

UNIVERZITET U NIŠU			
MAŠINSKI FAKULTET			
Datum: 21.05.2009.			
Član. Ica.	Broj	Prilog	Priloga
73-612-323-1/09			

UNIVERZITET U NIŠU  
MAŠINSKI FAKULTET

## NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU MAŠINSKOG FAKULTETA U NIŠU

PREDMET: *Izveštaj komisije za pregled, ocenu i odbranu magistarskog rada kandidata Ane Đokić, dipl.maš.inž.*

Odlukom Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta u Nišu br. 612-368-4/2009 od 24.04.2009. god. imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu magistarskog rada kandidata Ane Đokić, dipl.maš.inž. Nakon pregleda magistarskog rada pod nazivom „*Analiza nestacionarnih režima rada vodovodnih sistema usled pojave hidrauličnog udara*“ komisija u sastavu: prof.dr Zoran Boričić, prof.dr Milun Babić i prof.dr Dragica Milenković podnosi sledeći

### IZVEŠTAJ

Magistarski rad kandidata Ane Đokić napisan na 133 strane teksta formata A4, sadrži spisak literature od 33 naslova i prilog od 7 crteža sa podužnim profilima cevovoda izabраних pumpnih stanica. U radu je dato 135 slika i 4 tabele. Na početku je dat rezime rada na srpskom jeziku, pregled korišćenih oznaka i sadržaj rada. Priloženi magistarski rad, koji se odnosi na pojam hidrauličnog udara, sadrži 9 celina (poglavlja), pri čemu je sedmi deo *Zaključak*, osmi *Literatura* a u devetom pod nazivom *Prilog* dati su odgovarajući crteži.

U uvodu rada je istaknut značaj razmatrane teme i definisani su osnovni ciljevi i pravci istraživanja.

Fenomenu hidrauličnog udara, sa posebnim naglaskom na porast pritiska pri hidrauličnom udaru, fizičkoj strani pojave hidrauličnog udara, brzini prostiranja poremećajnih talasa u elastičnim cevima i zaštiti cevovoda od hidrauličnog udara posvećeno je prvo poglavlje rada.

Drugi deo rada obuhvata proračun hidrauličnog udara u kome je detaljno opisana najčešće korišćena metoda numeričkog rešavanja danas – *Metoda karakteristika*. Date su karakteristične jednačine i specijalni neophodni granični uslovi za različite ugrađene hidraulične elemente. Posebna pažnja posvećena je hidrauličnom udaru prouzrokovanom nestacionarnim radom centrifugalnih pumpi. Uključene pumpe predstavljene su svojim karakteristikama u Marchalovom obliku kao najboljem mogućem za numerička sračunavanja. Takođe je velika pažnja posvećena graničnim uslovima za slučaj otkaza pumpe u paralelnoj i rednoj vezi. Na kraju je opisana procedura starta pumpe.

U trećem poglavlju su dati modeli za analizu i zaštitu od hidrauličnog udara i to:

- matematički model pumpnog hidropostrojenja sa hidroforskim rezervoarom
- model u okviru koga je uključen regulator pritiska.

Na kraju trećeg poglavlja dat je opis korišćenog programa *ATT-Impulse*, kao i metodologija za rešavanje stacionarnih strujanja za razgranatu mrežu. Poznato je da se *ATT-Impulse* (softverski paket) može primenjivati za modeliranje velikog broja strujanja nestišljivog fluida.

Četvrto poglavlje posvećeno je proračunu stacionarnih režima rada pumpnih stanica *Velika brana* i *Surduk* u blizini Užica. Da bi se sprovela odgovarajuća simulacija transporta vode u pomenutim pumpnim stanicama na početku su dati osnovni podaci o cevovodu i neophodnim visinskim kotama. Usvojeni su i odgovarajući tipovi pumpi sa svojim karakteristikama, a nakon toga je izvršena simulacija i dobijeni odgovarajući rezultati, od kojih treba neke pomenuti: krive otpora; karakteristike napora ( $F_h$ ) i momenta ( $F_\beta$ ) u funkciji relativnog napora, relativnog protoka, relativnog broja obrtaja i relativnog momenta u sva 4 kvadranta (pumpni rad, rasipanje energije, turbinski rad i turbinsko rasipanje energije) za pumpe određene brzine obrtanja; pjezometarske linije sistema i dr.

Proračun nestacionarnih režima rada usled pojave hidrauličnog udara za odgovarajuće pumpne stanice dat je u petom poglavlju. Rezultati proračuna i simulacije transporta vode kroz pumpnu stanicu *Velika brana* izvršeni su za šest različitih situacija.

**Proračun N<sup>0</sup>5.1.0** Bez zaštitne opreme. Nije dozvoljeno povratno strujanje i obrtanje radnog kola pumpe u suprotnom smeru. Inercija pumpe i motora se ne uzimaju u obzir.

**Proračun N<sup>0</sup>5.1.1** Bez zaštitne opreme, klapna blokirana u otvorenom položaju.

**Proračun N<sup>0</sup>5.1.2** Bez zaštitne opreme, klapna zatvara.

**Proračun N<sup>0</sup>5.1.3** Na potisu pumpne stanice postavljena hidroforska posuda.  $V_{\text{gas}}=0.5\text{m}^3$

**Proračun N<sup>0</sup>5.1.4** Na usisnom cevovodu pumpne stanice postavljena hidroforska posuda  $V_{\text{gas}}=0.5\text{m}^3$ . Na potisu pumpne stanice postavljena hidroforska posuda  $V_{\text{gas}}=0.5\text{m}^3$ . Vreme zatvaranja ventila:4s.

**Proračun N<sup>0</sup>5.1.5** Na usisnom cevovodu pumpne stanice postavljena hidroforska posuda,  $V_{\text{gas}}=0,5\text{m}^3$ , a na potisu hidroforska posuda  $V_{\text{gas}}=0,5\text{m}^3$ . Vreme zatvaranja ventila:1.5s.

Na osnovu dobijenih rezultata određeni su : promena protoka u vremenu; promena totalnog pritiska sa vremenom; energijska linija; dijagrami na kojima su prikazane anvelope max i min pritiska u odnosu na trasu cevovoda; dijagrami na kojima su prikazani max i min pritisci duž trase i na kraju raspodele pritiska, protoka i zapremine u hidroforskoj posudi u vremenu. Svi rezultati su prikazani pomoću dijagrama na osnovu kojih je moguće najbolje vršiti analizu. Rezultati simulacije transporta vode kroz pumpnu stanicu *Surduk* pri nestacionarnom strujanju prikazani su za 5 različitih situacija:

**Proračun N<sup>0</sup>5.2.0** Bez zaštitne opreme. Nije dozvoljeno povratno strujanje i obrtanje radnog kola pumpe u suprotnom smeru. Inercija pumpe i motora se ne uzimaju u obzir.

**Proračun N<sup>0</sup>5.2.1** Bez zaštitne opreme, klapna blokirana u otvorenom položaju.

**Proračun N<sup>0</sup>5.2.2** Bez zaštitne opreme, klapna zatvara.

**Proračun N<sup>0</sup>5.2.3** Na potisu pumpne stanice postavljena hidroforska posuda.  $V_{\text{gas}}=0.5\text{m}^3$ . Vreme zatvaranja ventila:5s.

**Proračun N<sup>0</sup>5.2.4** Na potisu pumpne stanice postavljena hidroforska posuda.  $V_{\text{gas}}=0.5\text{m}^3$ . Vreme zatvaranja ventila:2s.

Dobijene su tražene zavisnosti kao i kod pumpne stanice *Velika brana* i ti rezultati su takođe propraćeni odgovarajućim dijagramima. Na kraju te glave izvršeno je poređenje dobijenih rezultata za pumpnu stanicu *Velika brana* sa rezultatima drugih autora koji su učestvovali u proveru hidrauličnog udara pri projektovanju tih vodovoda.

Uočeno je da su karakteri dijagrama u potpunosti isti, a da se apsolutne vrednosti razlikuju od 1 do 10% kao posledica sprovedene numeričke procedure i usvojenih graničnih uslova.

Šesto poglavlje obuhvata analizu dobijenih rezultata.

Izvršeni proračuni su pokazali da je sistem pumpne stanice *Velika brana* ugrožen od pojave hidrauličnog udara zbog ispada pumpi iz rada (proračuni 5.1.0, 5.1.1 i 5.1.2). Po ispadanju pumpne stanice, ukoliko nije predviđena zaštitna oprema., na potisnom cevovodu pojavljuje se potpritisak koji može dovesti do raskida stuba tečnosti i naknadne pojave hidrauličnog udara. Da bi se sprečila pojava potpritiska na potisnoj instalaciji predviđena je ugradnja hidroforskog rezervoara, čime je zaštićena potisna instalacija. Zapremina jedne hidroforske posude je  $2\text{m}^3$ , a u nominalnom radnom režimu se održava zapremina vazduha od  $0.5\text{m}^3$  gasa (proračuni 5.1.4 i 5.1.5).

Pumpna stanica *Surduk* je takođe proračunata i izvršena odgovarajuća simulacija i konstatovano je da i kod nje na potisnom delu cevovoda treba ugraditi hidroforski rezervoar zapremine  $1\text{m}^3$ . Ugradnjom hidroforskih rezervoara na usisu i potisu pumpne stanice *Velika brana*, odnosno na potisu pumpne stanice *Surduk*, znatno se smanjuje vrednost potpritiska koji se javlja u cevovodu, što ukazuje da se ugradnjom zaštitne opreme poboljšava rad hidropostrojenja sa pumpama.

U *zaključku* kandidat na sistematičan način daje ukupnu rekapitulaciju rezultata istraživanja, izvlači odgovarajuće zaključke, ističe praktičnu primenu razvijenih simulacionih modela i ukazuje na moguće pravce istraživanja u ovoj oblasti

### *Zaključak i predlog*

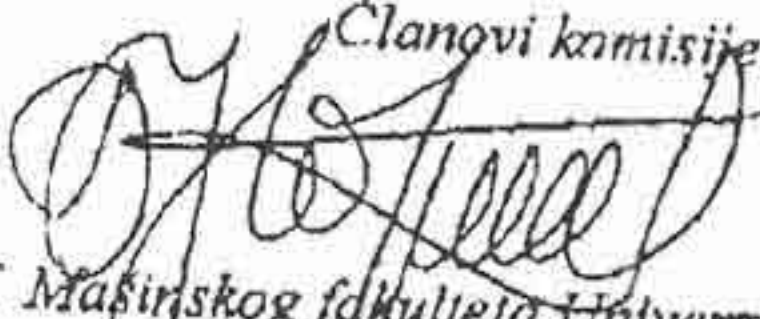
Na osnovu detaljnog pregleda priloženog magistarskog rada, analize sprovedenih istraživanja i dobijenih rezultata, članovi Komisije konstatuju sledeće:

- podneti rad odgovara prihvaćenoj temi od strane Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,
- kandidat je u potpunosti odgovorio postavljenim ciljevima definisanim u prijavi rada,
- metodologija izlaganja problema pokazuje da kandidat vlada potrebnim teorijskim znanjima iz oblasti mehanike fluida, modeliranja i simulacije strujanja nestišljivog fluida za stacionarne i nestacionarne režime rada,
- kandidat je ispoljio sposobnost da izvrši sintezu teorijskih i praktičnih znanja iz oblasti mehanike fluida, matematike i hidraulike, što je omogućilo kvalitetnu izradu ovog rada,
- magistarki rad predstavlja doprinos problematici nestacionarnih strujanja nestišljivog fluida pri pojavi hidrauličnog udara,
- prikazani rezultati u magistarskom radu pored teorijskog značaja imaju i praktičnu primenu u inženjerskoj praksi pri proračunu i izboru zaštitne opreme za odgovarajuće vodovodne sisteme,
- priloženi magistarski rad, u potpunosti zadovoljava odredbe Zakona o univerzitetu, jer predstavlja samostalni rad kandidata u teorijskom i praktičnom proučavanju nestacionarnih problema (hidrauličnog udara) mehanike fluida.

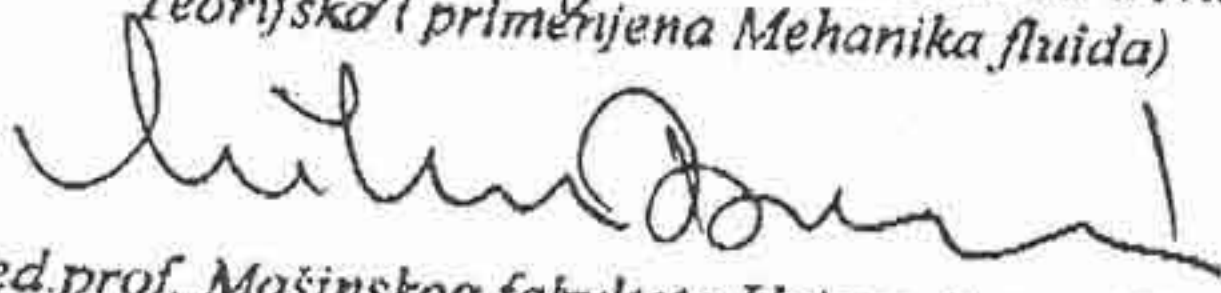
Na osnovu izloženog članovi Komisije za pregled, ocenu i odbranu magistarskog rada kandidata Ane Đokić, dipl.maš.inž., pod nazivom „*Analiza nestacionarnih režima vodovodnih sistema usled pojave hidrauličnog udara*“ donose pozitivnu ocenu o pisanom delu magistarskog rada i predlažu Nastavno-naučnom veću Mašinskog fakulteta u Nišu da podneti rad prihvati kao magistarsku tezu i pozove kandidata na usmenu javnu odbranu.

*U Nišu, maj 2009.god.*

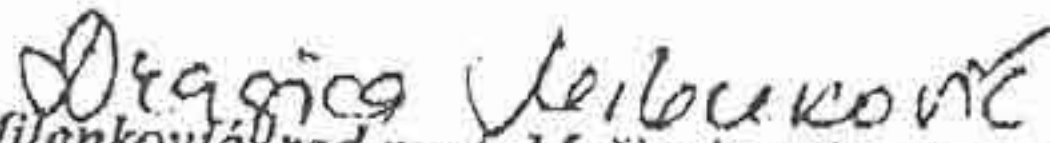
Članovi komisije



*dr Zoran Boričić, red.prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu (uža naučna oblast Teorijska i primenjena Mehanika fluida)*



*dr Milun Babić, red.prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Kragujevcu (uža naučna oblast Teorijska i primenjena Mehanika fluida)*



*dr Dragica Milenković, red.prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu (uža naučna oblast Teorijska i primenjena Mehanika fluida)*