

## Preiskava vplivov nenevtonske tekočine med prehodnimi tokovi v cevovodu

Ali Majd<sup>1</sup> – Ahmad Ahmadi<sup>1,\*</sup> – Alireza Keramat<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tehniška univerza Shahrood, Oddelek za gradbeništvo, Iran

<sup>2</sup> Tehniška univerza Jundi Shapur, Oddelek za strojništvo, Iran

Nenadna sprememba pretoka v cevovodu povzroči velika tlačna nihanja, ki so znana pod imenom vodni (hidravlični) udar. V predstavljeni študiji je bil preučen laminarni prehodni tok nenevtonske tekočine, ki se pojavi zaradi hipnega zapiranja ventila. Za simulacijo nenevtonskih vplivov so bili uporabljeni Crossovi modeli in potenčni zakon. Delo podaja razširitev klasičnega modela vodnega udara, ki se uporablja za preučevanje prehodnih pojavov v newtonski tekočini v ravni elastični cevi, podprti pri ventilu in z zadostnim številom podpor vzdolž cevovoda za preprečitev interakcij med tekočino in konstrukcijo.

V ta namen so bile izpeljane kvazidvodimensionalne enačbe vodnega udara za nenevtonske tekočine in razrešene s primernim numeričnim postopkom na podlagi metode končnih razlik. Za integracijo sistema enačb v času je bila uporabljena shema Runge-Kutta četrtega reda. Prostorski odvodi so bili diskretizirani s centralno diferenčno shemo. Za odpravo numeričnih nihanj so bili dodani disipativni členi drugega reda. Ti členi učinkujejo samo v območju velikih gradientov, v gladkih območjih pa so praktično izključeni.

Za validacijo matematičnega modela ter pripadajoče numerične rešitve in njene implementacije so bili rezultati izračunov primerjani z razpoložljivimi rezultati eksperimentov. Med rezultati izračunov so bile hitrosti, strižne napetosti in porazdelitev viskoznosti po pretočnem prerezu na sredini cevovoda. Rezultati so razkrili, da vplivi nenevtonske tekočine signifikantno prispevajo k lastnostim toka po prerezu.

Za poudarjanje pomena vedenja nenevtonske tekočine, ki se odraža v spremembah viskoznosti med prehodnim tokom, je predstavljenih in podrobno opisanih več numeričnih primerov, podprtih s slikami. Najprej je preučena psevdoplastična tekočina, ki se obnaša kot tekočina s strižno odvisnim upadom viskoznosti in je najbolj pogosta nenevtonska tekočina v praktični uporabi. Vhodni podatek o tekočini za analizo prehodnega toka so bile lastnosti tekočine, opredeljene s potenčnim zakonom in s Crossovimi modeli. Cilj je bil preučiti prehodne tlake zaradi hipnega zapiranja ventila na dolvodni strani.

Pri spremembah tlaka, hitrostnem profilu in strižnih napetostih na steni so se pokazali vzorci razlik med newtonskimi in nenevtonskimi tokovi, ki izhajajo predvsem iz nelinearne odvisnosti med viskoznostjo tekočine in hitrostnim gradientom. Povečanje lastnosti strižno odvisnega upada viskoznosti tekočine, ki ustreza spremembam viskoznosti in strižnih napetosti v obroču prereza cevi, je bilo ugotovljeno bližje stenam cevi. Takšno vedenje tekočin s strižno odvisnim upadom viskoznosti kaže, da je območje povečane disipacije energije omejeno, zato sta manjša tudi izguba energije in tlačni padec med prehodnim pojavom. Iz časovne vrste tlaka v tekočini je bilo ugotovljeno, da je padec tlaka v tekočini z večjim strižno odvisnim upadom viskoznosti v določenem časovnem obdobju manjši. S povečanjem strižno odvisnega upada viskoznosti nenevtonske psevdoplastične tekočine in s tem relativnega padca navidezne viskoznosti so se zmanjšale tlačne izgube v cevi. Zaradi zmanjšanja navidezne viskoznosti ob steni je manjši tudi učinek povečanja linijske gostote v primerjavi z newtonskimi modeli. Sledi sklep, da strižno odvisni upad viskoznosti nenevtonskih tekočin povzroči premik območja velikih gradientov hitrosti proti stenam cevi in da so največje relativne hitrosti bližje radialnim mejam, zaradi česar prihaja do močnih fluktuacij hitrostnega profila po prerezu.

**Ključne besede:** prehodni tok v cevi, posplošena newtonska tekočina, tekočine s strižno odvisnim upadom viskoznosti, profil hitrosti, časovna zgodovina tlaka, porazdelitev viskoznosti