



شبیه سازی عددی دو بعدی پرش هیدرولیکی روی سطوح شیبدار معکوس همراه با پله در انتها با نرم افزار FLUENT

معین آصفی^۱، علی نقی ضیائی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

Moein_Asefi@yahoo.com

خلاصه

یکی از راهکارهای مؤثر برای استهلاک انرژی پایین دست سازه های هیدرولیکی نظیر سرریزها، تندآبها و دریچه ها، پرش هیدرولیکی است. تحقیقات آزمایشگاهی نشان می دهد که پرش هیدرولیکی روی سطوح شیبدار معکوس با گذاشتن پله منفی در انتهای حوضچه آرامش منجر به افزایش استهلاک انرژی و پایداری پرش می گردد. در این مقاله الگوی جریان در داخل این حوضچه ها به صورت دو بعدی با استفاده از نرم افزار Fluent که معادلات جریان را به روش حجم محدود حل می نماید، شبیه سازی گردید. میدان محاسباتی با استفاده از شبکه بندی منشوری منظم (structured grid) گسسته گردید. در این نرم افزار روش حجم سیال (Volume of Fluid) جهت مدل سازی سطح آزاد به کار گرفته شد. مدل آشفتگی $k - \epsilon$ استاندارد تابع های دیواره استاندارد و غیرتعدادی استفاده شد که در صحت سنجی پروفیل سطح پرش حالت تابع دیواره استاندارد نتایج بهتری را تولید کرد. برای کاهش خطا در شبیه سازی پروفیل سرعت اولیه قبل پرش اقدام به شبیه سازی مخزن آب بالادست آن شد. در نهایت با استفاده از نتایج عددی، پروفیل سطح آب و تغییرات انرژی جنبشی در طول حوضچه و بعد از پله مورد بررسی قرار گرفت.

کلمات کلیدی: پرش هیدرولیکی، استهلاک انرژی، حوضچه آرامش شیبدار، مدل سازی عددی، FLUENT، VOF

۱. مقدمه

پرش هیدرولیکی از نوع جریان های متغیر سریع است که با تغییر حالت جریان از فوق بحرانی به زیر بحرانی در جریان های با سطح آزاد تشکیل می شود و عمق جریان در مسیر نسبتاً کوتاهی به میزان قابل توجهی افزایش می یابد. این پدیده همراه با تلاطم و پیچش سطحی، همراه با اختلاط هوا در جریان آب می باشد. از ویژگی های پرش هیدرولیکی اینست که مقدار زیادی از انرژی جریان بصورت افت انرژی در محدوده پرش مستهلک می شود، که عموماً برای استهلاک انرژی در پایین دست سازه های هیدرولیکی نظیر سرریزها، تندآبها و دریچه ها مورد استفاده قرار می گیرد. طرح های مختلفی از حوضچه های آرامش برای کنترل هر چه بهتر این پدیده ارائه شده است. از جمله این طرح ها، حوضچه آرامش شیبدار همراه با پله در انتهای آن است، که در سالهای اخیر مطالعاتی در مورد نحوه تشکیل این پدیده بر روی این نوع حوضچه ها صورت گرفته است.

از جمله تحقیقات آزمایشگاهی انجام شده در این زمینه عبارتند از: ابریشمی و صانعی (۱۹۹۴) در مطالعات خود نشان دادند که امکان تشکیل پرش هیدرولیکی پایدار روی شیب معکوس وجود دارد [۱]. این پایداری تابعی از حداقل فرود اولیه، عمق پایاب و طول حوضچه است. مک کورکودیل و محمد (۱۹۹۴) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که کنترل پرش هیدرولیکی روی بستر شیبدار در اعداد فرود پایین ($Fr < 4$) مشکل می باشد [۲]. همچنین پرش روی شیب معکوس دارای افت انرژی کمتر نسبت به پرش روی بستر صاف می باشد. اسماعیلی و ابریشمی (۱۳۸۰) در پی تحقیقات خود نشان دادند که در صورت وجود پله منفی در انتهای شیب معکوس، مقدار $\left(\frac{D_2}{D_1}\right)$ کاهش می یابد و همچنین باعث تغییر کمتر طول پرش نسبت به شیب صفر بدون پله می شود [۳]. تحقیقات عددی مختلفی نیز در زمینه شبیه سازی پرش هیدرولیکی صورت گرفته است. سارکر و رودز (۲۰۰۲) با شبیه سازی عددی و همچنین انجام آزمایشاتی، پرش هیدرولیکی را مورد بررسی قرار دادند [۴]. آنها از مدل آشفتگی $k - \epsilon$ RNG به همراه روش حجم سیال VOF برای شبیه سازی سطح آزاد استفاده کردند. بین شبیه سازی عددی