

Vrednotenje toka fluida čez stopničasti preliv z novim pristopom po metodi končnih volumnov

Hamid Reza Vosoughifar^{1,*} – Azam Dolatshah² – Seyed Kazem Sadat Shokouhi¹ – Seyed Reza Hashemi Nezhad¹

¹ Islamska univerza Azad, oddelek v južnem Teheranu, Fakulteta za gradbeništvo, Teheran, Iran

² Islamska univerza Azad, oddelek v Dezfulu, Fakulteta za gradbeništvo, Dezful, Iran

Stopničasti preliv je hidravlična konstrukcija, ki kot integralni del jezua omogoča varno prelivanje tokov. Pri gradnji stopničastih prelivov se v zadnjih letih zaradi nizke cene in razmeroma visoke hitrosti gradnje pogosto uporablja tehnika dela z valjanim cementnim betonom. Rešitev z intenzivnim vključevanjem zraka (aeracijski tok) in stopnicami nad prelivom omogoča učinkovito disipacijo energije. To pomeni, da se zmanjša tveganje kavitacije, manjše pa so tudi dimenzije struktur za disipacijo energije pod prelivom. Zato je treba poiskati robustno in hitro metodo za ugotavljanje lastnosti tokov na stopničastih prelivih.

Predstavljena raziskava je korak naprej pri iskanju učinkovite metode za preučevanje tokov na stopničastih prelivih. Zaradi natančnosti in hitrosti numeričnih metod je bila po principih računalniške dinamike fluidov (CFD) razvita numerična koda V-Flow za dvodimenzionalno (2D) modeliranje nestacionarnih tokov na stopničastih prelivih. Za reševanje vodilnih enačb toka fluida je bila uporabljena metoda končnih volumnov (FVM) in mreženje po Voronoiu. V-Flow je mogoče povezati s programsko opremo GAMBIT za triangulacijo. V-Flow lahko tako modelira različne geometrije prelivov s pomočjo mrežnih elementov po Voronoiu. Pri diskretizaciji je bila uporabljena shema *Power Law*, implicitna časovna aproksimacija, Gauss-Seidlova metoda in algoritem SIMPLE. Privzet je bil laminaren tok brez turbulenc.

V-Flow lahko enostavno vrednoti lastnosti tokov na stopničastih prelivih, zlasti vektorje hitrosti, tokovnice, statični, dinamični in skupni tlak. Modelira lahko pojave kot so nastajanje vrtincev in recirkulacija na vogalih stopnic, visok pozitiven tlak zaradi stika toka z vodoravnimi ploskvami stopnic, negativen tlak blizu vertikalnih ploskev stopnic, kakor tudi tveganje kavitacije.

Rezultati so bili validirani s pomočjo rezultatov, dobljenih iz modela aplikacije FLUENT. Gonzalezov eksperimentalni model je bil simuliran z V-Flowom in s FLUENT-om. Primerjava med rezultati modelov obeh aplikacij kaže dobro ujemanje z ozirom na masno neravnotežje, ki je uporaben kazalnik konvergence postopka reševanja ter kriterij ujemanja rezultatov V-Flowa in FLUENT-a.

V-Flow je bil za namene tega članka prilagojen za modeliranje toka brez proste površine, ker je bil v eksperimentalnem modelu uporabljen spremenjen profil s širokim grebenom. Kot grebena je bil $15,94^\circ$, kar ustreza naklonu kanala. V prihodnjih raziskavah bo V-Flow mogoče prilagoditi tudi za tokove s prosto površino. Vključiti bo mogoče tudi teorijo turbulentnega toka ter uporabiti modele turbulence za boljše ocenjevanje pojava turbulence pri toku prek stopnic ter za primerjanje laminarnih in turbulentnih tokovnih stanj v postopku reševanja.

Raziskava podaja kodo CFD za reševanje vodilnih enačb toka fluida prek stopničastih prelivov, prvič pa so bila uporabljena tudi numerična sredstva in metode kot sta FVM in mreženje po Voronoiu. Heksagonalni elementi mreže po Voronoiu pokrijejo računsko območje ter omogočajo dober izračun lastnosti v središčni točki na osnovi podatkov iz šestih sosednjih točk. Rezultati so zato natančnejši v primerjavi z drugimi mrežnimi elementi kot so trikotniki ali pravokotniki.

V-Flow je uporaben za vrednotenje toka čez stopničaste prelive, dragi in zamudni eksperimenti pa praktično niso več potrebni.

Ključne besede: stopničasti preliv, valjani cementni beton, numerično modeliranje, metoda končnih volumnov, diskretizacija, mreža po Voronoiu