

Proračun sistema sa vodenim rastvorom etilen-glikola

Branislav Ercegović, dipl. inž.,
RO »Mašinoprojekt«,
11000 Beograd, Dobrinjska 8a

U radu se izlažu osnovne karakteristike vodenog rastvora etilen-glikola i vode, kao najčešće korišćenog sredstva za zaštitu od smrzavanja. Analiziran je uticaj karakteristika rastvora na izbor ekspanzionih sudova, proračun pada pritiska i izbor opreme. Prikazana je opšta metoda proračuna sistema koji rade sa tečnostima čije su karakteristike drukčije od onih koje ima voda i saopšteni su rezultati proračuna za rastvor etilen-glikola i vode.

Uvod

Uvek kada postoji mogućnost da se u sistemu jave temperature niže od $+4^{\circ}\text{C}$, vodi je potrebno dodavati sredstva za zaštitu od zamrzavanja, poznata pod komercijalnim nazivom »antifrizi«. Tipični sistemi u tehnici KGH u kojima se javljaju ovako niske temperature su:

- rekuperativni izmenjivači toplote za povratak »otpadne toplote« u sistemima provetranja;
- predgrejači za zaštitu od smrzavanja regenerativnih izmenjivača toplote;
- izmenjivači za ugradnju u zemlju pri primeni toplotnih pumpi;
- solarni kolektori i sl.

Najčešće sredstvo koje se koristi za zaštitu od smrzavanja je etilen-glikol.

Opšte karakteristike rastvora etilen-glikola i vode

Čisti etilen-glikol je bezbojna tečnost, bez mirisa, i potpuno se rastvara u vodi. Otrovan je i ne sme se koristiti u sistemima gde postoji opasnost da prode u vodu za piće.

Pri korišćenju vodenog rastvora etilen-glikola, najveći je problem korozije. Čisti etilen-glikol je u principu manje korozivan za metale od vode, ali vodenim rastvorom etilen-glikola izaziva znatno veću koroziju metala od čiste vode. To je zato

što je etilen-glikol organska materija koja se veže sa kiseonikom (oksidira), stvarajući kisele materije koje izazivaju koroziju. Intenzitet korozije zavisi od mnogih faktora, kao što su temperatura, količina vazduha u vodi, kombinaciji metalnih komponentata koje su izložene dejstvu korozije itd. Zbog toga se komercijalnom etilen-glikolu dodaju inhibitori (sredstva koja usporavaju hemijsku reakciju), za sprečavanje korozije metala. To je i osnovni razlog što vodenim rastvorom etilen-glikola ima ograničen vek trajanja. Tokom eksploatacije ovih sistema potrebno je u određenim vremenskim razmacima vršiti analizu rastvora i sadržaja inhibitora, prema uputstvima isporučioaca etilen-glikola, i po potrebi rastvor dopuniti ili zameniti.

Fizičke karakteristike rastvora date su na dijagramima od 1 do 4. Na osnovu minimalne temperature koja se može javiti u sistemu, iz dijagrama se bira potrebna koncentracija rastvora. U principu minimalna temperatura nije jednaka spoljnoj projektnoj temperaturi vazduha zimi, jer se SPT određuje uzimajući u obzir toplotnu akumulaciju zgrada i sl. i uvek je viša od minimalne temperature vazduha.

Izbor ekspanzionog suda

Da bi se pravilno izabrao ekspanzioni sud potrebno je tačno izračunati zapreminu širenja rastvora etilen-glikola i vode pri zagrevanju. Proračun zapremine širenja vrši se iz uslova da je masa u zatvorenom sistemu konstantna.

Zapremina rastvora pri najnižoj temperaturi je:

$$V_0 = \frac{m}{\rho_0} \quad (\text{m}^3) \quad (1)$$

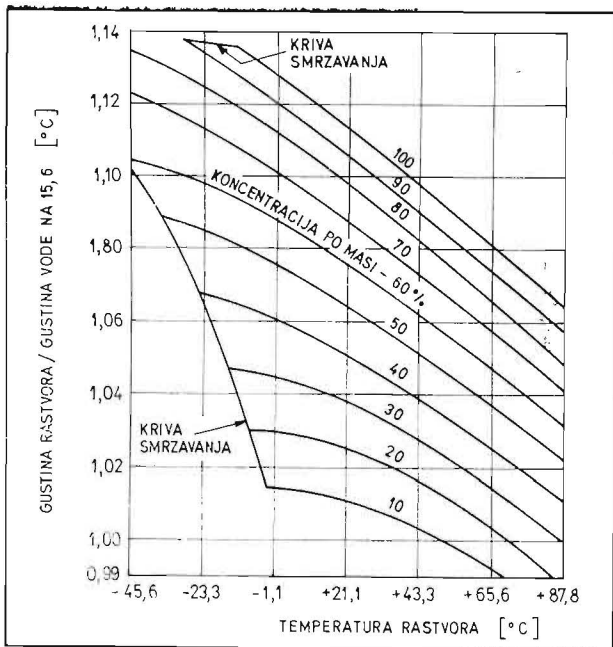
a pri maksimalnoj temperaturi:

$$V_1 = \frac{m}{\rho_1} \quad (\text{m}^3) \quad (2)$$

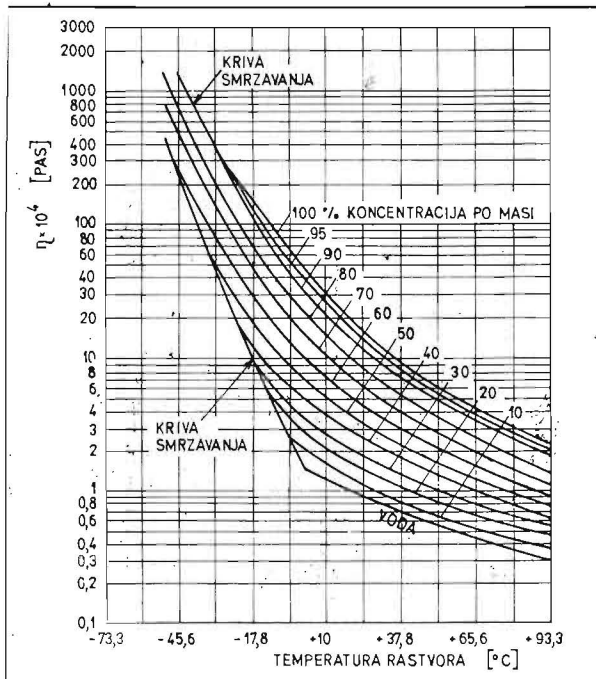
gde je:

- m — masa rastvora (kg),
- ρ_0 — gustina rastvora pri najnižoj temperaturi (kg/m^3),
- ρ_1 — gustina rastvora pri najvišoj temperaturi (kg/m^3).

Oduzimanjem jednačine (1) od jednačine (2), dobija se izraz za izračunavanje zapremine širenja:



Dijagram 1. Gustina rastvora etilen-glikola i vode. U pitanju je relativna gustina u odnosu na vodu pri 15,6°C



Dijagram 2. Dinamička viskoznost rastvora etilen-glikola

$$\Delta V = m \cdot \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_0} \right) \text{ m}^3 \quad (3)$$

odnosno posle zamenjivanja izraza za masu iz jednačine (1), $m = V_0 \cdot \rho_0$:

$$\Delta V = V_0 \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho_1} - 1 \right) \text{ m}^3 \quad (4)$$

Pri izračunavanju zapremine koju treba da primi ekspanzioni sud, zanemaruje se širenje izmenjivača toplote i cevovoda pri zagrevanju.

Iz izraza (3) vidi se da zapremina širenja zavisi od faktora:

$$K = \frac{\rho_0}{\rho_1} - 1 \quad (5)$$

Za običnu vodu, faktor K se izračunava prema gustini ρ_0 na 4°C, kada voda ima maksimalnu gustinu, a to je praktično i najniža temperatura pri kojoj smemo da koristimo običnu vodu u sistemu.

Rastvor etilen-glikola i vode nema maksimum gustine pre tačke smrzavanja. Gustina rastvora je funkcija koncentracije etilen-glikola i temperature. Pošto koncentraciju etilen-glikola određujemo u zavisnosti od minimalne temperature, to je, praktično, gustina smeše pri minimalnoj temperaturi funkcija samo minimalne temperature.

Na osnovu izraza (5) za faktor K, izračunate su vrednosti za razne temperature i koncentracije i prikazane u dijagramu broj 5.

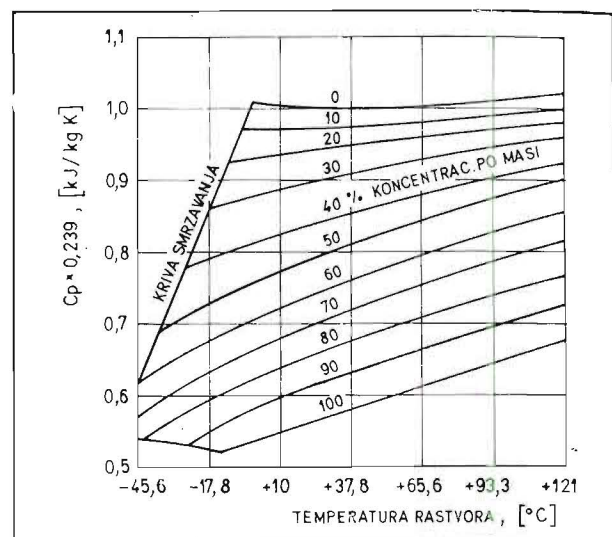
Sada se zapremina ekspanzivnog suda određuje iz poznatog izraza:

$$V = \frac{\Delta V \cdot P_{\max}}{P_{\max} - P_{st}} \quad (6)$$

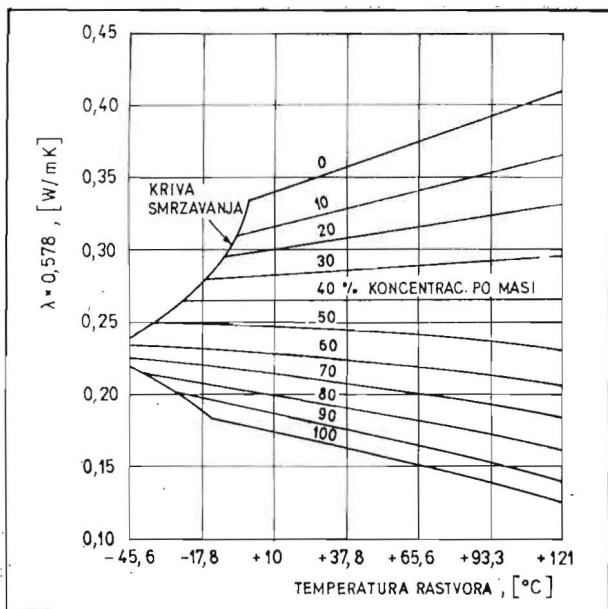
gde je:

- V — zapremina ekspanzionog suda,
- P_{\max} — maksimalni dozvoljeni pritisak (bar),
- P_{st} — statički pritisak (bar).

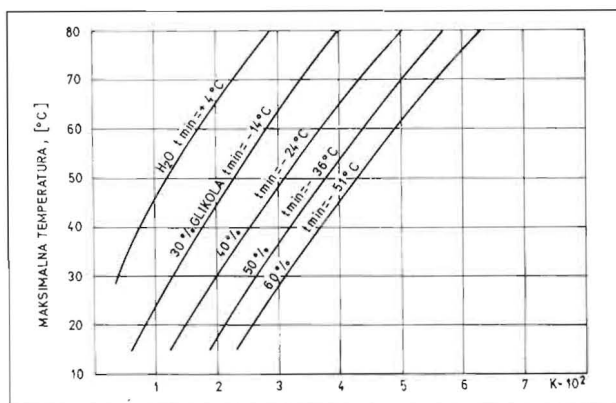
Kada smo izabrali ekspanzioni sud prve standardne veće zapremine, možemo da izračunamo pritisak do koga treba puniti sistem rastvorom prilikom montaže. Na slici 1. prikazani su položaji membrane i veličine stanja pri karakterističnim temperaturama u sistemu. Iz uslova da se



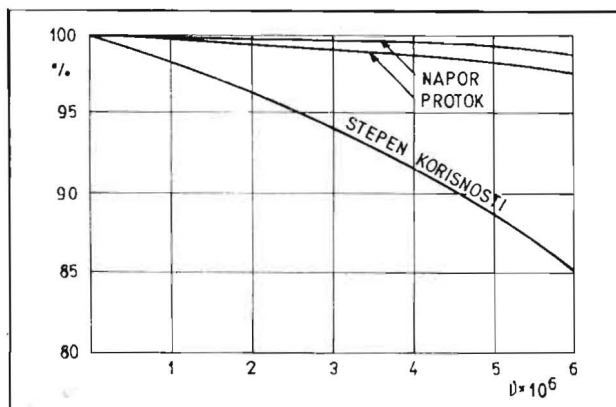
Dijagram 3. Specifična toplota rastvora etilen-glikola i vode



Dijagram 4. Koeficijent provođenja toplote rastvora etilen-glikola i vode



Dijagram 5.



Dijagram 6. Kvalitativna zavisnost napora, protoka i stepena korisnosti u zavisnosti od viskoznosti prema [3]

zanemaruje promena temperature gasa u ekspanzionom sudu, izračunava se pritisak punjenja iz jednačine:

$$P_{ts} \cdot V = P_{mon.} (V - \Delta V_{mon.})$$

$$P_{mon.} = P_{st} \cdot \frac{V}{V - \Delta V_{mon.}} \quad (7)$$

gde je:

$P_{mon.}$ — pritisak u sudu pri montaži (bar),
 $\Delta V_{mon.}$ — zapremina širenja od minimalne temperature do temperature montaže (m³).

Primer. U sistemu za predgrevanje vazduha nalazi se rastvor sa 40% glikola. Zapremina sistema je 500 (I), a radna temperatura 90/70 °C. $\Delta V = ?$, $t_{sr} = 80^\circ\text{C}$, $K = 0,05$, $\Delta V = 500 \cdot 0,05 = 25$ (1).

Proračun pada pritiska

Da bi se za proračun jediničnog pada pritiska pri strujanju rastvora etilen-glikola i vode mogle koristiti tabele za toplu vodu, potrebno je vrednosti jediničnog pada pritiska za vodu korigovati odgovarajućim faktorom. Ako posmatramo iste masene protoke rastvora i čiste vode kroz cev istog prečnika, odnosi brzina rastvora i vode biće:

$$w_s/w_v = \rho_v/\rho_s \quad (8)$$

Pri tome će jedinični padovi pritiska biti:

$$R_s = \lambda_s \cdot w_s^2 \cdot \rho_s / D \cdot 2 \quad (\text{Pa/m}) \quad (9)$$

$$R_v = \lambda_v \cdot w_v^2 \cdot \rho_v / D \cdot 2 \quad (\text{Pa/m}) \quad (10)$$

gde je:

λ_s — koeficijent trenja rastvora,
 λ_v — koeficijent trenja čiste vode,
 w_s — brzina strujanja glikola (m/s),
 w_v — brzina strujanja čiste vode (m/s),
 ρ_s — gustina rastvora (kg/m³),
 ρ_v — gustina čiste vode (kg/m³).

Koeficijenti trenja λ_s i λ_v biće određeni jednačinom:

$$\lambda = 0,11 (\epsilon/D + 68/R_e)^{0,25} \quad (11)$$

gde je ϵ — apsolutna hrapavost cevi, a R_e — Rejnoldsov broj.

Posle unošenja izraza za koeficijent trenja (11), u jednačine (9) i (10) i deljenja jednačine (9) jednačinom (10), posle skraćivanja se dobija odnos jediničnih padova pritiska:

$$R_s/R_v = \left(\frac{\epsilon + 68 \cdot v_s/w_s}{\epsilon + 68 \cdot v_v/w_v} \right)^{0,25} \cdot (w_s/w_v)^2 \cdot (\rho_s/\rho_v) \quad (12)$$

odnosno posle zamenjivanja izraza za brzinu rastvora iz jednačine (8),

(Nastavak sa 56. str.)

koznosti tečnosti. Iz dijagrama se vidi da se najviše menja stepen korisnosti pumpe zbog povećanih gubitaka energije u samoj pumpi. To za posledicu ima potrebnu veću snagu motora pumpe. Pošto se projektant ne bavi konstruisanjem pumpe, već njenim izborom, potrebno je konsultovati proizvođača pumpe za potrebne korekcije snage motora pumpe.

Zaključak

Na osnovu prethodne analize, vidi se da se davanjem etilen-glikola vodi ne snižava samo temperatura smrzavanja vode, već se i sve ostale fizičke karakteristike vode bitno menjaju. To ima za posledicu da proračuni rađeni sa fizičkim karakteristikama vode ne daju realne rezultate. Zbog toga se pri proračunu sistema sa vodenim rastvorom etilen-glikola nastali rastvor mora tretirati kao potpuno novi fluid.

LITERATURA

- [1] REKNAGEL/ŠPRENGER: *Grejanje i klimatizacija*, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.
- [2] *** ASHRAE *Handbook of Fundamentals Product Directory*, ASHRAE New York, 1972.
- [3] ASHRAE *Handbook Product Directory, Systems*, ASHRAE, New York, 1976.
- [4] *** Carrier, *Handbook of Air Conditioning Design*, 1987.

