

Vodni udar in pretrganje kapljevinskega stebra inducirana z ventilom v preizkusni postaji

Uroš Karadžić^{1,*} – Vladimir Bulatović¹ – Anton Bergant²

¹ Univerza Črne gore, Fakulteta za strojništvo, Črna gora

² Litostroj Power d.o.o., Slovenija

Članek obravnava vodni udar in pretrganje kapljevinskega stebra inducirana z ventilom v preizkusni postaji postavljeni v laboratoriju Univerze Črne gore, Podgorica. Glavni cilj raziskave je bil verifikacija in validacija diskretnega plinskega kavitacijskega modela z upoštevanjem nestalnega kapljevinskega trenja za različne pretočne pogoje. Osnove modela so bile postavljene v SV-JME v letu 2005. Model bazira na enčbah neustaljenega kapljevinskega toka v ceveh. Transformacija postavljenih parcialnih diferencialnih enačb hiperboličnega tipa z uporabo metode karakteristik tvori osnovo algoritma za vodni udar. V deltoidno mrežo metode karakteristik je vgrajen kovolucijski model neustaljenega stenskega trenja z uporabo zmogljivih računalniških orodij. Vgradnja plinskih kavitacij v numerična vozlišča da diskretni plinski kavitacijski model. Eksperimentalna postaja je sestavljena iz horizontalnega cevovoda, ki je vgrajen med gorvodni tlačni kotel in dolvodni ventil z iztokom v atmosfero. Dolžina jeklenega cevovoda je 54,23 m, notranji premer je 18 mm, debelina stene cevi 2 mm. Tlačne spremembe zasledujemo s pomočjo štirih hitro odzivnih zaznaval, ki so vgrajeni vzdolž cevovoda. Prehodni pojav je inducirana z zapiranjem ali odpiranjem kroglastega zasuna dolvodno, vzdolž cevi in gorvodno. Na ta način lahko raziskujemo prehode v cevovodih različnih dolžin.

Diskretni plinski model smo verificirali z metodo nabora cevnih odsekov v pasu med 54 in 864 odseki. Na veliki skali rezultati izračuna konvergirajo s povečanjem števila cevnih odsekov. Na mali skali nekateri visokofrekvenčni pulzi niso ponovljivi in tudi ne vplivajo na glavne tlačne utripe na veliki skali, kar je pomembno z vidika načrtovanja cevnih sistemov. Ta pojav zaznamo v področjih z blago kavitacijo vzdolž cevovoda kot posledico popisa kontinuirane kavitacije z različnim številom cevnih odsekov. Tudi meritve potrjujejo, da prehodne kavitacije vzdolž cevovoda niso homogene. Prehodna kavitacija se pojavi kot krajevna kavitacija z velikim kavitacijskim razmernikom (kavitacija ob ventilu, kavitacija pri srečanju valovnih front) ali kot nepretrgan kavitacijski tok z majhnim kavitacijskim razmernikom oziroma kombinacija obeh. Verifikaciji razvitega modela sledi validacija le tega s pomočjo primerjave rezultatov meritev in izračuna. Rezultate smo primerjali za širok nabor pretočnih pogojev. Pri tem smo upoštevali hitrost širjenja tlačnih valov in začetno pretočno hitrost dobljeni na osnovi občutljivostne analize vhodnih podatkov. Primerjali smo rezultate izračuna in meritev za hitro odpiranje in zapiranje dolvodnega ventila. Ventil smo zapirali s pomočjo elektropnevmatičnega aktuatorja in ročno. Ugotovili smo, da aktuator vzbudi blag sekundarni tlačni pulz zaradi interakcije med trdnino in kapljevino. Ta pojav bomo podrobneje raziskali v bližnji prihodnosti. Na osnovi Ghidauijevega števila in primerjave rezultatov izračuna in meritev sklepamo, da je vpliv neustaljenega trenja na prehodni proces v obravnavani preizkusni postaji znaten in ga ne smemo zanemariti. Nato smo numerično in eksperimentalno pokazali efekt dolžine cevovoda na intenziteto vodnega udara in prehodnega kavitacijskega toka kar je novost v literaturi. Raziskali smo razmere v cevovodih dolžin 54,23, 35,83, 18,13 in 1,74 m. Daljši je cevovod, bolj je razvita prehodna kavitacija in s tem tudi povečane obremenitve na stene cevovoda. To velja tako za nizekotlačne (kolaps cevi) kot za visokotlačne obremenitve (porušitev cevi). Rezultati izračuna in meritev se dobro ujemajo za širok nabor pretočnih pogojev zato postavljeni diskretni plinski kavitacijski model priporočamo za inženirsko uporabo.

Ključne besede: cevni sistemi, preizkusna postaja, ventil, vodni udar, prekinitev kapljevinskega stebra, neustaljeno stensko trenje