

Zadaci za vježbu

Dimenzioniranje elemenata cjevovoda
Dijagnostika kvarova

1. Dimenzioniranje cj. balasta

- zadan je volumen najvećeg tanka balasta $V=1000 \text{ m}^3$
- rješenje: prema HRB $d_u=18(V)^{1/3} \text{ [mm]}$
- $d_u=18(V)^{1/3}=18(1000)^{1/3}=180 \text{ mm}$
- bez usvajanja (prvog većeg) standardnog promjera slijedi kapacitet pumpe balasta
- ista mora ostvarivati brzinu od barem 2 m/s te slijedi
- $V=A \cdot v=0,18^2 \cdot 2 \cdot \pi/4=0,05089 \text{ m}^3/\text{s} \approx 183,2 \text{ m}^3/\text{h}$

2. Koliko pare je potrebno?

- parni zagrijač teške nafte glavnog motora 'troši' suhozasićenu paru koja se potpuno kondenzira (ali ne pothladi)
- presostat generatora pare podešen je na 0,6 i 0,8 MPa (manometarskog tlaka)
- najveća potrošnja goriva je pri 10%-tnom preopterećenju gl. motora i iznosi 250 g/kWh uz opterećenje motora $P_{110\%} = 8800 \text{ kW}$
- predviđena je potrošnja goriva IF380 koje, s ciljem postizanja traženog kinematičkog viskoziteta **13-17 cSt**), treba zagrijavati i do 145°C

Usporedba dovedene i odvedene Q

- Ako se zanemare toplinski gubici u zagrijaču goriva (zbog dovoljno brzog procesa) toplina dovedena parom jednaka je toplini koju preuzme gorivo

- $Q_{\text{gor}} = m_{\text{gor}} \cdot \Delta t_{\text{gor}} \cdot c_{\text{gor}}$

- $Q_{\text{pare}} = m_{\text{pare}} \cdot \Delta h_{\text{pare}}$

- Treba odrediti: Δt_{gor} , m_{gor} , c_{gor} , Δh_{pare} , kako bi iz jednakosti slijedilo

$$m_{\text{pare}} = m_{\text{gor}} \cdot \Delta t_{\text{gor}} \cdot c_{\text{gor}} / \Delta h_{\text{pare}}$$

Definiranje proračunskih veličina

- u dnevnom tanku temperatura HFO iznosi od 60 do 70°C; uzima se gori slučaj pa slijedi
- $\Delta t_{\text{gor}} = 145 - 60 = 85^\circ\text{C}$
- $m_{\text{gor}} = P \cdot b_e = 8800 \cdot 250 = 2200000 \text{g/h} = 0,611 \text{kg/s}$
- $c_{\text{gor}} = 2 \text{ kJ/kgK}$
- Tlak pare kreće se u zadanom rasponu, a uzima se gori slučaj (niži), para u grijač ulazi kao suhozasićena, a izlazi kao vrela voda
- toplina isparivanja pare 7 bar: $\Delta h_{\text{pare}} = 2067 \text{ kJ/kg}$; 9 bar: $\Delta h_{\text{pare}} = 2031 \text{ kJ/kg}$

Maseni protok pare

- $m_{\text{pare1}} = 0,611 \cdot 85 \cdot 2 / 2067 = 0,05 \text{ kg/s} = 0,181 \text{ t/h}$
- $m_{\text{pare2}} = 0,611 \cdot 85 \cdot 2 / 2031 = 0,051 \text{ kg/s} = 0,184 \text{ t/h}$

3. Projekt pp cjevovoda s pjenom na palubi ULCC

- Na tankeru za prijevoz sirove nafte duljine teretne palube 230 m i širine 55 m, gdje su dimenzije horizontalnog presjeka najvećeg tanka $l=35$ m i $b=40$ m, s ugrađenim cjevovodom inertnog plina, treba dimenzionirati tank pjenila te kapacitet pumpi pjenila i vode.
- Prema SOLAS konvenciji količina vodene otopine pjenila mora zadovoljavati svaki od zahtjeva:
 - $0,6$ l/minm² ukupne teretne površine,
 - 6 l/minm² površine najvećeg tanka,
 - 3 l/minm² površine zaštićene topom najvećeg kapaciteta.

Mjerodavna količina

- 1. $Q_{\text{otop}} = 0,6 \cdot 230 \cdot 55 = 7590 \text{ l/min}$
- 2. $Q_{\text{otop}} = 6 \cdot 35 \cdot 40 = 8400 \text{ l/min}$
- 3. $Q_{\text{otop}} = 3 \cdot 37,5 \cdot 55 = 6187,5 \text{ l/min}$,
 $l = 0,75 \cdot 50 = 37,5 \text{ m}$
- mjerodavno: 8400 l/min vodene otopine pjenila

Rezerva pjenila i volumen tanka

- kada je brod zaštićen cjevovodom inertnog plina potrebna je rezerva za 20 minuta rada
- otopine su 3 – 6 %-tne
- $V_{\text{pjen}} = Q_{\text{otop}} \cdot \tau \cdot k = 8400 \cdot 20 \cdot 0,06 = 10080 \text{ l}$
- tank se nikada ne puni do vrha (100%) pa izračunati volumen pjenila treba stati u samo 95% volumena tanka
- $V_{\text{t-pjen}} = V_{\text{pjen}} / 0,95 = 10610,526 \text{ l}$

Usvojeno

- $V_{t-pjen} = 11000 \text{ l}$
- $V_{pjen} = 10450 \text{ l (95\%)}$

Kapacitet pumpi

- $Q_{p-pjen} = V_{pjen} / 20 = 10450 / 20 = 522,5 \text{ l/min}$ ili $31,35 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Q_{p-vode} = 0,94 \cdot Q_{p-pjen} / 0,06 = 493,5 \text{ m}^3/\text{h}$

4. Kavitacija pumpe (slučaj 1)

- Prema propisima klasifikacijskih društava moraju se ugraditi pokazivači tlaka na usisnoj i tlačnoj strani pumpi. Usisni manovakuumetar volumenske (samosisne) pumpe kaljužnog separatora zupčaste izvedbe pokazuje -0,3 bar. Proizvođač pumpe deklarira da je $NPSH_R = 6 \text{ mH}_2\text{O}$. Da li pumpa kavitira?
- Provjera odnosa $NPSH_R$ i $NPSH_A$

Usporedba $NPSH_A$ i $NPSH_R$

- apsolutni tlak na usisnom otvoru pumpe iznosi 0,7 bar
- $H_A = 0,7 \cdot 10^5 / 1000 \cdot 9,81 = 7,1356 \text{ mH}_2\text{O}$
- za vodu temperature 45°C tlak isparavanja iznosi 0,09584 bar
- $H_{VP} = 0,09584 \cdot 10^5 / 1000 \cdot 9,81 = 0,98 \text{ mH}_2\text{O}$
- $NPSH_A = 7,1356 - 0,98 = 6,1556 \text{ mH}_2\text{O}$
- $NPSH_A > NPSH_R$
- Pumpa ne kavitira!

5. Kavitacija pumpe (slučaj 2)

- izabrati pumpu kaljužnog separatora koja zadovoljava da je $NPSH_A > NPSH_R$
- $NPSH_A = H_A \pm H_Z - H_F - H_{VP}$, a visina stupca zbog brzine strujanja na usisnom otvoru je zanemarena
- apsolutni tlak zraka u strojarnici jest $\cong 1020$ hPa
- H_Z jest zbroj udaljenosti centra pumpe od razine najdonje podnice i udaljenosti dna sabirnog tanka kaljuže od razine najdonje podnice ($l_1 = 0,3$ m; $l_2 = 1,5$ m)
- usisni cjevovod sastoji se od grubog usisnog filtra, 10 m ravne cijevi promjera $d = 0,125$ m i jednog koljena

- tlak isparavanja vode za temperaturu 45°C, koliko je najviša temperatura zraka u strojarnici iznosi $p_{VP}=0.09584$ bar

- otpor u usisnom filtru max. 0,3 bar

- otpor u 10 m ravne cijevi dat je izrazom

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \rho \frac{v^2}{2} = 0,04725 \frac{10}{0,125} 1000 \frac{0,5^2}{2} = 472,5 Pa$$

- otpor u koljenu (najgori slučaj) $\zeta=0,27$ te iznosi

$$\Delta p = \zeta \cdot \rho \frac{v^2}{2} = 0,27 \cdot 1000 \frac{0,5^2}{2} = 33,75 Pa$$

- to je ukupno 30506,25 Pa

-
- $H_A = 1020 \cdot 10^2 / 1000 \cdot 9,81 = 10,4 \text{ mH}_2\text{O}$
 - $H_Z = -1,8 \text{ mH}_2\text{O}$
 - $H_F = 30506,25 / 1000 \cdot 9,81 = 3,11 \text{ mH}_2\text{O}$
 - $H_{VP} = 0,09584 \cdot 10^5 / 1000 \cdot 9,81 = 0,98 \text{ mH}_2\text{O}$
 - $NPSH_A = 10,4 - 1,8 - 3,11 - 0,98 = 4,51 \text{ mH}_2\text{O}$
 - odabrati pumpu za koju vrijedi $NPSH_R < 4,51 \text{ mH}_2\text{O}$

6. Kavitacija pumpe (slučaj 3)

- zbog bučnog rada, smanjenog kapaciteta te pregledom nakon rastavljanja ustanovljena je kavitacija na rotoru transfer pumpe goriva
- što se može učiniti kako bi se izbjegla?

$NPSH_A$ (H_A i H_Z)

- treba povećati $NPSH_A$ ili smanjiti $NPSH_R$
- skladišni tankovi goriva (i preljevni tank iz kojega ova pumpa također ima usis) imaju otvoreni sustav odušivanja tj. na razini tekućine u tanku vlada atmosferski tlak te je H_A nemoguće promijeniti (osim toga strukturni se tankovi ne smiju tlačiti)
- veličina H_Z ovisi o najnižoj visini tekućine u tanku te položaju centra pumpe i u ovom slučaju je negativna, jer se pumpa nalazi iznad najniže razine tekućine

H_Z

- teoretski, može se ostavljati više goriva u tankovima, ali to nije praktično iz više razloga (češći 'bunker', slobodne površine utječu na stabilitet, trim i valjanje broda)
- promijeniti (spustiti) temelj pumpe ako je to moguće i ako bi se time postigao značajniji pomak

H_F

- smanjiti otpore u usisnom cjevovodu
- promijeniti stare, zahrđale, hrapave cijevi
- povećati promjer cjevovoda (i smanjiti brzinu strujanja)
- zamijeniti lošu armaturu povoljnijom (npr. umjesto običnog ventila ugraditi zasun ili leptir ventil), koja ima manje otpore
- ako je moguće izbaciti nepotrebnu armaturu

H_{VP}

- raditi s nižim temperaturama fluida, jer se time smanjuje i tlak isparavanja
- nepovoljno je što se time ujedno povećava gustoća i kinematički viskozitet fluida, odnosno otpori strujanja pa treba utvrditi što je povoljnije

NPSH_R

- smanjiti NPSH_R može se promijeniti uz dogovor s proizvođačem
- ne radi se o preinakama na postojećoj pumpi već zamjeni postojeće s većom pumpom, koja radi s manjim brojem okretaja

7. Dijagnostika

- aktivirao se alarm visoke temperature NT vode, a zatim i visoke temperature ispirnog zraka, visoke (srednje) temperature ispušnih plinova te visoke temperature ulja za podmazivanje
- Očito, uzrok problema je cjevovod NT vode!!!
- Može li uzrok problema biti: kvar pumpe NT vode, zaprijan centralni rashladnik (sa strane slatke vode), manjak vode u cjevovodu?

-
- Ne može(!), jer bi se prije alarma visoke temperature NT vode, zbog pada tlaka u cjevovodu, startala stand-by pumpa, a ako bi tlak i dalje bio prenizak aktivirao bi se alarm niskog tlaka NT vode
 - Problem je u cjevovodu morske vode!
 - Općeniti uzroci: kvar pumpe ili elektromotora pumpe, začepljenje usisnog filtra ili usisne kutije, nizak tlak (okolnog) mora (npr. zbog plovidbe u plitkom moru), krivo podešen regulacijski ventil tlaka morske vode (prejako pritvoren), prljav centralni rashladnik slatke vode (kamenac), krivo podešen regulator temperature slatke vode ili kvar regulatora, zračni jastuk u cjevovodu

-
- svi navedeni uzroci osim regulacijskog ventila tlaka, greške u sustavu regulacije temperature i prijavog centralnog rashladnika dovest će do pada tlaka na tlačnoj strani pumpe mora i aktiviranja adekvatnog alarma
 - kako se to nije desilo, uzrok je jedan od tri navedena
 - prigušni ventil ima indikaciju položaja, a u krajnjem slučaju može se otvoriti do kraja
 - regulacija temperature može se prebaciti na ručno upravljanje
 - zaprijanje centralnog rashladnika može se provjeriti lokalnim termometrima morske vode

-
- ukoliko je rashladnik čist more se, zbog preuzete topline, zagrijeti za 10-tak stupnjeva (što je poznato)
 - ako je porast temperature smanjen razlog je u prijavom rashladniku
 - potvrda ovog zaključka može se izvršiti promjenom rashladnika pa ako se situacija popravi, uzrok problema je određen

8. PP cjevovod s prahom

- Dimenzionirati spremnik praha za sustav na palubi tankera za prijevoz ukapljenog plina sa šest prijenosnih mlaznica, kapaciteta 3,5 kg/s i jednim fiksnim topom, kapaciteta 45 kg/s
- Prema propisima rezerva praha određuje se za rad svih prijenosnih mlaznica i fiksnih topova maksimalnim kapacitetom u trajanju od 45 s
- Brodski spremnik praha smije se puniti maksimalno 95%

Volumen spremnika

- $Q_{\text{ukup}} = 6Q_{\text{prij}} + Q_{\text{top}}$
- $Q_{\text{ukup}} = 6 \cdot 3,5 + 45 = 66 \text{ kg/s}$
- $V_{\text{sprem}} = Q_{\text{ukup}} \cdot t / \rho_{\text{prah}} \cdot \varphi$
- nasipna gustoća praha kreće se u rasponu od 500 do 1200 kg/m³: odabrano 1000 kg/m³
- koeficijent slobodnog prostora spremnika: usvojeno 90% (0,9)
- $V_{\text{prah}} = 66 \cdot 45 / 1000 \cdot 0,9 = 3,3 \text{ m}^3$