

مقایسه مدل‌های آشفتگی دو معادله ای در شبیه سازی عددی پرش هیدرولیکی مستغرق

یونس شکری^۱، میترا جوان^۲، افشین اقبال زاده^۳ و شراره محمودی نیا^۴

۱ و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، دانشگاه رازی

۲ و ۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه رازی- پژوهشکده تحقیقات پیشرفت آب و فاضلاب، دانشگاه رازی

Javanmi@Gmail.com

خلاصه

در پرش هیدرولیکی جریان با تلاطم و اغتشاش سطحی از حالت فوق بحرانی به حالت زیر بحرانی تغییر می یابد. در تحقیق حاضر با استفاده از نرم افزار فلوئنت و بهره گیری از مدل های آشفتگی $k-\epsilon$ استاندارد، $k-\epsilon$ RNG و $k-\epsilon$ Realizable و روش VOF میدان جریان و پروفیل سطح آزاد در پرش هیدرولیکی مستغرق شبیه سازی شده است. کلیه مدل های $k-\epsilon$ دارای شکل و شمایل یکسانی می باشند اما تفاوت اساسی در این مدل ها در تعیین اعداد آشفتگی پیرانتل حاکم بر معادلات k و ϵ می باشد و روش محاسبه لزجت گردابه ای (μ_t) و نیز ترم های چشمه و چاه در معادله ϵ است. برای صحت سنجی مدل عددی از نتایج تحقیقات آزمایشگاهی لانگ و همکاران که در سال ۱۹۹۰ انجام شده، استفاده شده است. بطور کلی نتایج بدست آمده از مدل های آشفتگی دو معادله ای تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی نشان می دهند. اما مدل آشفتگی $k-\epsilon$ RNG از دقت بیشتری نسبت به دو مدل دیگر برخوردار است. در این مقاله اثر پروفیل سرعت ورودی بر میدان جریان که سبب بوجود آمدن حبابهای هوا در ناحیه متلاطم جریان می شود بررسی شده و این حبابها با ارائه راهکار مناسب حذف شده اند.

کلمات کلیدی: شبیه سازی عددی، آشفتگی، پرش هیدرولیکی مستغرق، VOF

۱- مقدمه:

پرش هیدرولیکی پدیده ای است که جریان از طریق آن از حالت فوق بحرانی به حالت زیر بحرانی تغییر یافته و در طول آن تلاطم و اغتشاش سطحی بوجود می آورد. از جمله مهمترین کاربردهای پرش هیدرولیکی استفاده از این پدیده بعنوان مستهلک کننده انرژی در سازه های هیدرولیکی واقع در رودخانه ها و کانال ها می باشد. پرش هیدرولیکی در زیر دریچه های تنظیم کننده، پای سرریز ها و یا در مکانی که کف کانال با شیب تند بصورت ناگهانی مسطح گردد بوجود می آید. از جمله ویژگی های پرش هیدرولیکی می توان به کاملاً آشفته بودن جریان، استهلاك انرژی به دلیل آشفتگی ایجاد شده ورود هوا در ابتدا و خارج شدن آن در انتهای پرش و وجود نوسانات جریان در بدنه پرش اشاره نمود. پرش هیدرولیکی (اعم از آزاد یا مستغرق) که معمولاً برای اتلاف انرژی استفاده می شود، تغییرات سطح آزاد آب قابل توجهی دارد که شامل دو ناحیه بدین شرح است، ناحیه فوق بحرانی با مشخصه جت (عمق جریان کم و سرعت بالا) که یک منطقه انتقالی با سطح آزاد آب چرخشی جهت اتلاف انرژی و ناحیه زیر بحرانی با ویژگی های جریان در کانال های باز. تاکنون تحقیقات مختلفی در خصوص مکانیزم های مختلف پرش هیدرولیکی انجام شده است ولی با توجه به پیچیدگی الگوی حاکم بر این پدیده هنوز هم ابهاماتی در مورد آن وجود دارد. از جمله تحقیقات آزمایشگاهی می توان به کارهای انجام شده توسط کیربی و همکاران (۱۹۹۵)، سوندسن و همکاران (۲۰۰۲)، اید و راجاراتنام (۲۰۰۲) و لیو و همکاران (۲۰۰۴) اشاره نمود [۱، ۲، ۳، ۴]. لانگ و همکاران (۱۹۹۰) ساختار آشفتگی در پرش هیدرولیکی مستغرق را در یک کانال مستطیلی عریض و افقی را مورد بررسی قرار دادند [۱۴]. از چند دهه اخیر روش های عددی به عنوان ابزاری بسیار قدرتمند و سریع برای حل معادله های پیچیده ی حاکم مکانیک سیالات در شرایط گوناگون مرزی در اختیار مهندسين هیدرولیک قرار گرفته اند که می توانند بسیار مقرون به صرفه تر از مدل های آزمایشگاهی باشند. تحقیقات بسیاری در زمینه شبیه سازی عددی پرش هیدرولیکی انجام گرفته است که از جمله می توان به تحقیقات عددی چپادا و همکاران (۱۹۹۴) برای پرش هیدرولیکی در کانال های مسطح اشاره کرد. آنها با استفاده از روش المان محدود و با حل معادله اضافی پواسون الگوی جریان پرش هیدرولیکی و فشار غیرهیدرواستاتیک در داخل پرش را بررسی نمودند [۱۶]. قرنچیک و چاودری (۱۹۹۱) با استفاده از