



UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET
ZAVOD ZA MAŠINSKO INŽENJERSTVO
LABORATORIJA ZA HIDRAULIČKA I PNEUMATIČKA ISPITIVANJA
18000 Niš, ul. A. Medvedeva br. 14, tel/faks 018/588-199
tel. 018/ 500-739, 500-699, 500-701 - rukovodilac Zavoda
e-mail: zavod@masfak.ni.ac.rs

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU

Br. 612-22-16 / 2014

Naziv ispitivanja: Ispitivanje centrifugalne pumpe

Naziv proizvoda: Jednostepena centrifugalna pumpa
Tip pumpe: JCP 4"/3"-10", brzina obrtanja: $n=3000 \text{ min}^{-1}$.
Tip radnog kola: Poluotvoreno
Protok: $Q = (1,0 \div 2,5) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe: $H = (82 \div 55) \text{ m}$
Naziv proizvođača: "Boss Construction" – Stari Trstenik
Materijal: Polipropilen
Namena: Za transport vode, hemijski agresivnih fluida i vode sa primesama

Naručilac ispitivanja: "Boss Construction", d.o.o.
Stari Trstenik, 37242 Stopanja

Podaci o ispitivanju: Izvršeno ispitivanje i snimanje radne karakteristike $H(Q)$ pumpe prema standardu SRPS EN ISO 5198:2009.

Rezultati ispitivanja: Radne karakteristike pumpe $H-Q$ date su za brzinu obrtanja $n=3000 \text{ min}^{-1}$. Pumpa ima stabilanu radnu karakteristiku u celom opsegu rada.

Rezultati ispitivanja se odnose samo na ispitane uzorke. Ovaj izveštaj o ispitivanju se sme umnožavati isključivo u celini.

Niš, 24.02.2014. god.

Rukovodilac
ispitivanja

Z. Spasić

dr Živan Spasić, docent

Rukovodilac
Zavoda za mašinsko inženjerstvo

Prof. dr Dragan Milčić

Na osnovu zahteva za ispitivanje centrifugalne pumpe Zavodu Mašinskog fakultetu iz Niša od strane preduzeća "Boss Konstruktion" iz Trstenika, izvršeno je ispitivanje centrifugalne pumpe. Ispitivanja je izvršio dr Živan Spasić, docent. Na osnovu ispitivanja koja su obavljena dana 20.02.2014. godine u prostorijama naručioca ispitivanja u Trsteniku, daje se sledeći:

Izveštaj o ispitivanju br. 612-22-16/2014

1. Predmet ispitivanja

Predmet ispitivanja je jednostepena centrifugalna pumpa sa poluotvorenim kolom, tip pumpe **JCP 4"/3"-10"** (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, 4"-prečnik usisne priрубnice, 3"-prečnik potisne priрубnice, 10"- prečnik radnog kola). Materijal radnog kola i kućišta je polipropilen.



Slika 1. Izgled pumpe

2. Namena proizvoda

Pumpe su namenjene za transport tečnosti i to: čiste vode, vode sa primesama i za transport hemijski agresivnih tečnosti.

3. Postupak ispitivanja

Ispitivanje je izvršeno prema standardu za ispitivanje centrifugalnih pumpi SRPS EN ISO 5198:2009. Izvršeno je funkcionalno ispitivanje i snimanje $H(Q)$ karakteristike centrifugalne pumpe tipa **JCP 4"/3"-10"** za brzinu obrtanja (broj obrtaja) $n=3000 \text{ min}^{-1}$ i $n=1500 \text{ min}^{-1}$.

Ispitivanja su sprovedena na standardnom ispitnom štandu (Slika 1.) u proizvodnom pogonu naručioca ispitivanja u Trsteniku. Kao pogonski motor korišćen je motor SUS, proizvođača "DEUTZ" snage 66 kW (90 KS).

Pumpni agregat se postavlja u horizontalni radni položaj i priključuje se na usisni cevovod nazivnog prečnika DN100 mm, i potisni cevovod nazivnog prečnika DN75 mm, koji se zatim redukuje na DN100 na kome se postavlja elektromagnetni merač protoka.

Ispitivanje pumpe se izvodi sa dotokom, u otvorenom sistemu, sa čistom vodom temperature $t=18^{\circ}\text{C}$. Protok se reguliše prigušnim ventilom koji je postavljen na kraju potisnog dela cevovoda (Slika.1). Merenje protoka i napora vrši se posle stabilisanja rada pumpe u podešenoj tački. Osim određivanja radnih osobina pumpe u ustaljenim režimima, ispitivanje se izvodi i radi provere dinamičkog ponašanja pumpe u prelaznim režimima.



Slika 1. Ispitni štand

4. Metode merenja i preračunavanja

4.1. Merenje protoka

Merenje protoka vrši se elektromagnetnim meračem protoka "KROHNE" DN100 ser. br. A07-56502 koji je postavljen na potisnom delu cevovoda, nazivnog prečnika DN100 mm.

Karakteristike elektromagnetnog merača protoka su:

- tip: OPTIFLUX 2000F
- maksimalni pritisak: 16 bar
- opseg merenja: $(15 \div 400) \text{ m}^3/\text{h}$
- max. greška: 0,5 %

2.2. Određivanje jediničnog rada pumpe - napor pumpe

Jedinični rad pumpe određuje se kao razlika strujnih energija iza i ispred pumpe svedena na jedinicu mase radnog fluida.

$$Y = \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g\Delta z \quad [\text{J/kg}], \quad (1)$$

gde su:

- p_2 [Pa]- apsolutni pritisak na izlazu iz pumpe,
- p_1 [Pa] - apsolutni pritisak na ulazu u pumpu,
- c_2 [m/s] – brzina radnog fluida na izlazu iz pumpe,
- c_1 [m/s] – brzina radnog fluida na ulazu u pumpu,
- Δz [m] – visinska razlika između mernih preseka na ulazu i izlazu iz pumpe.

Ako se u prethodni izraz uvedu sledeće smene:

$$p_1 = p_a - p_V \quad \text{ili} \quad p_1 = p_a + p_{M1} \quad \text{i} \quad p_2 = p_a + p_{M2}$$

gde su:

- p_V ili p_{M1} [Pa] - pokazivanje manovakuummetra na usisnom delu cevovoda,
- p_{M2} [Pa] - pokazivanje manometra na potisnom delu cevovoda i
- p_a [Pa] - atmosferski pritisak.

Brzine strujanja fluida u mernim presecima ispred i iza pumpe određuju se iz izmerenog protoka:

$$c_1 = \frac{4 \cdot Q}{D_1^2 \cdot \pi} \quad \text{i} \quad c_2 = \frac{4 \cdot Q}{D_2^2 \cdot \pi}$$

gde su D_1 [m] i D_2 [m] prečnici usisnog i potisnog dela cevovoda, onda prethodni izraz za jedinični rad pumpe dobija sledeći oblik:

$$Y = \frac{p_{M2} - p_{M1}}{\rho} + \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2} \left(\frac{1}{D_2^4} - \frac{1}{D_1^4} \right) + g \Delta z_1 \quad [\text{J/kg}],$$

gde je Δz_1 visinska razlika između merila pritiska na ulazu i izlazu iz pumpe. U ovom slučaju visinska razlika između manovakuummetra i manometra je iznosila $\Delta z_1 = 900$ mm.

Napor pumpe određuje se pomoću izraza:

$$H = \frac{Y}{g} \quad [\text{m}].$$

Korisna-hidraulična snaga pumpe. Na osnovu izmerenog protoka i izračunatog napora pumpe može se sračunati korisna-hidraulična snaga pumpe:

$$P_H = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot H}{1000} \quad [\text{kW}],$$

gde je:

- ρ [kg/m³]- gustina vazduha,
- g [m/s²] - ubrzanje sile zemljine teže.
- Q [m³/s] - zapreminski protok,
- H [m] - napor pumpe.

4.3. Merenje snage

Tokom ispitivanja nije merena snaga pumpe, odnosno snaga pogonskog motora, i nije određivan stepen korisnosti pumpe.

4.4. Merenje brzine obrtanja

Tokom ispitivanja pumpe vršeno je merenje brzine obrtanja (broj obrtaja) pumpe. Merenje brzine obrtanja vršeno je digitalnim tahometrom pri svakom režimu rada pumpe, posle ustaljivanja režima rada. Radne karakteristike su primenom teorije sličnosti preračunavane za konstantan broj obrtaja.

4.5. Preračunavanje karakteristika

Radne karakteristike pumpe mogu da se preračunaju za novi konstantan broj obrtaja pumpe n' , primenom teorije sličnosti, pomoću sledećih izraza:

Protok :

$$Q' = Q \frac{n'}{n};$$

Napor:

$$H' = H \left(\frac{n'}{n} \right)^2;$$

Snaga:

$$P' = P \left(\frac{n'}{n} \right)^3;$$

Stepen korisnosti:

$$\eta' = \eta$$

MF Niš Laboratorija za HIP		IZVEŠTAJ O HIDRAULIČKOM ISPITIVANJU PUMPE							Ispitni list br. 03 / 2014		
		NARUČILAC: "BOSS CONSTRUCTION" -Trstenik									
PUMPA	TIP : JCP 4"/3"-10"			Materijal :							
	Usis: Du = 4"			Kola : polipropilen							
	Potis: Dp = 3"			Kućišta : polipropilen							
	Prečnik kola: D ₂ = 10"			Vratila : Č 4570							
	Širina kola b ₂ = 18 (mm)			Način zaptivanja : mehanički							
GARANTOVANE KARAKTERISTIKE PUMPE	Protok : Q = .../.....(l/s)			Stepen korisnosti η = .../..... (%)							
	Napor : H = .../..... m)			Kavitacijska rezerva NPSH= .../..... (m)							
	Br. obrtaja n = .../.....(min ⁻¹)			Pogonska snaga P = .../..... (kW)							
MOTOR	Proizvođač: DEUTZ			Faktor snage cos φ = .../.....							
	Tip motora: SUS -dizel			Frekvencija f = .../.....(Hz)							
	Broj motora: -----			Napon: U= .../.....(V)							
	Broj obrtaja promenljiv (min ⁻¹)			Struja : I = .../.....(A)							
	Stepen korisnosti η = .../.....(%)			Broj faza :/.....							
	Snaga: P= 66 (kW)			Vrsta zaštite :/.....							
RADNI FLUID: VODA	Temperatura: t = 18 (°C)			Kinematska viskoznost ν = .../.....(m ² /s)							
	Gustina: ρ = 1000 (kg/m ³)			Stepen kiselosti pH= .../.....							
USLOVI ISPITIVANJA		Temperatura okoline t = 20 (°C)			Atmosferski pritisak p ₀ = 980 (mbar)						
Rezultati merenja		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Broj obrtaja n (min ⁻¹)		2250	2220	2220	2220	2230	2220	2220			
P R O T O K	Pad pritiska u blendi	dp(mmHg)	-	-	-	-	-	-	-		
	Koeficijent blende	k	-	-	-	-	-	-	-		
	Protok	Q (m ³ /min)	0,00	0,73	1,08	1,53	1,79	2,11	2,30		
Q (m ³ /h)		0,0	43,6	65,0	92,0	107,5	126,5	138,0			
N A P O R	Pritisak na ulazu	P _{M1} (bar)	0,15	0,11	0,09	0,05	0,02	-0,04	-0,04		
	Pritisak na izlazu	P _{M2} (bar)	5,20	4,45	4,00	3,40	2,90	2,00	1,30		
	Brzina na ulazu	C ₁ (m/s)	0,00	1,54	2,30	3,26	3,80	4,48	4,88		
	Brzina na izlazu	C ₂ (m/s)	0,00	2,74	4,09	5,79	6,76	7,96	8,68		
	Razlika mer. pozicija	Δz ₁ (m)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
	Razlika kinet.energ.	ΔEk(m)	0,00	0,26	0,58	1,17	1,59	2,21	2,63		
Napor	H (m)	52,38	45,4	41,34	36,22	31,85	23,90	16,98			
S N A G A	Ulazna snaga pumpe	P _{UM} (kW)	-	-	-	-	-	-	-		
	Korisna snaga pumpe	P _H (kW)	-	-	-	-	-	-	-		
	Stepen korisnosti pumpe	η (%)	-	-	-	-	-	-	-		
Karakteristike za brzinu obrtanja n= 1500 min⁻¹											
Vrednosti koje se odnose za n=1500 min ⁻¹	Protok	Q (m ³ /min)	0,00	0,49	0,73	1,04	1,21	1,42	1,55		
	Napor	H(m)	23,3	20,7	18,9	16,5	14,4	10,9	7,8		
	Korisna snaga	P _H (kW)	0,00	1,66	2,26	2,80	2,84	2,54	1,97		
	Stepen korisnosti	η (%)	-	-	-	-	-	-	-		
Karakteristike za brzinu obrtanja n= 3000 min⁻¹											
Vrednosti koje se odnose za n=3000 min ⁻¹	Protok	Q (m ³ /min)	0,00	0,98	1,46	2,07	2,41	2,85	3,11		
	Napor	H(m)	93,1	82,9	75,5	66,1	57,6	43,6	31,0		
	Korisna snaga	P _H (kW)	0,00	13,31	18,07	22,41	22,72	20,33	15,76		
	Stepen korisnosti	η(%)	-	-	-	-	-	-	-		
DATUM: 20.02.2014.	Mesto ispitivanja: Trstenik					Rukovodilac ispitivanja: Živan Spasić					

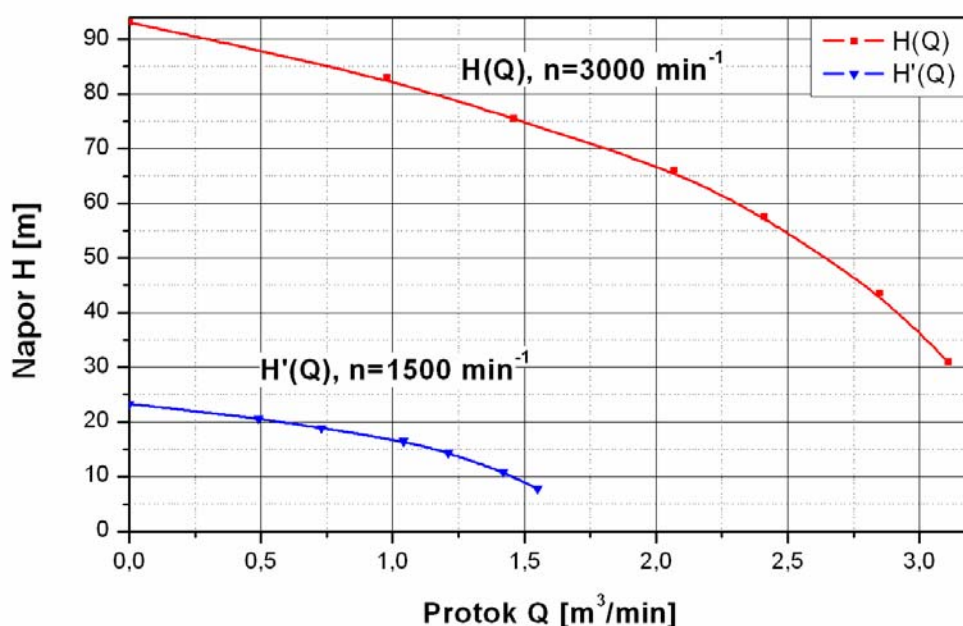
KARAKTERISTIKA PUMPE: H(Q)

Tip pumpe: **JCP 4"/3"-10"**

Tip kola: poluotvoreno

Brzina obrtanja: $n=3000 \text{ min}^{-1}$ i $n=1500 \text{ min}^{-1}$.

Radni fluid: voda ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$)



Preporučena radna oblast pumpe:

$n=3000 \text{ min}^{-1}$

Protok pumpe:	$Q = (1,0 \div 2,5) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H = (82 \div 55) \text{ m}$

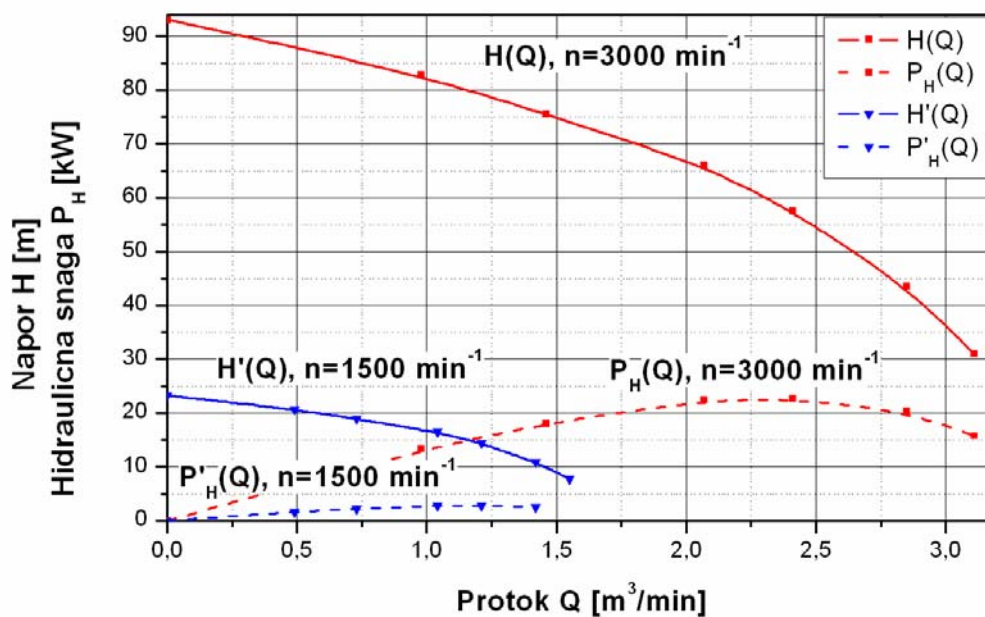
$n=1500 \text{ min}^{-1}$

Protok pumpe:	$Q' = (0,5 \div 1,25) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H' = (21 \div 13) \text{ m}$

Označavanje pumpe: **JCP 4"/3"-10"** (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, 4"-prečnik usisne priрубnice, 3"-prečnik potisne priрубnice, 10"- prečnik radnog kola).

KARAKTERISTIKE PUMPE: H(Q) i P_H(Q)Tip pumpe: **JCP 4"/3"-10"**

Tip kola: poluotvoreno

Brzina obrtanja: **n=3000 min⁻¹** i **n=1500 min⁻¹**.Radni fluid: voda ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$)**Preporučena radna oblast pumpe:****n=3000 min⁻¹**

Protok pumpe:	Q= (1,0 ÷ 2,5) m ³ /min
Napor pumpe:	H= (82 ÷ 55) m

n=1500 min⁻¹

Protok pumpe:	Q'= (0,5÷1,25) m ³ /min
Napor pumpe:	H'= (21÷13) m

Korisna-hidraulična snaga pumpe: $P_H = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot H}{1000}$ [kW],

Označavanje pumpe: **JCP 4"/3"-10"** (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, **4"**-prečnik usisne priрубnice, **3"** -prečnik potisne priрубnice, **10"**- prečnik radnog kola).

5. Merni instrumenti

5.1. Protok

Instrument	Tip	Doz. greška	Opseg merenja	Proizvođač
Merač protoka	Elektromagnetni	$\pm 0,5\%$	$(15 \div 400) \text{ m}^3/\text{h}$	KROHNE

5.2 Pritisak

Instrument	Tip	Klasa tačnosti	Opseg merenja	Proizvođač
Manometar	mehanički	1,0	$(0 \div 10) \text{ bar}$	WIKA
Manovakuummetar	mehanički	1,0	$(-1 \div 1,5) \text{ bar}$	WIKA

5.3. Brzina obrtanja

Instrument	Tip	Greška	Opseg merenja	Proizvođač
Tahometar	digitalni	$\pm 0,04\% \pm 2$	$(1000-10000) \text{ min}^{-1}$	Echtech

6. Rezultati ispitivanja i mišljenje

Na osnovu izvršenih ispitivanja jednostepene centrifugalne pumpe **JCP 4"/3"-10"** i izvršenih merenja i obrade izmerenih rezultata daje se dijagram karakteristike pumpe $H(Q)$, za broj obrtaja pumpe $n=3000 \text{ min}^{-1}$ i $n=1500 \text{ min}^{-1}$ i garantovane karakteristike napora i protoka:

za $n=3000 \text{ min}^{-1}$: $Q = (1,0 \div 2,5) \text{ m}^3/\text{min}$, $H = (82 \div 55) \text{ m}$.

Pumpa ima stabilanu radnu karakteristiku, stabilan rad u celom opsegu rada i bezbedna je za rad.

U Nišu, 24.02.2014.

Rukovodilac ispitivanja:

dr Živan Spasić, dipl.maš. inž.