



تحلیل جریان غیرماندگار سیال شبه پلاستیک در سیستم لوله

علی مجد^۱، احمد احمدی^۲

۱،۲ - دانشگاه شاهرود، دانشکده مهندسی عمران
majd_2800@yahoo.com

خلاصه

تغییر ناگهانی دبی در سیستم لوله‌ها منجر به نوسانات فشار می‌گردد که به عنوان چکش آبی شناخته می‌شود. در این مقاله به بررسی جریان غیرماندگار ناشی از بستن سریع شیر پرداخته می‌شود، با فرض این که سیال موجود در سیستم سیالی غیرنیوتنی است. ابتدا با این فرض معادلات حاکم بر جریان غیرماندگار استخراج شده‌اند. در ادامه با استفاده از روش‌های عددی، نتایج معادلات حاکم برای سیال غیرنیوتنی بدست آورده شده‌اند. بدین منظور برای محاسبه عبارت‌های زمانی از رانج کوتای مرتبه چهارم و جهت تقریب ترم‌های زمانی از تفاضل مرکزی مرتبه دوم استفاده شده است. برای حصول اطمینان از الگوریتم حل نتایج عددی با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده‌اند. جهت مدل سازی سیال غیرنیوتنی از مدل قانون توانی استفاده شده است. نتایج حاصل از مدل سازی سیال غیرنیوتنی نشان می‌دهد که تنش برشی جداره چگونه با تغییرات مشخصات سیال تغییر می‌کند. همچنین نشان دهنده تغییراتی قابل توجه در مقادیر فشار و پروفیل سرعت می‌باشد. تاریخچه تغییرات فشار نشان دهنده کاهش افت و اثر لاین پکینگ می‌باشد. همچنین تاریخچه زمانی مقادیر تنش برشی در جداره لوله مورد بحث قرار گرفته‌اند.

کلمات کلیدی: جریان غیرماندگار، سیال نیوتنی تعمیم یافته، تنش برشی جداره، پروفیل سرعت

۱. مقدمه

جریان‌های سیال غیرنیوتنی را در محدوده‌ای گسترده‌ای از موارد طبیعی و کاربردهای صنعتی می‌توان مشاهده نمود، از جمله این کاربردها می‌توان به خطوط انتقال محصولات صنعتی و صنایع غذایی و بهداشتی، فرآیندهای پلیمری و در بسیاری از کاربردهای بیولوژیکی مانند جریان خون در بدن و بسیاری از مخاط‌ها اشاره نمود. موضوع مورد مطالعه از سه دیدگاه کلی قابل بررسی است. نگاه اول در تفکیک جریان آرام و آشفته، دوم جریان ماندگار و غیرماندگار و سوم در تفاوت سیال نیوتنی و سیال غیرنیوتنی می‌باشد.

در بیشتر جریان‌های غیرنیوتنی به علت بالا بودن لزجت موثر رژیم جریان لایه‌ای می‌باشد، که با مشخص بودن رئولوژی جریان می‌توان شبیه سازی عددی قابل اطمینانی از مسئله داشته باشیم. اما چنانچه جریان در محدوده انتقالی و یا آشفته قرار داشته باشد در زمینه‌های حل عددی و روابط حاکم همچنان نیاز به پیشرفت‌های قابل توجه‌ای می‌باشد مانند تکامل میانگین‌گیری از معادلات ناویر استوکس و شناسایی مرتبه و اهمیت عبارات. از جمله بررسی‌ها در این زمینه می‌توان به مطالعات پینهو [۱، ۲] اشاره نمود، که روابط و معادلات جریان آشفته را برای سیالات نیوتنی تعمیم یافته بسط داده و اندازه مرتبه عبارات جریان آشفته را مقایسه کرده است. از دیگر موارد قابل توجه بررسی جریان سیال غیرنیوتنی در لوله‌ها و اندازه‌گیری سرعت متوسط جریان در جریان‌های کاملاً توسعه یافته است، که در این مورد سیال با چهار محلول رقیق پلیمری در محدوده اعداد رینولدز ۲۴۰ تا ۱۱۱۰۰۰ بررسی شده و اثرات کاهش درگ در نتیجه افزایش اثر غیرنیوتنی مشاهده شده است [۳].

چنانچه سیالات غیرنیوتنی از دیدگاه جریان غیرماندگار مورد توجه قرار بگیرند، خود جنبه‌های مختلفی را شامل می‌شود، یکی از کاربردهای بسیار گسترده آن بررسی جریان خون است، که به صورت غیرماندگار و نوسانی در رگ‌ها جریان دارد، در این خصوص می‌توان به مطالعات مویر و همکاران [۴] اشاره نمود که مدل‌های مختلف سیال غیرنیوتنی را برای حالت‌های مختلف جریان در یک رگ بررسی کرده‌اند. در زمینه جریانات تناوبی در لوله‌ها، با مدل‌های مختلف سیال غیر نیوتنی، مانند سیالات ویسکوالاستیک، وابسته زمانی و انواع مدل‌های دیگر تحقیقات بسیاری صورت گرفته که می‌توان به مطالعه واردی و همکاران [۵] پیرامون جریان لایه‌ای با لزجت وابسته زمانی اشاره کرد که تحلیلی ریاضی از جریان با سیال وابسته زمانی تحت اثر بار ثابت و خطی انجام داده‌اند. از دیگر زمینه‌های جریان غیرماندگار بررسی پروفیل سرعت در لوله برای جریان لایه‌ای و آشفته با سیال نیوتنی است

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی عمران

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی عمران