	1,520	0,797	0,12593	148,63	345,75	197,12	0,8004	1,6351
-36	1,587	0,799	0,12086	149,91	346,40	196,49	0,8058	1,6343
-35	1,658	0,801	0,11602	151,16	347,05	195,86	0,8111	1,6336
-34	1,730	0,803	0,11142	152,42	347,69	195,23	0,8164	1,6328
-33	1,805	0,806	0,10704	153,68	348,33	194,60	0,8217	1,6321
-32	1,882	0,808	0,10287	154,95	348,97	193,97	0,8270	1,6313
-31	1,962	0,810	0,09889	156,21	349,60	193,34	0,8323	1,6306
-30	2,045	0,812	0,09510	157,48	350,24	192,71	0,8376	1,6300
-29	2,130	0,814	0,09148	158,75	350,89	192,08	0,8429	1,6294
-28	2,218	0,817	0,08803	160,02	351,52	191,45	0,8482	1,6287
-27	2,309	0,819	0,08473	161,29	352,16	190,82	0,8535	1,6281
-26	2,402	0,821	0,08158	162,56	352,79	190,19	0,8588	1,6275
-25	2,499	0,824	0,07858	163,83	353,41	189,56	0,8641	1,6269
-24	2,598	0,826	0,07570	165,10	354,04	188,93	0,8694	1,6264
-23	2,701	0,829	0,07295	166,37	354,66	188,30	0,8747	1,6258
-22	2,806	0,831	0,07032	167,64	355,29	187,67	0,8800	1,6253
-21	2,915	0,834	0,06781	168,91	355,91	187,04	0,8853	1,6248
-20	3,027	0,836	0,06540	170,18	356,52	186,41	0,8906	1,6243
-19	3,142	0,839	0,06309	171,45	357,14	185,78	0,8959	1,6238
-18	3,260	0,841	0,06088	172,72	357,75	185,15	0,9012	1,6233
-17	3,382	0,844	0,05876	174,00	358,36	184,52	0,9065	1,6228
-16	3,507	0,847	0,05673	175,27	358,97	183,89	0,9118	1,6224

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-15	3,635	0,850	0,05479	178,71	359,58	180,86	0,9214	1,6220
-14	3,767	0,852	0,05292	180,06	360,18	180,13	0,9265	1,6215
-13	3,903	0,855	0,05113	181,40	360,78	179,38	0,9316	1,6211
-12	4,043	0,858	0,04941	182,75	361,38	178,63	0,9367	1,6207
-11	4,186	0,861	0,04775	184,13	361,97	177,84	0,9420	1,6204
-10	4,333	0,864	0,04617	185,48	362,56	177,08	0,9470	1,6200
-9	4,484	0,867	0,04464	186,85	363,15	176,30	0,9522	1,6196
-8	4,639	0,870	0,04318	188,22	363,74	175,52	0,9573	1,6192
-7	4,798	0,873	0,04177	189,60	364,32	174,72	0,9624	1,6189
-6	4,961	0,877	0,04041	190,98	364,90	173,91	0,9676	1,6186
-5	5,128	0,880	0,03911	192,37	365,47	173,10	0,9727	1,6182
-4	5,299	0,883	0,03785	193,77	366,04	172,27	0,9778	1,6179
-3	5,475	0,887	0,03665	195,17	366,61	171,44	0,9829	1,6176
-2	5,655	0,890	0,03548	196,57	367,17	170,60	0,9881	1,6172
-1	5,839	0,893	0,03436	197,99	367,73	169,74	0,9932	1,6169
0	6,028	0,897	0,03328	199,41	368,28	168,88	0,9984	1,6166
1	6,222	0,901	0,03224	200,83	368,83	168,00	1,0035	1,6163
2	6,420	0,904	0,03124	202,26	369,38	167,12	1,0086	1,6160
3	6,622	0,908	0,03027	203,70	369,92	166,22	1,0138	1,6157
4	6,830	0,912	0,02934	205,15	370,46	165,31	1,0189	1,6154
5	7,043	0,916	0,02844	206,60	370,99	164,39	1,0241	1,6151
6	7,260	0,920	0,02757	208,06	371,52	163,46	1,0293	1,6148
7	7,482	0,924	0,02673	209,52	372,04	162,52	1,0344	1,6145
8	7,710	0,928	0,02592	211,00	372,56	161,56	1,0396	1,6143
9	7,943	0,932	0,02514	212,48	373,07	160,59	1,0448	1,6140
10	8,180	0,937	0,02438	213,96	373,58	159,61	1,0500	1,6137
11	8,424	0,941	0,02365	215,46	374,08	158,62	1,0552	1,6134
12	8,672	0,946	0,02295	216,96	374,57	157,61	1,0604	1,6131
13	8,926	0,950	0,02226	218,47	375,06	156,58	1,0656	1,6128
14	9,186	0,955	0,02160	219,99	375,54	155,55	1,0708	1,6125
15	9,451	0,960	0,02097	221,52	376,02	154,49	1,0760	1,6122
16	9,722	0,965	0,02035	223,06	376,48	153,43	1,0812	1,6118
17	9,999	0,970	0,01975	224,60	376,95	152,34	1,0865	1,6115
18	10,281	0,975	0,01917	226,16	377,40	151,24	1,0917	1,6112
19	10,570	0,980	0,01861	227,72	377,85	150,13	1,0970	1,6109
20	10,864	0,985	0,01806	229,29	378,29	148,99	1,1023	1,6105
21	11,165	0,991	0,01754	230,88	378,72	147,84	1,1076	1,6102
22	11,472	0,996	0,01703	232,47	379,14	146,68	1,1129	1,6098
23	11,785	1,002	0,01653	234,07	379,56	145,49	1,1182	1,6094
24	12,104	1,008	0,01605	235,68	379,97	144,28	1,1235	1,6091
25	12,430	1,014	0,01559	237,31	380,37	143,06	1,1288	1,6087
26	12,763	1,020	0,01514	238,94	380,75	141,81	1,1342	1,6083
27	13,102	1,027	0,01470	240,59	381,13	140,55	1,1396	1,6078
28	13,448	1,033	0,01427	242,24	381,50	139,26	1,1450	1,6074
29	13,801	1,040	0,01386	243,91	381,86	137,95	1,1504	1,6069
30	14,160	1,047	0,01346	245,60	382,21	136,61	1,1558	1,6065

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
31	14,527	1,054	0,01307	247,29	382,55	135,26	1,1613	1,6060
32	14,900	1,061	0,01269	249,00	382,87	133,88	1,1668	1,6055
33	15,281	1,069	0,01233	250,72	383,19	132,47	1,1723	1,6049
34	15,669	1,077	0,01197	252,46	383,49	131,03	1,1778	1,6044
35	16,065	1,085	0,01162	254,21	383,78	129,57	1,1833	1,6038
36	16,468	1,093	0,01128	255,97	384,06	128,08	1,1889	1,6032
37	16,879	1,101	0,01096	257,75	384,32	126,56	1,1945	1,6026
38	17,297	1,110	0,01064	259,55	384,56	125,01	1,2001	1,6019
39	17,723	1,119	0,01033	261,37	384,79	123,43	1,2058	1,6012
40	18,157	1,128	0,01002	263,20	385,01	121,81	1,2115	1,6005
41	18,599	1,138	0,00973	265,05	385,21	120,16	1,2173	1,5997
42	19,049	1,148	0,00944	266,92	385,39	118,47	1,2230	1,5990
43	19,507	1,159	0,00916	268,81	385,55	116,74	1,2289	1,5981
44	19,974	1,169	0,00889	270,72	385,70	114,97	1,2347	1,5972
45	20,449	1,181	0,00862	272,66	385,82	113,16	1,2406	1,5963
46	20,932	1,192	0,00836	274,61	385,92	111,31	1,2466	1,5953
47	21,424	1,204	0,00810	276,59	386,00	109,40	1,2526	1,5943
48	21,925	1,217	0,00786	278,60	386,05	107,45	1,2587	1,5932
49	22,435	1,230	0,00761	280,63	386,08	105,45	1,2648	1,5921
50	22,953	1,244	0,00738	282,69	386,08	103,39	1,2710	1,5909
51	23,481	1,258	0,00715	284,79	386,05	101,26	1,2772	1,5896
52	24,018	1,274	0,00692	286,91	385,99	99,08	1,2836	1,5883
53	24,564	1,289	0,00670	289,07	385,90	96,83	1,2900	1,5869
54	25,120	1,306	0,00648	291,27	385,77	94,50	1,2965	1,5853
55	25,685	1,324	0,00627	293,51	385,60	92,09	1,3031	1,5837
56	26,260	1,342	0,00606	295,79	385,39	89,60	1,3098	1,5820
57	26,845	1,362	0,00585	298,11	385,13	87,02	1,3166	1,5802
58	27,440	1,383	0,00565	300,49	384,83	84,33	1,3235	1,5782
59	28,045	1,405	0,00545	302,93	384,46	81,53	1,3306	1,5761
60	28,660	1,429	0,00525	305,42	384,03	78,61	1,3379	1,5738
61	29,285	1,455	0,00506	307,99	383,53	75,55	1,3453	1,5714
62	29,921	1,483	0,00487	310,63	382,96	72,32	1,3529	1,5687
63	30,567	1,513	0,00468	313,36	382,29	68,92	1,3607	1,5658
64	31,225	1,546	0,00449	316,19	381,51	65,31	1,3688	1,5626
65	31,893	1,582	0,00429	319,14	380,60	61,46	1,3773	1,5590
66	32,572	1,623	0,00410	322,23	379,54	57,31	1,3861	1,5550
67	33,262	1,668	0,00391	325,49	378,29	52,79	1,3953	1,5505
68	33,964	1,720	0,00371	328,96	376,77	47,81	1,4052	1,5453
69	34,677	1,781	0,00350	332,71	374,89	42,18	1,4158	1,5391
70	35,402	1,855	0,00327	336,84	372,43	35,60	1,4274	1,5312
71	36,138	1,947	0,00300	341,51	368,77	27,26	1,4406	1,5198
72	36,887	2,068	0,00209	344,87	347,34	2,47	1,4500	1,4571
72,07	37,315	2,064	0,00206	346,61	346,61	0,00	1,4549	1,4549

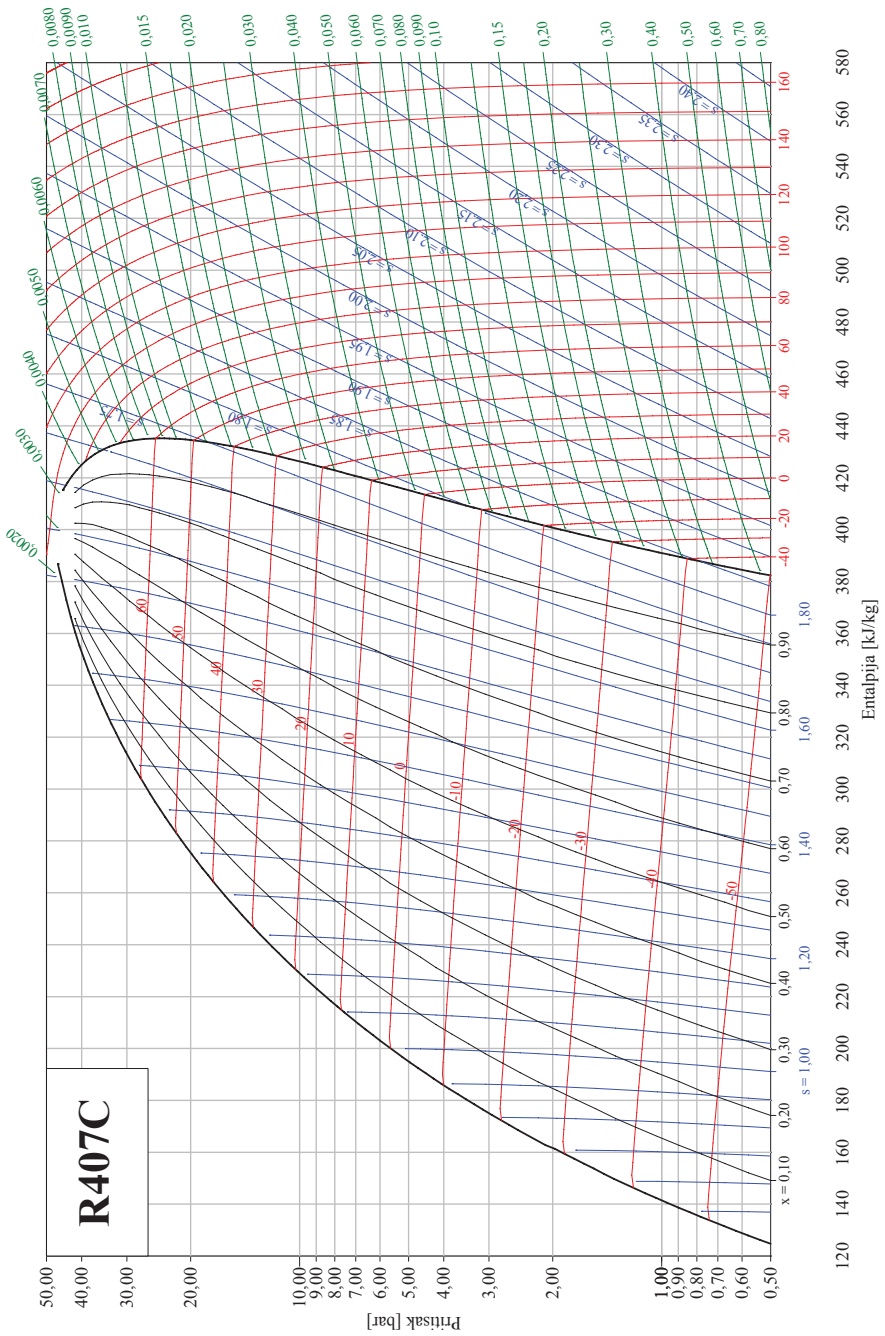


### Rashladni fluid R407C

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-50	0,502	0,7073	0,42164	124,46	382,35	257,90	0,7126	1,8683
-49	0,530	0,7090	0,40048	125,68	383,00	257,32	0,7180	1,8660
-48	0,560	0,7108	0,38058	126,91	383,66	256,74	0,7234	1,8637
-47	0,591	0,7125	0,36186	128,15	384,31	256,16	0,7288	1,8615
-46	0,624	0,7143	0,34424	129,38	384,96	255,57	0,7342	1,8593
-45	0,657	0,7161	0,32764	130,62	385,61	254,98	0,7395	1,8571
-44	0,693	0,7179	0,31199	131,87	386,26	254,39	0,7449	1,8550
-43	0,730	0,7197	0,29724	133,11	386,91	253,79	0,7503	1,8530
-42	0,768	0,7215	0,28332	134,36	387,55	253,19	0,7556	1,8510
-41	0,808	0,7234	0,27017	135,61	388,20	252,59	0,7609	1,8490
-40	0,850	0,7252	0,25776	136,87	388,85	251,98	0,7663	1,8470
-39	0,893	0,7271	0,24603	138,13	389,50	251,37	0,7716	1,8451
-38	0,938	0,7289	0,23493	139,39	390,14	250,75	0,7769	1,8432
-37	0,985	0,7308	0,22444	140,66	390,79	250,13	0,7822	1,8414
-36	1,034	0,7327	0,21450	141,93	391,43	249,50	0,7875	1,8396
-35	1,085	0,7346	0,20509	143,21	392,08	248,87	0,7928	1,8378
-34	1,138	0,7365	0,19617	144,48	392,72	248,24	0,7981	1,8361
-33	1,192	0,7385	0,18772	145,76	393,36	247,60	0,8034	1,8344
-32	1,249	0,7404	0,17971	147,05	394,00	246,95	0,8087	1,8327
-31	1,308	0,7424	0,17210	148,34	394,64	246,30	0,8139	1,8311
-30	1,369	0,7443	0,16488	149,63	395,28	245,65	0,8192	1,8295
-29	1,432	0,7463	0,15802	150,93	395,92	244,99	0,8245	1,8279
-28	1,498	0,7483	0,15150	152,53	396,55	244,03	0,8309	1,8264
-27	1,566	0,7503	0,14531	153,82	397,19	243,36	0,8362	1,8248
-26	1,636	0,7524	0,13942	155,13	397,82	242,69	0,8414	1,8233
-25	1,709	0,7544	0,13381	156,44	398,45	242,02	0,8466	1,8219
-24	1,785	0,7565	0,12848	157,75	399,08	241,33	0,8518	1,8204
-23	1,863	0,7585	0,12339	159,06	399,71	240,65	0,8570	1,8190
-22	1,943	0,7606	0,11855	160,38	400,34	239,95	0,8622	1,8176
-21	2,026	0,7627	0,11394	161,71	400,96	239,25	0,8674	1,8163
-20	2,113	0,7648	0,10954	162,63	401,58	238,95	0,8710	1,8149
-19	2,201	0,7670	0,10534	163,97	402,20	238,23	0,8762	1,8136
-18	2,293	0,7691	0,10134	165,32	402,82	237,50	0,8815	1,8123
-17	2,388	0,7713	0,09752	166,67	403,44	236,77	0,8867	1,8110
-16	2,486	0,7735	0,09387	168,02	404,06	236,03	0,8919	1,8098
-15	2,587	0,7757	0,09038	169,36	404,67	235,31	0,8970	1,8086
-14	2,691	0,7779	0,08705	170,72	405,28	234,55	0,9023	1,8073
-13	2,798	0,7801	0,08386	172,09	405,89	233,79	0,9075	1,8062
-12	2,909	0,7824	0,08082	173,47	406,49	233,03	0,9127	1,8050
-11	3,023	0,7846	0,07790	174,84	407,09	232,25	0,9179	1,8038
-10	3,140	0,7869	0,07511	176,23	407,69	231,47	0,9231	1,8027
-9	3,261	0,7892	0,07244	177,62	408,29	230,68	0,9283	1,8016
-8	3,386	0,7916	0,06988	179,01	408,89	229,88	0,9335	1,8005
-7	3,514	0,7939	0,06743	180,41	409,48	229,07	0,9387	1,7994
-6	3,646	0,7963	0,06508	181,81	410,07	228,26	0,9439	1,7983
-5	3,782	0,7986	0,06283	183,22	410,66	227,43	0,9491	1,7973

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-4	3,921	0,8011	0,06066	184,50	411,24	226,74	0,9538	1,7962
-3	4,065	0,8035	0,05859	185,95	411,82	225,87	0,9591	1,7952
-2	4,213	0,8059	0,05660	187,38	412,40	225,02	0,9643	1,7942
-1	4,364	0,8084	0,05469	188,81	412,97	224,16	0,9696	1,7932
0	4,520	0,8109	0,05286	190,25	413,54	223,29	0,9748	1,7922
1	4,680	0,8134	0,05110	191,70	414,11	222,41	0,9800	1,7913
2	4,845	0,8159	0,04940	193,15	414,67	221,52	0,9852	1,7903
3	5,014	0,8185	0,04778	194,59	415,23	220,64	0,9904	1,7893
4	5,187	0,8211	0,04621	196,06	415,78	219,73	0,9956	1,7884
5	5,365	0,8237	0,04471	197,53	416,33	218,80	1,0008	1,7875
6	5,548	0,8263	0,04326	199,01	416,88	217,87	1,0061	1,7866
7	5,735	0,8290	0,04187	200,49	417,42	216,93	1,0113	1,7856
8	5,927	0,8316	0,04053	201,99	417,96	215,98	1,0166	1,7847
9	6,124	0,8343	0,03924	203,48	418,50	215,01	1,0218	1,7838
10	6,327	0,8371	0,03799	204,99	419,03	214,03	1,0271	1,7830
11	6,534	0,8398	0,03679	206,50	419,55	213,05	1,0323	1,7821
12	6,746	0,8426	0,03564	208,02	420,07	212,05	1,0376	1,7812
13	6,964	0,8455	0,03453	209,55	420,58	211,03	1,0428	1,7803
14	7,187	0,8483	0,03345	211,09	421,09	210,01	1,0481	1,7795
15	7,415	0,8512	0,03242	212,63	421,60	208,97	1,0534	1,7786
16	7,649	0,8541	0,03142	214,18	422,10	207,92	1,0587	1,7777
17	7,889	0,8570	0,03046	215,74	422,59	206,85	1,0640	1,7769
18	8,134	0,8600	0,02953	217,31	423,08	205,77	1,0693	1,7760
19	8,385	0,8630	0,02863	218,88	423,56	204,68	1,0746	1,7752
20	8,642	0,8661	0,02776	220,46	424,04	203,57	1,0799	1,7743
21	8,905	0,8691	0,02692	222,06	424,51	202,45	1,0852	1,7735
22	9,174	0,8722	0,02612	223,66	424,97	201,31	1,0906	1,7726
23	9,449	0,8754	0,02533	225,27	425,43	200,16	1,0959	1,7718
24	9,731	0,8786	0,02458	226,89	425,88	198,99	1,1013	1,7709
25	10,018	0,8818	0,02385	228,51	426,32	197,81	1,1066	1,7701
26	10,313	0,8851	0,02314	230,15	426,76	196,61	1,1120	1,7692
27	10,614	0,8884	0,02245	231,80	427,19	195,39	1,1174	1,7684
28	10,921	0,8917	0,02179	233,46	427,61	194,15	1,1228	1,7675
29	11,236	0,8951	0,02115	235,13	428,02	192,90	1,1282	1,7667
30	11,557	0,8986	0,02053	236,80	428,43	191,62	1,1337	1,7658
31	11,885	0,9021	0,01993	238,49	428,82	190,33	1,1391	1,7649
32	12,220	0,9056	0,01935	240,19	429,21	189,02	1,1446	1,7640
33	12,563	0,9092	0,01879	241,90	429,59	187,69	1,1501	1,7631
34	12,913	0,9128	0,01824	243,63	429,96	186,34	1,1556	1,7622
35	13,270	0,9165	0,01771	245,36	430,33	184,96	1,1611	1,7613
36	13,635	0,9202	0,01720	247,11	430,68	183,57	1,1666	1,7604
37	14,007	0,9240	0,01670	248,87	431,02	182,15	1,1722	1,7595
38	14,387	0,9279	0,01622	250,64	431,35	180,71	1,1777	1,7585
39	14,775	0,9318	0,01575	252,43	431,67	179,25	1,1833	1,7576
40	15,171	0,9358	0,01530	254,23	431,98	177,76	1,1889	1,7566
41	15,576	0,9399	0,01486	256,04	432,28	176,24	1,1946	1,7556
42	15,988	0,9440	0,01443	257,87	432,57	174,70	1,2002	1,7546

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
43	16,409	0,9482	0,01401	259,71	432,85	173,14	1,2059	1,7536
44	16,838	0,9524	0,01361	261,57	433,11	171,54	1,2117	1,7525
45	17,275	0,9568	0,01322	263,44	433,36	169,92	1,2174	1,7515
46	17,722	0,9612	0,01284	265,33	433,60	168,27	1,2232	1,7504
47	18,177	0,9657	0,01247	267,24	433,82	166,58	1,2290	1,7493
48	18,641	0,9703	0,01211	269,16	434,03	164,87	1,2348	1,7482
49	19,115	0,9750	0,01176	271,11	434,23	163,12	1,2407	1,7470
50	19,597	0,9798	0,01142	273,07	434,40	161,34	1,2466	1,7458
51	20,089	0,9847	0,01108	275,05	434,57	159,52	1,2525	1,7446
52	20,590	0,9897	0,01076	277,05	434,71	157,66	1,2585	1,7434
53	21,101	0,9948	0,01045	279,07	434,84	155,77	1,2645	1,7421
54	21,622	1,0000	0,01014	281,11	434,95	153,84	1,2706	1,7408
55	22,153	1,0054	0,00985	283,18	435,04	151,86	1,2767	1,7395
56	22,693	1,0108	0,00956	285,26	435,11	149,84	1,2828	1,7381
57	23,244	1,0165	0,00927	287,38	435,16	147,78	1,2890	1,7367
58	23,806	1,0223	0,00900	289,52	435,18	145,67	1,2953	1,7352
59	24,377	1,0282	0,00873	291,68	435,19	143,51	1,3016	1,7337
60	24,959	1,0343	0,00847	293,88	435,17	141,29	1,3080	1,7321
61	25,552	1,0406	0,00821	296,10	435,12	139,02	1,3144	1,7305
62	26,156	1,0471	0,00796	298,36	435,05	136,69	1,3210	1,7288
63	26,771	1,0539	0,00772	300,64	434,95	134,31	1,3275	1,7271
64	27,398	1,0608	0,00748	302,97	434,82	131,85	1,3342	1,7253
65	28,035	1,0680	0,00725	305,33	434,66	129,33	1,3409	1,7234
66	28,684	1,0755	0,00703	307,73	434,46	126,74	1,3478	1,7215
67	29,345	1,0832	0,00680	310,17	434,23	124,06	1,3547	1,7194
68	30,018	1,0913	0,00659	312,65	433,96	121,31	1,3617	1,7173
69	30,703	1,0998	0,00637	315,19	433,65	118,46	1,3689	1,7151
70	31,400	1,1087	0,00617	317,77	433,29	115,52	1,3761	1,7128
71	32,109	1,1180	0,00596	320,41	432,89	112,48	1,3835	1,7104
72	32,831	1,1278	0,00576	323,11	432,44	109,33	1,3911	1,7078
73	33,566	1,1382	0,00557	325,88	431,93	106,05	1,3988	1,7052
74	34,313	1,1492	0,00537	328,72	431,36	102,65	1,4067	1,7023
75	35,074	1,1610	0,00518	331,64	430,73	99,09	1,4147	1,6994
76	35,848	1,1737	0,00500	334,65	430,03	95,38	1,4230	1,6962
77	36,635	1,1875	0,00481	337,76	429,24	91,48	1,4316	1,6929
78	37,436	1,2025	0,00463	340,98	428,37	87,39	1,4404	1,6893
79	38,251	1,2190	0,00445	344,34	427,40	83,07	1,4496	1,6855
80	39,080	1,2375	0,00428	347,84	426,33	78,49	1,4592	1,6814
81	39,923	1,2586	0,00410	351,53	425,13	73,60	1,4692	1,6770
82	40,781	1,2831	0,00393	355,43	423,80	68,36	1,4798	1,6723
83	41,653	1,3126	0,00375	359,59	422,31	62,72	1,4911	1,6672
84	42,540	1,3500	0,00358	364,10	420,66	56,56	1,5033	1,6617
85	43,442	1,4020	0,00341	375,78	418,83	43,05	1,5355	1,6557
86	44,360	1,4913	0,00325	395,33	416,83	21,50	1,5894	1,6492
86,74	46,191	1,9000	0,00190	378,41	378,41	0,00	1,5403	1,5403



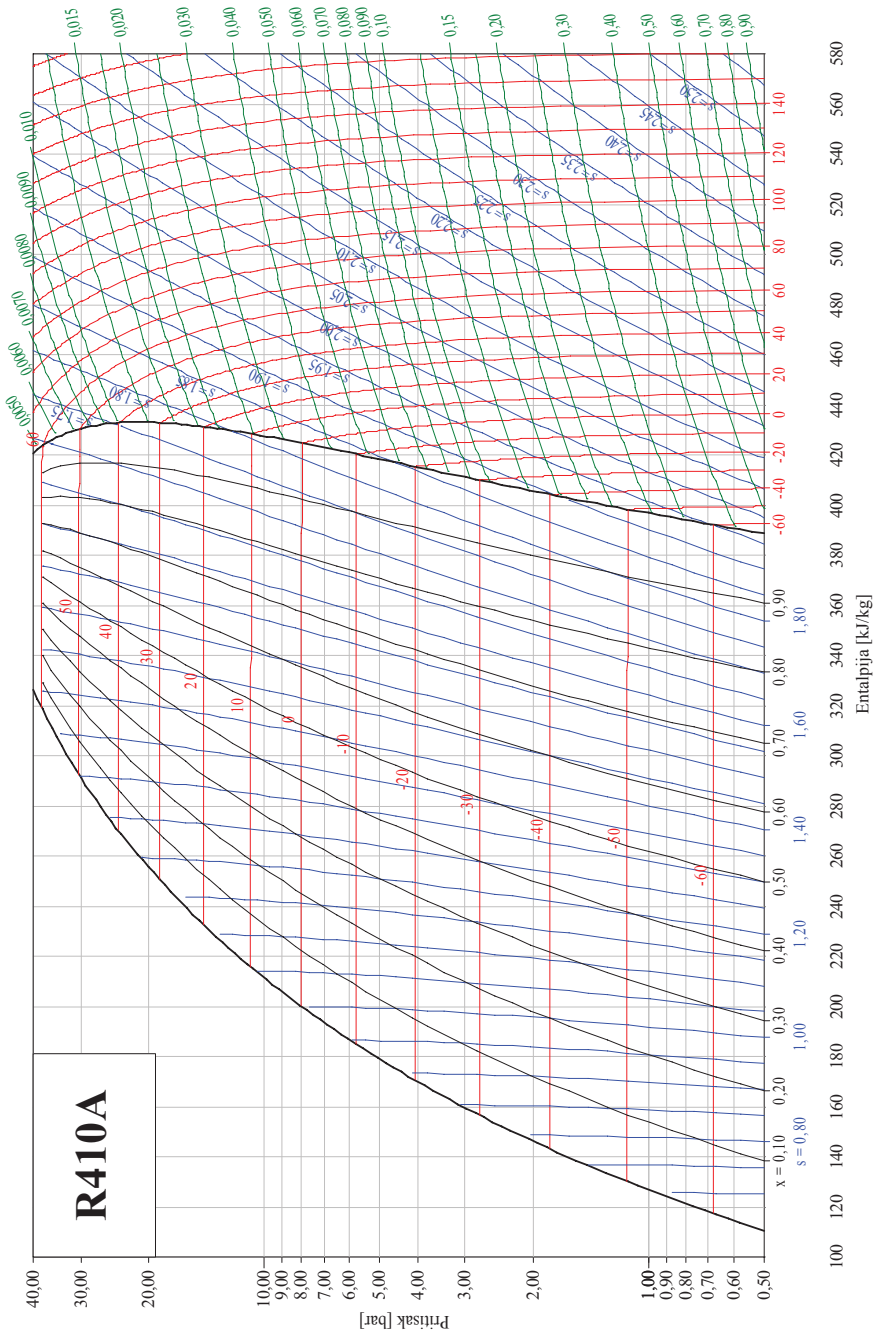


### Rashladni fluid R410A

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-65	0,514	0,7042	0,45572	111,27	389,07	277,80	0,6334	1,9680
-64	0,544	0,7055	0,43231	112,50	389,69	277,19	0,6393	1,9646
-63	0,576	0,7069	0,41033	113,74	390,31	276,57	0,6452	1,9612
-62	0,608	0,7082	0,38969	114,98	390,93	275,95	0,6510	1,9579
-61	0,643	0,7096	0,37028	116,22	391,55	275,33	0,6569	1,9547
-60	0,679	0,7110	0,35203	117,47	392,16	274,70	0,6628	1,9515
-59	0,716	0,7124	0,33485	118,72	392,78	274,06	0,6686	1,9484
-58	0,755	0,7138	0,31868	119,97	393,40	273,43	0,6744	1,9453
-57	0,796	0,7152	0,30343	121,23	394,01	272,79	0,6802	1,9423
-56	0,839	0,7167	0,28907	122,48	394,63	272,14	0,6860	1,9393
-55	0,883	0,7181	0,27551	123,75	395,24	271,49	0,6918	1,9363
-54	0,929	0,7196	0,26272	125,01	395,85	270,84	0,6976	1,9335
-53	0,977	0,7211	0,25063	126,28	396,46	270,18	0,7034	1,9306
-52	1,027	0,7226	0,23922	127,55	397,07	269,52	0,7091	1,9278
-51	1,079	0,7242	0,22840	128,83	397,68	268,84	0,7149	1,9250
-50	1,134	0,7258	0,21819	130,11	398,28	268,17	0,7206	1,9223
-49	1,190	0,7273	0,20853	131,39	398,88	267,49	0,7263	1,9197
-48	1,248	0,7289	0,19938	132,68	399,49	266,81	0,7320	1,9170
-47	1,309	0,7306	0,19071	133,97	400,09	266,12	0,7377	1,9144
-46	1,372	0,7322	0,18250	135,26	400,68	265,42	0,7434	1,9119
-45	1,438	0,7339	0,17470	136,56	401,28	264,72	0,7491	1,9094
-44	1,506	0,7355	0,16731	137,86	401,87	264,01	0,7547	1,9069
-43	1,576	0,7373	0,16030	139,16	402,47	263,30	0,7604	1,9045
-42	1,649	0,7390	0,15363	140,47	403,06	262,58	0,7661	1,9020
-41	1,725	0,7407	0,14730	141,78	403,64	261,86	0,7717	1,8997
-40	1,803	0,7425	0,14128	143,10	404,23	261,13	0,7773	1,8973
-39	1,884	0,7443	0,13556	144,42	404,81	260,39	0,7830	1,8950
-38	1,968	0,7461	0,13011	145,75	405,39	259,65	0,7886	1,8928
-37	2,054	0,7480	0,12493	147,07	405,97	258,90	0,7942	1,8905
-36	2,144	0,7499	0,11999	148,41	406,54	258,14	0,7998	1,8883
-35	2,237	0,7518	0,11529	149,74	407,12	257,37	0,8054	1,8861
-34	2,333	0,7537	0,11081	151,08	407,69	256,60	0,8110	1,8840
-33	2,432	0,7556	0,10653	152,43	408,25	255,82	0,8166	1,8818
-32	2,534	0,7576	0,10246	153,78	408,82	255,04	0,8222	1,8798
-31	2,640	0,7596	0,09857	155,13	409,38	254,24	0,8277	1,8777
-30	2,749	0,7617	0,09485	156,49	409,93	253,44	0,8333	1,8756
-29	2,861	0,7637	0,09131	157,86	410,49	252,63	0,8389	1,8736
-28	2,977	0,7658	0,08792	159,22	411,04	251,82	0,8444	1,8716
-27	3,097	0,7680	0,08468	160,60	411,59	250,99	0,8500	1,8696
-26	3,220	0,7701	0,08158	161,97	412,13	250,16	0,8555	1,8677
-25	3,347	0,7723	0,07862	163,36	412,67	249,31	0,8611	1,8658
-24	3,478	0,7745	0,07579	164,74	413,21	248,46	0,8666	1,8639
-23	3,613	0,7768	0,07308	166,14	413,74	247,60	0,8722	1,8620
-22	3,751	0,7791	0,07048	167,53	414,27	246,73	0,8777	1,8601

t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
-21	3,894	0,7814	0,06799	168,94	414,79	245,86	0,8832	1,8583
-20	4,041	0,7838	0,06561	170,35	415,31	244,97	0,8888	1,8564
-19	4,193	0,7862	0,06332	171,76	415,83	244,07	0,8943	1,8546
-18	4,348	0,7886	0,06113	173,18	416,34	243,16	0,8998	1,8528
-17	4,508	0,7911	0,05903	174,60	416,85	242,25	0,9053	1,8511
-16	4,673	0,7936	0,05702	176,03	417,35	241,32	0,9109	1,8493
-15	4,842	0,7962	0,05508	177,47	417,85	240,38	0,9164	1,8476
-14	5,016	0,7988	0,05322	178,91	418,34	239,43	0,9219	1,8458
-13	5,194	0,8014	0,05144	180,36	418,83	238,47	0,9274	1,8441
-12	5,378	0,8041	0,04972	181,81	419,32	237,50	0,9330	1,8424
-11	5,566	0,8068	0,04808	183,27	419,79	236,52	0,9385	1,8407
-10	5,759	0,8096	0,04649	184,74	420,27	235,53	0,9440	1,8390
-9	5,957	0,8125	0,04497	186,21	420,73	234,52	0,9495	1,8374
-8	6,161	0,8153	0,04350	187,69	421,20	233,50	0,9551	1,8357
-7	6,370	0,8183	0,04209	189,18	421,65	232,47	0,9606	1,8341
-6	6,584	0,8212	0,04074	190,67	422,10	231,43	0,9661	1,8324
-5	6,803	0,8243	0,03943	192,17	422,55	230,38	0,9717	1,8308
-4	7,029	0,8274	0,03817	193,68	422,99	229,31	0,9772	1,8292
-3	7,259	0,8305	0,03696	195,19	423,42	228,23	0,9828	1,8276
-2	7,496	0,8337	0,03579	196,71	423,84	227,13	0,9883	1,8260
-1	7,738	0,8370	0,03467	198,24	424,26	226,02	0,9939	1,8244
0	7,986	0,8403	0,03358	199,77	424,67	224,90	0,9994	1,8228
1	8,241	0,8437	0,03254	201,32	425,08	223,76	1,0050	1,8212
2	8,501	0,8471	0,03153	202,87	425,48	222,61	1,0106	1,8196
3	8,768	0,8506	0,03055	204,43	425,87	221,44	1,0161	1,8180
4	9,041	0,8542	0,02961	205,99	426,25	220,26	1,0217	1,8164
5	9,320	0,8579	0,02870	207,57	426,63	219,06	1,0273	1,8149
6	9,606	0,8616	0,02783	209,15	427,00	217,84	1,0329	1,8133
7	9,898	0,8654	0,02698	210,75	427,36	216,61	1,0385	1,8117
8	10,198	0,8693	0,02616	212,35	427,71	215,36	1,0441	1,8101
9	10,504	0,8733	0,02537	213,96	428,05	214,09	1,0498	1,8085
10	10,817	0,8773	0,02461	215,60	428,38	212,78	1,0555	1,8070
11	11,137	0,8815	0,02387	217,23	428,71	211,48	1,0611	1,8054
12	11,464	0,8857	0,02316	218,87	429,03	210,15	1,0668	1,8038
13	11,798	0,8900	0,02247	220,52	429,33	208,81	1,0725	1,8022
14	12,140	0,8944	0,02180	222,18	429,63	207,45	1,0781	1,8006
15	12,489	0,8990	0,02115	223,85	429,92	206,07	1,0838	1,7990
16	12,846	0,9036	0,02052	225,53	430,20	204,67	1,0895	1,7974
17	13,210	0,9083	0,01992	227,22	430,46	203,24	1,0953	1,7957
18	13,582	0,9131	0,01933	228,92	430,72	201,79	1,1010	1,7941
19	13,962	0,9181	0,01876	230,64	430,96	200,32	1,1068	1,7925
20	14,350	0,9232	0,01821	232,36	431,20	198,83	1,1126	1,7908
21	14,747	0,9284	0,01767	234,10	431,42	197,32	1,1183	1,7891
22	15,151	0,9337	0,01716	235,85	431,63	195,77	1,1242	1,7875
23	15,564	0,9392	0,01665	237,62	431,83	194,21	1,1300	1,7858
24	15,985	0,9448	0,01617	239,39	432,01	192,62	1,1359	1,7841

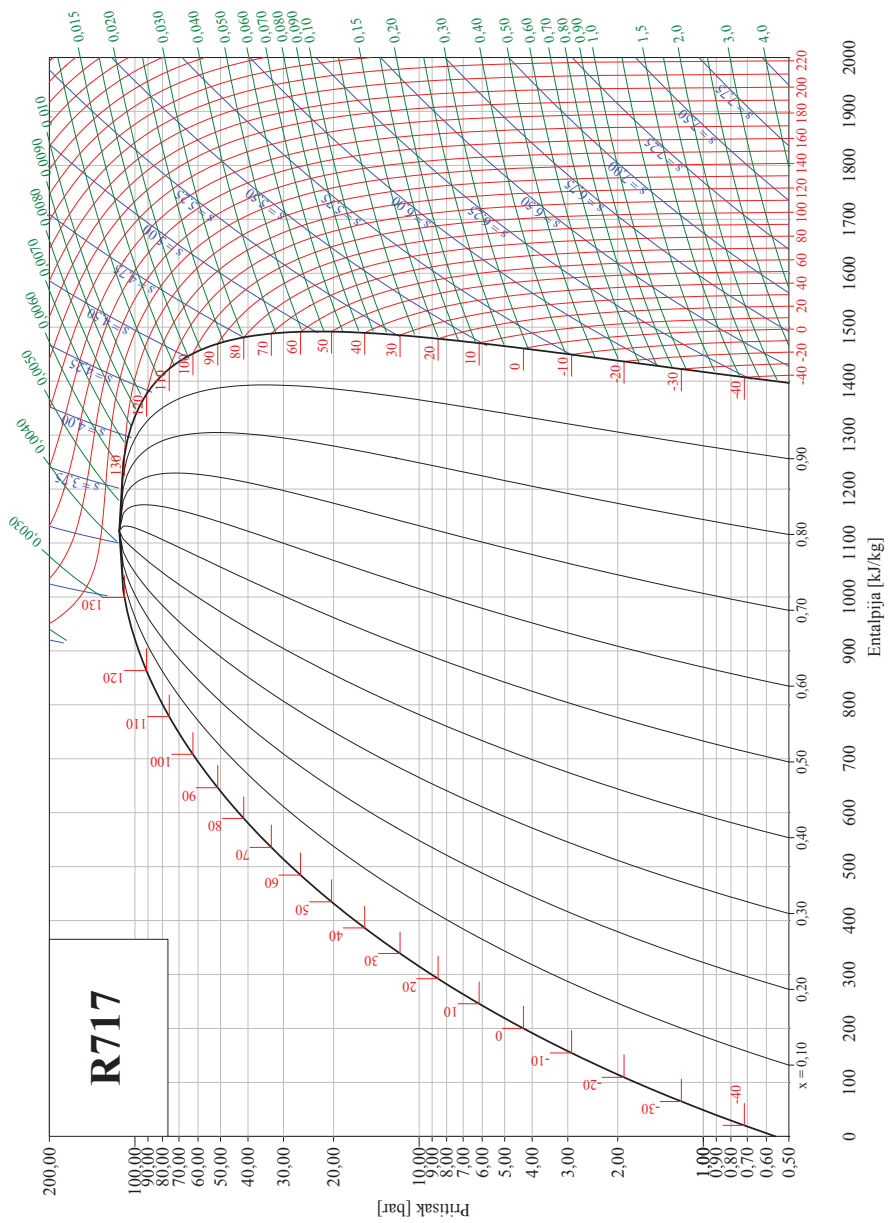
t [°C]	p [bar]	vl [dm <sup>3</sup> /kg]	vg [m <sup>3</sup> /kg]	hl [kJ/kg]	hg [kJ/kg]	r [kJ/kg]	Sl [kJ/(kgK)]	Sg [kJ/(kgK)]
25	16,415	0,9505	0,01569	241,18	432,18	191,00	1,1417	1,7823
26	16,854	0,9564	0,01524	242,99	432,34	189,35	1,1476	1,7806
27	17,301	0,9625	0,01479	244,81	432,48	187,67	1,1536	1,7788
28	17,758	0,9687	0,01436	246,64	432,61	185,97	1,1595	1,7770
29	18,223	0,9751	0,01394	248,49	432,72	184,23	1,1655	1,7752
30	18,698	0,9817	0,01353	250,36	432,82	182,46	1,1715	1,7734
31	19,182	0,9885	0,01314	252,24	432,90	180,66	1,1776	1,7716
32	19,676	0,9955	0,01275	254,14	432,97	178,83	1,1836	1,7697
33	20,179	1,0027	0,01238	256,05	433,02	176,96	1,1897	1,7678
34	20,692	1,0101	0,01201	257,99	433,04	175,06	1,1959	1,7658
35	21,214	1,0177	0,01166	259,94	433,06	173,11	1,2021	1,7638
36	21,747	1,0256	0,01132	261,91	433,05	171,13	1,2083	1,7618
37	22,290	1,0338	0,01098	263,91	433,02	169,11	1,2145	1,7598
38	22,843	1,0422	0,01066	265,92	432,97	167,05	1,2208	1,7577
39	23,406	1,0509	0,01034	267,96	432,90	164,94	1,2272	1,7556
40	23,981	1,0599	0,01003	270,02	432,80	162,78	1,2336	1,7534
41	24,565	1,0693	0,00973	272,10	432,68	160,58	1,2400	1,7512
42	25,161	1,0790	0,00944	274,21	432,54	158,33	1,2465	1,7489
43	25,767	1,0890	0,00915	276,35	432,37	156,02	1,2531	1,7466
44	26,385	1,0995	0,00887	278,51	432,17	153,66	1,2597	1,7442
45	27,014	1,1104	0,00860	280,70	431,94	151,24	1,2664	1,7418
46	27,654	1,1217	0,00834	282,93	431,69	148,76	1,2731	1,7392
47	28,306	1,1335	0,00808	285,18	431,40	146,21	1,2800	1,7367
48	28,970	1,1458	0,00782	287,47	431,07	143,60	1,2869	1,7340
49	29,645	1,1587	0,00758	289,80	430,71	140,92	1,2938	1,7313
50	30,333	1,1722	0,00734	292,16	430,32	138,15	1,3009	1,7285
51	31,033	1,1863	0,00710	294,57	429,88	135,31	1,3081	1,7255
52	31,745	1,2012	0,00687	297,02	429,40	132,38	1,3154	1,7225
53	32,469	1,2168	0,00664	299,51	428,87	129,36	1,3228	1,7194
54	33,207	1,2333	0,00642	302,06	428,29	126,23	1,3303	1,7161
55	33,957	1,2507	0,00621	304,66	427,65	123,00	1,3379	1,7128
56	34,720	1,2692	0,00599	307,32	426,96	119,65	1,3457	1,7092
57	35,497	1,2888	0,00578	310,04	426,20	116,17	1,3537	1,7056
58	36,287	1,3097	0,00558	312,83	425,38	112,55	1,3618	1,7017
59	37,091	1,3321	0,00538	315,70	424,47	108,77	1,3702	1,6976
60	37,908	1,3561	0,00518	318,64	423,48	104,84	1,3787	1,6934
61	38,739	1,3821	0,00498	321,70	422,40	100,70	1,3875	1,6889
62	39,585	1,4102	0,00478	324,86	421,20	96,34	1,3966	1,6840
63	40,445	1,4410	0,00459	328,15	419,88	91,73	1,4060	1,6789
64	41,320	1,4748	0,00440	331,58	418,41	86,84	1,4158	1,6734
65	42,209	1,5124	0,00420	335,18	416,78	81,59	1,4261	1,6674
66	43,114	1,5547	0,00401	339,00	414,93	75,93	1,4370	1,6609
67	44,035	1,6030	0,00382	343,07	412,83	69,76	1,4485	1,6536
68	44,971	1,6593	0,00362	414,91	410,39	-4,53	1,6587	1,6454
74,67	51,737	1,6227	0,00162	353,65	353,65	0,00	1,4730	1,4730



## Veličine stanja rashladnog fluida R717 na liniji zasićenja

Temperatura, t (°C)	Apsolutni pritisak, p (bar)	Specifična zapremina		Gustina		Entalpija		Toplota isparavanja, r (kJ/kg)	Entropija	
		težnost, v' (l/kg)	para, v'' (m <sup>3</sup> /kg)	težnost, γ' (l/kg)	para, γ'' (m <sup>3</sup> /kg)	težnost, i' (l/kg)	para, i'' (m <sup>3</sup> /kg)		težnost, s' (l/kg)	para, s'' (m <sup>3</sup> /kg)
-70	0,1136	1,3758	9,009	0,7253	0,1110	189,76	1654,30	1464,30	-0,3071	6,9038
-68	0,1312	1,3832	7,870	0,7230	0,1271	198,13	1658,07	1459,94	-0,2665	6,8515
-66	0,1514	1,3876	6,882	0,7207	0,1453	206,5	1661,42	1454,92	-0,2215	6,8000
-64	0,1740	1,3920	6,044	0,7184	0,1655	215,30	1665,19	1449,89	-0,1836	6,7501
-62	0,1992	1,3965	5,324	0,7161	0,1878	223,67	1668,54	1444,87	-0,1430	6,7015
-60	0,2277	1,4010	4,699	0,7138	0,2128	232,04	1672,30	1440,26	-0,1029	6,6551
-58	0,2593	1,4056	4,161	0,7114	0,2403	240,84	1675,66	1434,82	-0,0630	6,6074
-56	0,2946	1,4103	3,693	0,7091	0,2708	249,63	1679,42	1429,79	-0,0237	6,5622
-54	0,3336	1,4150	3,288	0,7067	0,3041	258,00	1682,77	1424,77	-0,0153	6,5182
-52	0,3770	1,4197	2,933	0,7044	0,3409	266,38	1686,12	1419,74	0,0542	6,4755
-50	0,4250	1,4245	2,623	0,7020	0,3812	275,17	1681,47	1414,3	0,1132	6,4336
-48	0,4778	1,4293	2,351	0,6996	0,425	283,96	1692,81	1408,85	0,1337	6,3624
-46	0,5360	1,4242	2,112	0,6972	0,473	299,33	1696,17	1403,84	0,1714	6,3528
-44	0,5998	1,4392	1,901	0,6948	0,526	301,13	1699,52	1398,39	0,2095	6,3139
-42	0,6697	1,4442	1,715	0,6924	0,583	310,12	1703,07	1392,95	0,2476	6,2754
-40	0,7462	1,4493	1,550	0,6900	0,645	319,13	1706,22	1387,09	0,2861	6,2375
-38	0,8297	1,4545	1,4045	0,6875	0,712	327,84	1709,48	1381,64	0,3238	6,2004
-36	0,9206	1,4597	1,2746	0,6851	0,785	336,76	1718,71	1375,95	0,3427	6,1648
-34	1,0196	1,4649	1,1589	0,6826	0,863	345,72	1715,89	1370,17	0,3992	6,1297
-32	1,1270	1,4703	1,0555	0,6801	0,948	354,63	1719,07	1364,44	0,4364	6,0953
-30	1,2430	1,4757	0,9630	0,6777	1,038	363,59	1722,17	1358,58	0,4733	6,0576
-28	1,368	1,4811	0,8801	0,6752	1,136	372,55	1725,22	1352,67	0,5310	6,0288
-26	1,504	1,4867	0,8056	0,6726	1,242	384,55	1731,24	1346,69	0,5466	5,9965
-24	1,651	1,4923	0,7386	0,6701	1,354	390,56	1731,21	1340,65	0,5826	5,9647
-22	1,809	1,4980	0,6782	0,6676	1,474	399,56	1734,14	1334,58	0,6186	5,9337
-20	1,978	1,5037	0,6236	0,6650	1,604	408,60	1737,03	1328,43	0,6546	5,9027
-18	2,159	1,5096	0,5742	0,6624	1,742	417,65	1739,84	1322,19	0,6898	5,8726
-16	2,354	1,5155	0,5295	0,6598	1,889	426,73	1742,60	1315,87	0,7249	5,8429
-14	2,564	1,5215	0,4889	0,6572	2,046	435,86	1745,32	1309,46	0,7601	5,8140
-12	2,786	1,5276	0,4520	0,6546	2,213	444,94	1747,92	1302,98	0,7927	5,7855
-10	3,024	1,5338	0,4184	0,6520	2,390	454,07	1750,47	1296,40	0,8254	5,7570
-8	3,279	1,5400	0,3878	0,6493	2,579	463,20	1754,20	1291,00	0,8639	5,7294
-6	3,590	1,5464	0,3599	0,6467	2,779	472,37	1755,41	1283,04	0,8983	5,7022

Temperatura, t (°C)	Apsolutni pritisak, p (bar)	Specifična zapremina		Gustina		Entalpija		Toplota isparavanja, r (kJ/kg)	Entropija	
		tečnost, v' (l/kg)	para, v'' (m <sup>3</sup> /kg)	tečnost, γ' (l/kg)	para, γ'' (m <sup>3</sup> /kg)	tečnost, i' (l/kg)	para, i'' (m <sup>3</sup> /kg)		tečnost, s' (l/kg)	para, s'' (m <sup>3</sup> /kg)
-4	3,835	1,5528	0,3344	0,6440	2,991	481,54	1757,80	1276,26	0,9326	5,6754
-2	4,140	1,5594	0,3111	0,6413	3,216	490,75	1760,14	1269,39	0,9665	5,6486
0	4,465	1,5660	0,2897	0,6386	3,452	500,00	1762,40	1262,40	1,0000	5,6293
2	4,809	1,5727	0,2700	0,6358	3,703	509,25	1764,58	1255,33	1,0167	5,6101
4	5,173	1,5796	0,2520	0,6331	3,969	518,55	1766,72	1248,17	1,0670	5,5716
6	5,557	1,5866	0,2353	0,6303	4,250	527,84	1768,76	1240,92	1,1005	5,5464
8	5,9643	1,5936	0,2200	0,6275	4,546	537,14	1770,69	1233,55	1,1335	5,5213
10	6,395	1,6008	0,2058	0,6247	4,859	546,51	1772,58	1226,07	1,1662	5,4970
12	6,847	1,6081	0,1927	0,6218	5,189	555,89	1774,68	1218,49	1,1989	5,4727
14	7,3246	1,6156	0,1806	0,6190	5,537	565,27	1776,09	1210,82	1,2315	5,4481
16	7,828	1,6231	0,1694	0,6161	5,904	574,73	1777,77	1203,04	1,2642	5,4254
18	8,358	1,6308	0,1591	0,6132	6,289	584,20	1779,56	1193,36	1,2968	5,4020
20	8,913	1,6386	0,1494	0,6103	6,694	593,70	1781,40	1183,70	1,3287	5,3790
22	9,498	1,6466	0,1405	0,6073	7,119	603,25	1782,29	1179,04	1,3609	5,3564
24	10,110	1,6546	0,1322	0,6043	7,564	612,79	1783,63	1170,84	1,3927	5,3337
26	10,732	1,6630	0,1243	0,6013	8,031	622,42	1784,89	1162,47	1,4245	5,3111
28	11,423	1,6714	0,1174	0,5983	8,521	632,05	1785,06	1153,01	1,4564	5,2885
30	12,129	1,6800	0,1107	0,5952	9,034	641,68	1787,15	1145,47	1,4878	5,2668
32	12,866	1,6888	0,1043	0,5921	9,573	651,39	1788,15	1136,76	1,5146	5,2450
34	13,638	1,6977	0,0986	0,5890	10,138	661,11	1789,03	1127,92	1,5506	5,2232
36	14,444	1,7069	0,0932	0,5859	10,731	670,90	1790,16	1119,26	1,5820	5,2014
38	13,286	1,7162	0,0881	0,5827	11,353	680,70	1790,50	1109,80	1,6129	5,1801
40	16,162	1,7257	0,0833	0,5795	12,005	690,58	1791,08	1100,50	1,6439	5,1587
42	17,077	1,7354	0,0788	0,5762	12,69	700,46	1791,58	1091,12	1,6749	5,1374
44	18,031	1,7454	0,0746	0,5729	13,40	710,34	1791,96	1081,62	1,7059	5,1165
46	19,026	1,7555	0,0707	0,5696	14,15	720,31	1792,21	1071,90	1,7364	5,0951
48	20,060	1,7659	0,0670	0,5663	14,94	730,28	1792,38	1062,11	1,7670	5,0752
50	20,677	1,7775	0,0635	0,5628	15,75	740,24	1792,55	1052,31	1,7976	5,0541
60	27,18	1,838	0,0489	0,5440	20,35	791,42	1792,02	1000,6	1,9546	4,9544
70	34,43	1,905	0,0379	0,5248	26,36	846,22	1786,62	946,4	2,1095	4,8502
80	43,09	1,983	0,0293	0,5042	33,91	902,42	1776,92	874,5	2,2661	4,7422
90	54,29	2,076	0,0229	0,4816	43,15	961,42	1761,52	800,1	2,4264	4,6291
132,4	117,48	4,2553	0,0042	0,235	235,0	1425,12	1425,12	-	3,4945	3,4945







---

## Literatura

- [1] **Vujić, S.**, *Rashladni uređaji*, Mašinski fakultet, Beograd, 1983.
- [2] **Londahl, G.**, *Ušteda energije u tehnici hlađenja, smrzavanja i skladištenja*, KGH, br. 3, SMEITS, Beograd, 1978.
- [3] **Šamšalović, S.**, *Tehnologija hlađenja i smrzavanja hrane*, SMEITS, Beograd, 1994.
- [4] **Anderson, S. A.**, *Automatic Refrigeration*, MacLaren and Sons Ltd, 1960.
- [5] **Pohmann, W.**, *Taschenbuch für Kältetechniker*, C. F. Müller, 1985.
- [6] **Gartner, J., V. Jagodić, F. Kavčić, M. Vraničar**, *Priručnik za rashladnu tehniku*, LTH Škofja Loka, 1982.
- [7] **Fisher, R., K. Chernoff**, *Air Conditioning and Refrigeration Repair*, TAB Books, 1990.
- [8] \*\*\* *Frigen Primer for Refrigeration, Air Conditioning and Energy Technology*, Hochst, 1990.
- [9] \*\*\* *Collection of Instructions*, Danfoss, 1990.
- [10] \*\*\* *Katalog tehničkih podataka*, Frigostroj, 1980.
- [11] \*\*\* *HVAC Systems and Equipment*, ASHRAE, 2008.
- [12] \*\*\* *Refrigeration*, ASHRAE, 2010.
- [13] **Breidert, H. J.**, *Projektierung von Kälteanlagen*, C. F. Müller, 2003.
- [14] **Ullrich, H. J.**, *Kältetechnik II*, J. P. Himmer GmbH, 1999.
- [15] **Planck, E., E. Schmidt**, *Kälteanlagenetechnik in Fragen und Antworten*, 1998.
- [16] **Živković, B., Z. Stajić**, *Mali termotehnički priručnik*, SMEITS, Beograd, 2011.
- [17] **Grupa autora**, *Uređaji i instalacije za hlađenje*, Jugostroj, 1978.
- [18] \*\*\* Tehnička uputstva firmi Bitzer, Danfoss, Copeland, L'Unité hermetique.
- [19] \*\*\* *Handling of Solkane Refrigerants*, Solkane Information Service, 2000.
- [20] \*\*\* *Substitute Refrigerants*, Solkane Information Service, 2000.
- [21] \*\*\* *Copper and copper alloys – Seamless, round copper tubes for air-conditioning and refrigeration*, EN 12735, 2001.
- [22] \*\*\* *Designation and safety Classification of Refrigerants*, ASHRAE Standard 34-2010.
- [23] \*\*\* *Safety Standards for Refrigeration Systems*, ASHRAE Standard 15-2010.
- [24] [http://www.gascoireland.com/preview\\_004.htm](http://www.gascoireland.com/preview_004.htm).
- [25] <http://www.bitzer.de/eng/productservice/software/3> izbor kompresora firme Bitzer.
- [26] <http://www.guentner.de/know-how/product-calculator-gpc/gpc-software/> izbor rashladnih elemenata firme Guenter.

- [27] <http://www.danfoss.com/> izbor elemenata automatike firme Danfoss.
- [28] <http://www.air-con.dk/PDF/Teknisk%20Brochure%20MT-MTZ.pdf> izbor kompresora firme Maneurope.
- [29] <http://www.hvacinfo.com/> linkovi za sve proizvođače komponenata za HVAC&R.
- [30] [http://www.armacell.com/www/armacell/ACwwwAttach.nsf/ansFiles/ArmaflexApplicationManualSRB.pdf/\\$File/ArmaflexApplicationManualSRB.pdf](http://www.armacell.com/www/armacell/ACwwwAttach.nsf/ansFiles/ArmaflexApplicationManualSRB.pdf/$File/ArmaflexApplicationManualSRB.pdf) uputstvo za montažu izolacije.
- [31] <http://www.lunite-hermetique.com/index.php>, kompresori firme L'Unité hermetique.

# Indeks pojmova

## A

Alat – 64, 199, 201, 203, 208, 212, 216, 289, 290, 291.  
Alat za izradu kolena – 291.  
Alat za pertlovanje – 291.  
Alat za proširivanje cevi – 291.  
Alat za sečenje – 289.  
Amonijak – 33, 40, 50, 59, 60, 64, 65, 66, 68, 75, 76, 77, 83, 84, 85, 86, 89, 93, 95, 96, 97, 98, 100, 106, 107, 108, 109, 111, 120, 122, 123, 124, 125, 129, 131, 144, 145, 147, 148, 182, 184, 191, 196, 204, 209, 212, 227, 232, 236, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287.  
Anemometar – 296.  
ANSI – 58, 59.  
Aparat za punjenje – 294.  
Apsolutna nula – 16, 23, 246.  
Apsolutna vlažnost – 32.  
ASHRAE – 58, 59.  
Atmosferski kondenzator – 33, 98, 99, 100, 101, 230.  
Automatika – 52, 84, 103, 109, 110, 114, 119, 132, 151, 152, 171, 192, 195, 201, 203, 208, 225, 227, 246.  
Automatski regulacioni ventil – 152, 154.  
Azeotropna mešavina – 58.  
Azot – 32, 64, 65, 152, 199, 203, 208, 209, 210, 211, 288, 292.

## B

Bakarna cev – 25, 55, 95, 98, 106, 108, 109, 144, 176, 177, 179, 200, 201, 204, 209, 211, 214, 234, 281, 289.  
Barometar – 24, 25.

Bezbednosne mere – 282.  
Blanširanje – 49, 51.  
Boca – 62, 64, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 125, 208, 209, 211, 212, 213, 214, 215, 234, 249, 288, 292.  
Broj obrtaja – 82, 84, 91, 92, 93, 103, 104, 164, 173, 197, 264, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314.  
Brza spojka – 290.  
Buka – 83, 131, 138, 217, 273, 277, 284, 296.

## C

Celzijus – 16, 18, 19, 30, 160.  
Centrifugalni kompresor – 81, 84.  
Cevni isparivač – 106, 109.  
Cevovod – 38, 57, 63, 74, 119, 120, 121, 122, 128, 131, 133, 134, 136, 137, 136, 132, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 135, 145, 137, 148, 149, 156, 157, 165, 167, 168, 169, 177, 194, 197, 198, 199, 200, 202, 208, 215, 228, 251, 252, 273, 278, 284, 285.  
Cev u cev – 97.  
Cilindar – 37, 70, 73, 74, 77, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 122, 161, 163, 169, 173, 191, 218, 219, 222, 226, 228, 231, 232, 235, 240, 241, 243, 277, 294.  
Cirkulacija ulja – 133, 191.

## Č

Čelična cev – 25, 95, 96, 98, 106, 108, 124, 144, 200, 204, 228.  
Čiler – 40, 56.  
Čišćenje – 67, 72, 73, 96, 97, 100, 120, 197, 207, 208, 217, 218, 230, 239.  
Čuvanje hlađenjem – 41.

## D

Detektor – 212, 214, 232, 285, 286, 295.  
Diferencijalni manometar – 25.  
Diferencijalni presostat – 85, 114, 116, 161, 164, 165, 227, 262, 263, 267.  
Diferencijalni pritisak – 23, 25.  
Digitalni termometar – 296.  
Dijagram – 19, 31, 37, 38, 63, 79, 92.  
Dinamički pritisak – 22.  
Direktna ekspanzija – 55, 105, 106, 107, 109, 111, 143, 144, 183.  
Dobošasti kondenzator – 95, 96, 97, 100, 101, 132, 197, 228.  
Dvostruki usponski vodovi – 134, 137.

## DŽ

Džul – 19, 20.

## E

Ekspanzija – 38, 55, 105, 106, 107, 109, 111, 129, 143, 144, 157, 183.  
Eksplozija – 65, 66, 282, 283.  
Električni regulator nivoa – 187.  
Elektrode za varenje – 200.  
Elektronski detektor – 295.  
Elektronski termostat – 171.

Elementi za spajanje – 145.  
Energija – 15, 19, 20, 26, 28, 29,  
56, 132, 217.  
Entalpija – 28, 38, 341, 342.  
Etan – 61, 64, 281.  
Evakuacija – 283.  
Evaporativni kondenzator – 33,  
98, 99, 100, 140, 141, 182,  
188, 189, 230, 275.  
Evropska direktiva – 66.

## F

Farenhajt – 16, 18, 19.  
Filter – 55, 56, 69, 72, 73, 84, 85,  
88, 89, 129, 146, 147, 154,  
155, 197, 202, 205, 207,  
213, 218, 228, 231, 198,  
231, 232, 236, 238, 247,  
251, 252, 254, 257, 264,  
265, 268, 271, 272.  
Freon – 29, 50, 61, 75, 77, 83,  
84, 85, 86, 89, 95, 96, 97,  
100, 108, 109, 111, 120,  
123, 124, 126, 128, 131,  
144, 145, 182, 188, 191,  
194, 196, 200, 204, 209,  
211, 212, 227, 232, 236,  
260, 287, 288.

## G

Gasoviti rashladni fluid – 35,  
36, 75, 84, 87, 99, 127, 129,  
211, 212, 221, 222.  
Gorionici – 291.  
Grejanje – 28, 68, 171, 206, 278,  
279.  
GWP – 61, 64, 66, 68.

## H

Halogena lampa – 295.  
Hemijski sastav – 58, 144.  
Hermetik – 39, 40, 55, 62, 72,  
90, 97, 147, 176, 235.  
Hidrostatički pritisak – 22, 23,  
24.  
Higrometar – 33.  
Hitni postupci – 283.  
Hladnoća – 15, 287.

Hlađenje – 15, 16, 27, 28, 30, 33,  
35, 36, 38, 39, 40, 41, 47, 52,  
53, 54, 55, 56, 57, 61, 62, 63,  
64, 65, 66, 71, 73, 77, 79, 81,  
84, 86, 92, 93, 95, 96, 97, 98,  
100, 101, 102, 49, 102, 48,  
99, 102, 103, 105, 106, 107,  
108, 109, 110, 111, 112,  
114, 115, 120, 121, 123,  
124, 125, 126, 127, 128,  
129, 138, 143, 144, 148,  
151, 154, 159, 160, 161,  
162, 163, 166, 167, 171,  
172, 175, 177, 180, 181,  
182, 185, 186, 187, 188,  
189, 190, 193, 198, 201,  
202, 203, 205, 206, 212,  
214, 220, 223, 224, 225,  
226, 228, 229, 230, 231,  
236, 243, 244, 247, 249,  
254, 259, 262, 265, 272,  
273, 278, 281, 282, 283,  
285, 300.

Hlađenje tečnosti – 73, 105,  
109, 110, 111, 166, 185,  
186, 187, 188, 201, 202,  
212, 220, 224, 228.

Hlađenje u domaćinstvu – 39.

## I

Industrijsko hlađenje – 39, 40,  
61, 63.  
Inje – 113, 114, 117.  
Isparavanje – 16, 29, 31, 32, 33,  
35, 36, 37, 38, 48, 53, 56,  
57, 58, 62, 63, 64, 68, 75, 77,  
82, 91, 92, 93, 94, 95, 98,  
99, 101, 105, 106, 107, 110,  
114, 115, 117, 121, 122,  
124, 126, 127, 128, 129,  
132, 133, 135, 143, 146,  
147, 152, 153, 154, 155,  
156, 157, 158, 163, 165,  
166, 167, 176, 182, 184,  
185, 186, 187, 190, 191,  
207, 210, 211, 213, 214,  
216, 220, 221, 222, 223,  
224, 225, 226, 232, 234,

236, 237, 238, 239, 241,  
242, 264, 287, 315, 316,  
317, 318, 319, 341, 342.

Isparivački termostat – 160,  
176.

Ispitivanje na pritisak – 207,  
209, 211, 213.

Ispuštanje vazduha – 100, 215,  
231.

Isticanje – 58, 65, 88, 90, 147,  
196, 211, 263, 265, 266,  
270, 271, 282, 284, 285.

Izobutan – 59, 60, 64, 66.

Izolacija – 52, 126, 148, 149,  
174, 199, 200, 202, 224,  
236, 246, 248, 254, 260,  
274, 301, 302, 303, 309.

Izvor – 35, 76, 77, 78, 114, 115,  
116, 163, 196, 199, 201,  
230, 237, 285.

Izvršeni rad – 19, 20, 26, 95,  
101.

## K

Kapilarna cev (kapilara) – 55,  
69, 95, 105, 126, 128, 136,  
147, 153, 155, 156, 160,  
161, 167, 171, 175, 158,  
202, 152, 166, 175, 176,  
177, 182, 186, 189, 192,  
202, 203, 204, 233, 234,  
241, 244, 245, 246, 252,  
253, 255, 267, 268, 271,  
273, 274, 275, 278, 315.

Kaskadna instalacija – 189, 190.

Kinetička teorija – 15.

Klasifikacija – 58, 59, 60, 281.

Klešta za presovanje – 290.

Klima-orman – 55.

Klima-uređaj – 54, 55, 61, 67,  
71, 83, 175.

Klimatizacija – 15, 39, 40, 54,  
56, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68,  
69, 71, 74, 83, 98, 109, 135,  
193, 206, 217, 281.

Klimatizer – 64, 71, 83, 131,  
151, 152.

Klip – 77, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 235, 242, 277.  
Klipni kompresor – 71, 84, 196.  
Klipnjača – 84, 85, 86, 87, 88, 242.  
Ključanje – 28, 33, 35, 58, 65, 68, 70, 105, 138, 251, 252, 253, 257, 258.  
Koaksijalne cevi – 95.  
Koaksijalni kondenzator – 97.  
Koeficijent odavanja – 92, 93.  
Koeficijent prelaza toplote – 31, 52, 57, 97, 98, 106, 109, 111, 192.  
Koeficijent prolaza toplote – 63, 95, 96, 98, 99, 101, 102.  
Kolenasto vratilo – 86, 87, 88, 90.  
Količina toplote – 26, 27, 28, 29, 30, 52, 95, 101, 110, 223.  
Komerijalno hlađenje – 39, 40, 65.  
Komplet za zavarivanje – 292.  
Kompresija – 22, 38, 93, 121.  
Kompresor – 36, 37, 38, 39, 40, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 66, 67, 69, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 91, 92, 95, 97, 98, 101, 103, 106, 109, 115, 116, 117, 119, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 142, 143, 146, 147, 151, 152, 154, 155, 157, 159, 161, 163, 164, 165, 167, 168, 171, 173, 175, 93, 164, 87, 163, 89, 156, 162, 92, 91, 90, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 226,

227, 228, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 275, 276, 277, 279, 283, 284, 286, 287, 288, 303, 309, 315, 318.

Kompresorski agregat – 40, 174, 182, 195, 196, 204, 205, 230, 303, 304, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314.

Kondenzacija – 29, 31, 35, 36, 37, 38, 48, 52, 56, 57, 81, 82, 85, 86, 91, 92, 93, 95, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 123, 125, 132, 137, 139, 140, 141, 142, 148, 153, 157, 162, 167, 168, 172, 190, 198, 208, 213, 214, 215, 216, 221, 222, 224, 225, 226, 227, 232, 247, 254, 259, 263, 264, 269.

Kondukcija – 29, 51.

Kontinualni tunel – 50, 51, 116.

Kotrljajući klip – 81, 82.

Kretanje molekula – 15, 16, 20.

Krilca – 81.

Kristali leda – 50, 241.

Kritični pritisak – 32, 37, 68.

Kvarovi – 41, 54, 143, 151, 245, 245, 183, 192, 199, 246, 159, 239, 232, 229, 262, 264, 272, 275, 278, 279, 229, 285.

## L

Latentna toplota – 28, 38, 68.

Led – 15, 18, 28, 46, 48, 50, 52, 71, 106, 107, 109, 113, 114, 116, 126, 148, 180, 206, 227, 236, 237, 241, 244,

245, 250, 253, 255, 258, 260, 264, 273, 274.

Ležeci hladnjaci – 112.

Logaritamska temperaturna razlika – 101, 102, 110.

Lopatice – 81, 82, 88, 104.

## M

Magnetni ventil – 56, 104, 115, 116, 117, 132, 138, 143, 165, 169, 170, 177, 178, 179, 180, 181, 183, 184, 186, 187, 188, 202, 204, 220, 224, 228, 233, 236, 237, 238, 243, 245, 265, 275, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314.

Manometar – 23, 24, 25, 26, 31, 122, 124, 125, 204, 205, 208, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 219, 220, 221, 222, 225, 226, 227, 229, 231, 232, 233, 235, 236, 244, 245, 263, 293, 294.

Masa – 19, 21, 22, 26, 27, 28, 32, 57, 59, 126, 196, 202, 217.

Mašinska prostorija – 195, 196, 198, 230, 281, 282, 284.

Mešanje ulja – 76.

Mešavine – 29, 31, 32, 37, 56, 58, 60, 61, 63, 64, 66, 67, 77, 105, 122, 124, 129, 133, 192, 196, 197, 199, 200, 282.

Metode otapanja – 113, 114, 117.

Međuhladnjak – 128, 129.

Mineralno ulje – 48, 64, 69, 71, 76, 193, 288.

Molekularna masa – 57, 59.

Molijerov dijagram – 37.

Montrealški protokol – 59, 61.

## N

Nagomilavanje ulja – 135.

Nedovoljno punjenje – 214, 236, 238, 277.

Neeksplozivnost – 57.  
Nečistoća – 33, 88, 207, 217,  
218, 230, 232, 237, 239.  
Nekondenzujući gasovi – 73,  
124, 125, 215.  
Nepovratni ventil – 137, 138,  
139, 140, 146.  
Nezapaljivost – 57.  
Nivokaz – 122, 124, 147, 148.  
Njutm – 19.

## O

Odmašćivanje – 67, 208.  
ODP – 61, 64, 66.  
Održavanje – 13, 14, 54, 64, 73,  
74, 78, 100, 201, 217, 218,  
219, 223, 224, 226, 282,  
283, 285, 286.  
Odvajajući nekondenzujućih  
gasova – 124, 125.  
Odvajač tečnosti – 106, 122,  
123, 137, 183, 184.  
Odvajač ulja – 72, 75, 76, 86,  
123, 124, 129, 133, 137,  
142, 179, 180, 181, 182,  
183, 184, 185, 186, 187,  
188, 191, 192, 194, 212,  
217, 219, 220, 228, 231,  
239, 240, 241.  
Okolina – 15, 40, 52, 53, 54, 61,  
68, 85, 102, 103, 105, 106,  
109, 115, 119, 122, 125,  
139, 142, 124, 142, 153,  
160, 196, 197, 210, 211,  
212, 216, 217, 221, 222,  
230, 246, 247, 283, 285,  
299, 301, 302, 303, 309,  
315, 316, 317.  
Oprema sa azotom – 292.  
Orebrna cev – 96, 97, 98, 106,  
107, 108, 111, 227.  
Orebrjenje – 97, 108, 111.  
Osetna toplota – 27, 28, 29, 55.  
Osnovni alat – 289.  
Otapanje električnom energijom – 116.  
Otapanje isparivača – 107, 112,  
113, 115, 163, 171, 179,  
182, 185, 250.  
Otapanje toplim gasom – 116,  
117.  
Otapanje vodom – 115.  
Ozonski sloj – 64, 288.

## P

Plafonski isparivač – 112, 113.  
Pločasti isparivač – 109, 110.  
Poklopac cilindra – 228.  
Položaj isparivača – 105, 112,  
113.  
Poluhermetik – 40, 176, 235,  
241.  
Pomoćni aparati – 119.  
Ponor – 35.  
Popravke – 13, 14, 90, 121, 145,  
209, 229, 235, 239, 240,  
242, 247, 248, 249, 252,  
253, 254, 258, 246, 260,  
258, 254, 259, 261, 255,  
255, 256, 260, 257, 260,  
258, 263, 262, 259, 261,  
258, 262, 263, 264, 265,  
266, 267, 268, 269, 270,  
271, 272, 273, 274, 275,  
276, 277, 278, 279, 282.  
Pothlađena tečnost – 31, 37.  
Pothlađivač tečnosti – 127, 129.  
Potis – 67, 74, 81, 82, 93, 115,  
116, 123, 124, 152, 161,  
192, 205, 208, 216, 220,  
223, 224, 225, 227, 229,  
230, 231, 232, 233, 235,  
239, 243, 245, 258.  
Potisni cevovod – 131, 132, 133,  
136, 137, 140, 143.  
Povraćaj ulja – 131, 133, 134,  
135, 142, 143.  
Povrće – 39, 41, 43, 44, 48, 49,  
50, 51, 52.  
Požar – 61, 66, 282, 285.  
Pravilnik – 119, 120.  
Pregrejana para – 95, 105.  
Prelivni ventil – 89.  
Prenošenje – 29, 30, 74, 170,  
196, 197.  
Preplavljeni isparivači – 105,  
106, 107, 109, 111.  
Prepunjena instalacija – 215,  
270.  
Prepunjenost – 230, 231.  
Preračunavanje temperature  
– 18.  
Presostat – 85, 103, 104, 114,  
116, 146, 154, 161, 162,  
163, 164, 165, 166, 167,  
168, 174, 177, 178, 179,  
180, 181, 183, 184, 187,  
188, 189, 204, 205, 209,  
212, 186, 216, 217, 225,  
226, 227, 228, 233, 242,  
243, 244, 245, 246, 247,  
248, 250, 256, 262, 263,  
264, 267, 275, 276, 303,  
304, 305, 306, 307, 308,  
309, 310, 311, 312, 313,  
314.  
Presostat niskog pritiska – 85,  
161, 162, 163, 164, 165,  
174, 177, 178, 179, 180,  
181, 183, 184, 186, 187,  
188, 204, 216, 225, 226,  
227, 228, 233, 235, 242,  
243, 244, 245, 247, 256,  
263, 264, 269, 275.  
Presostat visokog pritiska  
– 103, 104, 161, 162, 164,  
167, 174, 177, 178, 179,  
180, 181, 183, 184, 186,  
187, 188, 189, 216, 225,  
227, 233, 243, 244, 248,  
262, 263, 275, 276.  
Pretakanje – 70, 77, 78.  
Prinudna cirkulacija – 53, 111,  
180.  
Priprema hrane – 40.  
Prirodni fluidi – 64.  
Prirodno hlađenje – 15.  
Pritisak – 22, 23, 24, 25, 26, 29,  
36, 37, 38, 48, 57, 62, 63, 64,  
68, 69, 70, 74, 75, 79, 81,  
82, 85, 86, 87, 88, 91, 93,  
94, 103, 104, 105, 114, 119,

- 120, 129, 138, 139, 140,  
142, 143, 144, 151, 152,  
154, 155, 160, 164, 163,  
162, 161, 156, 157, 156,  
165, 31, 132, 27, 35, 138,  
32, 25, 24, 31, 28, 91, 164,  
166, 167, 168, 169, 170,  
178, 179, 181, 182, 187,  
189, 190, 191, 192, 194,  
196, 207, 209, 210, 211,  
212, 213, 214, 215, 216,  
217, 221, 222, 224, 225,  
226, 227, 228, 229, 230,  
231, 232, 233, 234, 235,  
236, 237, 238, 239, 241,  
242, 243, 244, 245, 246,  
247, 250, 255, 258, 260,  
263, 264, 266, 269, 270,  
271, 276, 277, 278, 279,  
281, 288, 294, 318, 319,  
341, 342.
- Proces kompresije – 38.
- Promena energije – 19, 20.
- Propan – 60, 64, 66, 281.
- Propilen – 64.
- Protivstrujni kondenzator – 95,  
100.
- Protokol iz Kjota – 13.
- Provođenje – 29, 30, 31, 57,  
108.
- Prvo puštanje u rad – 216.
- Psihrometar – 33.
- Punjenje – 56, 63, 64, 65, 66, 69,  
77, 78, 105, 119, 121, 122,  
126, 134, 196, 207, 208,  
209, 210, 211, 212, 210,  
212, 211, 213, 214, 215,  
219, 226, 231, 234, 236,  
238, 251, 252, 257, 275,  
276, 277, 281, 282, 285,  
293, 294.
- Puštanje u rad – 75, 161, 173,  
174, 207, 208, 210, 216,  
218, 219, 223, 228, 230,  
233, 234, 236, 239, 240,  
242, 245, 246.
- R**
- R11 – 59, 60, 61, 62, 66, 67, 70,  
71, 79, 193.
- R1140 – 59.
- R1150 – 59.
- R12 – 59, 60, 61, 62, 66, 67, 69,  
70, 71, 76, 79, 193.
- R125 – 59, 60, 63, 64, 67.
- R1270 – 64, 66.
- R134a – 58, 59, 60, 61, 62, 63,  
64, 66, 67, 68, 69, 70, 76,  
79, 89, 132, 158, 163, 188,  
193, 209, 224, 281, 316,  
318, 319.
- R142b – 59, 60.
- R143a – 59, 60, 63, 67.
- R152a – 59, 60, 68.
- R170 – 59, 60, 64, 66.
- R21 – 59.
- R22 – 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64,  
66, 67, 68, 70, 71, 76, 79,  
89, 124, 132, 187, 190, 191,  
193, 209, 281, 317, 324.
- R290 – 59, 60, 64, 66.
- R32 – 59, 60, 64, 67.
- R404A – 59, 60, 63, 67, 71, 193,  
303, 304, 305, 306, 307,  
308, 309, 310, 311, 312,  
313, 314, 315, 319, 329.
- R407A – 58.
- R407B – 58.
- R407C – 58, 59, 60, 64, 67, 68,  
71, 76, 193, 333.
- R410 – 67.
- R410A – 337.
- R500 – 61, 63, 66, 71, 193.
- R502 – 58, 60, 61, 63, 66, 67, 71,  
76, 193.
- R507 – 58, 59, 60, 63, 67, 71,  
76, 193.
- R600a – 59, 60, 64.
- R717 – 58, 59, 60, 64, 282, 341.
- R744 – 59, 60, 64.
- R764 – 59.
- Rad – 13, 14, 19, 20, 26, 28, 35,  
36, 37, 40, 52, 53, 55, 56, 57,  
58, 65, 67, 68, 69, 75, 76,  
77, 78, 81, 83, 84, 85, 86,  
89, 90, 91, 92, 93, 95, 98,  
99, 100, 101, 103, 104, 107,  
113, 114, 117, 122, 124,  
125, 126, 131, 132, 133,  
134, 135, 136, 137, 138,  
139, 140, 143, 145, 146,  
151, 152, 154, 155, 156,  
157, 159, 160, 161, 162,  
163, 164, 165, 166, 167,  
170, 171, 173, 174, 176,  
177, 181, 182, 183, 184,  
179, 119, 181, 115, 185,  
186, 189, 191, 192, 194,  
199, 201, 202, 203, 207,  
208, 210, 211, 212, 213,  
214, 215, 216, 217, 218,  
219, 220, 221, 222, 223,  
224, 225, 226, 227, 228,  
229, 230, 231, 232, 233,  
234, 235, 236, 237, 238,  
239, 240, 241, 242, 243,  
244, 245, 246, 257, 264,  
267, 268, 274, 276, 278,  
279, 281, 282, 283, 284,  
286, 287, 288, 301, 302,  
303, 309.
- Radilica – 86, 88, 89, 90.
- Rashladne komore – 40, 50, 63,  
71, 81, 113, 160, 175, 179,  
182, 195, 226, 227.
- Rashladni uređaj – 13, 14, 35,  
36, 39, 40, 54, 56, 57, 63, 66,  
70, 71, 72, 74, 76, 98, 106,  
151, 152, 158, 160, 179,  
191, 193, 195, 205, 224,  
275, 281, 288.
- Rašingovi prstenovi – 123, 124.
- Razdelnik tečnosti – 156, 157,  
158, 203.
- Razmenjivač toplote – 29, 55,  
57, 91, 105, 106, 122, 127,  
185, 186, 187, 188, 189,  
202, 205, 221, 251, 258,  
278, 279.
- Reciklaža – 72.
- Redovno održavanje – 226, 286.
- Regulacija vazдушnih konden-  
zatora – 102.

Regulacioni organ – 147, 152, 169, 200.  
Regulator pritiska – 89, 133, 142, 168, 292.  
Regulator pritiska kondenzacije – 56, 167, 168.  
Relativna vlažnost – 32, 33, 48, 52, 53.  
Reomir – 16.  
Rotacioni kompresor – 81, 82, 83.  
Rotor – 81, 82, 83, 90, 173.  
Rukovanje – 39, 62, 69, 73, 76, 78, 162, 205, 219, 229, 239, 285, 287, 288.  
Ručni regulacioni ventil – 145, 146, 152, 183, 186, 187, 188, 209, 210, 219, 233.

## S

Sabijanje – 36, 57, 81, 83, 84, 86, 87, 91, 93, 154, 158, 167, 173, 221, 222, 235, 241.  
Senzor – 55, 114, 155, 167, 171, 202, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314.  
Servisni manometar – 293.  
Servoventil – 168, 169, 170, 184, 186.  
Sigurnost – 58, 59, 64, 84, 122, 151, 195, 196, 203, 205, 281.  
Sila – 19, 20, 22, 23, 25, 26, 28, 81, 84, 85, 87, 88, 133, 153, 154, 155, 156, 166, 167, 200, 201, 217.  
Sintetičko ulje – 66, 71, 76, 191, 193.  
Skladište – 41, 47, 49, 79.  
Skrol kompresori – 83, 84.  
Skupljač tečnosti – 74, 76, 95, 103, 116, 117, 120, 121, 122, 126, 128, 131, 132, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 152, 168, 179, 186, 192, 205, 220, 226, 233, 234.

Smrzavanje – 15, 39, 49, 50, 51, 54, 106, 110, 113, 116, 166, 197, 202, 223, 236, 237, 262, 275, 285.  
Snaga – 20, 26, 38, 39, 40, 54, 57, 66, 92, 101, 103, 107, 116, 124, 132, 133, 173, 174, 196, 197, 215, 266, 268.  
Sobni termostat – 160, 161, 177, 178, 180.  
Specifična gustina – 21, 24, 148.  
Specifična težina – 20, 21, 62, 96, 102.  
Specifična toplota – 26, 27, 28, 57, 102.  
Specifična zapremina – 21, 222, 341, 342.  
Split sistem – 56.  
Suša – 55, 56, 69, 70, 72, 73, 78, 117, 125, 126, 127, 128, 129, 132, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 187, 188, 189, 199, 203, 208, 236, 237, 247, 250, 251, 252, 254, 255, 257, 275, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314.

## T

Tačka rose – 32, 33, 148.  
Tavanski isparivači – 112.  
Tehnološki proces – 39, 40, 61, 64, 109.  
Temelj – 182, 196, 197, 268, 278.  
Temperatura – 15, 16, 19, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 73, 75, 76, 77, 79, 85, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 124, 125, 126, 128, 129, 132, 133, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 151, 153, 154, 157, 158, 159, 160, 163, 165, 166, 167, 171, 172, 174, 176, 177, 178, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 195, 196, 197, 198, 199, 204, 206, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 236, 237, 238, 243, 244, 245, 246, 247, 249, 251, 253, 256, 259, 260, 264, 265, 266, 269, 270, 272, 273, 274, 276, 278, 279, 283, 286, 287, 299, 301, 302, 303, 309, 315, 316, 317, 341, 342.  
Temperatura smrzavanja – 57, 65, 163, 185, 187.  
Tečni udar – 83, 87, 91, 117, 122, 127, 131, 137, 191, 194.  
Tečni vod – 125, 128, 129, 131, 132, 139, 141, 146, 205, 214, 251, 252, 253, 254, 257, 258, 259, 275.  
Termometar – 18, 182, 216, 220, 222, 294, 296.  
Termostat – 55, 104, 114, 124, 154, 158, 159, 161, 165, 171, 174, 175, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 189, 198, 203, 204, 160, 204, 216, 217, 224, 225, 228, 237, 243, 244, 245, 246, 250, 262, 264, 265, 271, 272, 273, 274, 275, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314.  
Termostatski ekspanzioni ventil – 55, 56, 105, 117, 129, 146, 152, 154, 155, 156, 157, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 183, 186, 188, 201,



202, 203, 204, 208, 221,  
225, 226, 233, 234, 241,  
265, 267, 268, 269, 271.  
Termostatski regulator nivoa  
– 170, 171.  
Termostatski regulator tempe-  
rature – 166.  
Termostat za tečnost – 161,  
203.  
Težinski procenat – 63.  
Topli gas – 103, 115, 116, 117,  
142, 185.  
Toplota – 15, 26, 27, 28, 29, 30,  
33, 35, 36, 38, 54, 115, 116,  
236.  
Toplota isparavanja – 38, 57, 63,  
68, 341, 342.  
Toplotna energija – 26, 29.  
Toplotna pumpa – 55, 66, 68,  
83, 120, 121, 206.  
Transportna sredstva – 40, 71,  
74, 98, 173, 206.

## U

Ugljen-dioksid – 32, 60, 64, 68,  
288.  
Ukupan pritisak – 23.  
Univerzalni instrument – 296.  
Uređaj za analizu – 295.  
Uređaj za pražnjenje – 294.  
Usis – 74, 123, 129, 152, 176,  
205.  
Uisni cevovod – 74, 122, 128,  
131, 132, 133, 134, 135,  
136, 137, 142, 143, 156,  
168, 278.  
Usponski vod – 133, 134, 135,  
136, 137, 138, 142.

## V

Vaga – 70, 72, 295.

Vakuumiranje – 69, 126, 207,  
208, 209, 210, 211, 215,  
232, 234, 236, 240, 288.  
Vakuumska pumpa – 210, 211,  
294.  
Vat – 20.  
Vazdušni isparivači – 106, 107,  
108, 109, 111, 112, 113.  
Vazdušni kondenzator – 97,  
98, 100, 101, 102, 103, 141,  
162, 189, 195, 206, 248.  
Velike hladnjače – 64, 83, 182,  
184, 185.  
Ventilacija – 73, 172, 185, 195,  
196, 198, 230, 254, 283,  
284, 286.  
Ventilator – 30, 50, 53, 55, 90,  
97, 98, 99, 101, 103, 104,  
107, 114, 115, 140, 159,  
162, 171, 162, 180, 117,  
112, 180, 100, 173, 180,  
181, 188, 189, 196, 197,  
198, 208, 213, 219, 220,  
227, 230, 242, 264, 272,  
273, 275, 278, 303, 304,  
305, 306, 307, 308, 309,  
310, 311, 312, 313, 314.  
Ventil konstantnog pritiska  
– 163, 165, 166, 169, 170,  
181, 182, 185, 186, 187,  
188, 226, 235, 238, 239,  
244.  
Ventil sigurnosti – 79, 128, 138,  
139, 141, 146, 147, 205,  
209, 269.  
Ventilska ploča – 87, 88, 89, 90,  
146, 241, 253, 258.  
Ventil za vodu – 116, 140, 167,  
180, 183, 261.  
Veštačko hlađenje – 15.  
Vidno staklo – 56, 74, 86, 88,  
117, 122, 125, 126, 129,  
130, 141, 147, 176, 177,

178, 179, 180, 181, 192,  
197, 213, 214, 215, 220,  
227, 230, 231, 240, 265,  
266, 270, 271, 293, 303,  
304, 305, 306, 307, 308.  
Vijčani kompresor – 56, 61, 81,  
82, 83.  
Višestepeni kompresor – 93.  
Viskoznost – 57, 191.  
Vlažan vazduh – 32, 48, 52, 53,  
77, 78, 148.  
Voće – 39, 42, 48, 49, 50.

## Z

Zamrzavanje uranjanjem – 52.  
Zaptivača – 77, 78, 84, 85, 88,  
89, 90, 199, 208, 228, 242,  
260, 261.  
Zaptivenost – 64, 89, 207, 240,  
243, 263, 284.  
Zasićeno stanje – 31, 32, 52.  
Zaustavljanje – 23, 114, 161,  
162, 167, 171, 176, 178,  
216, 219, 224, 228, 234,  
241, 249, 250, 251, 254,  
255, 263, 270, 286.  
Zaustavni pritisak – 23, 24.  
Zaustavni ventil – 56, 74, 122,  
127, 132, 145, 146, 147,  
165, 169, 176, 177, 178,  
179, 180, 181, 183, 184,  
186, 187, 188, 192, 197,  
199, 208, 211, 222, 228,  
232, 233, 238, 245, 272,  
285.  
Zeotropna mešavina – 58,  
60, 63.  
Zidni hladnjaci – 54, 112.  
Zračenje – 20, 29, 30.

## Ž

Životna sredina – 13, 14, 35,  
62, 121.

