



دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

اثر میدان مغناطیسی در تعویق پدیده جدایی در جریان سیالات
غیر نیوتنی در کانالی واگرا با دیواره متخلخل

نگارش

مهدی کیانی

استاد راهنما

دکتر کیوان صادقی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

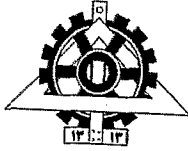
رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

۱۷ / ۳ / ۱۳۸۸

بهمن ۱۳۸۷

کتابخانه تخصصی مهندسی مکانیک
توسعه مهندسی مکانیک

۱۶۵۷۱۸



بسمه تعالی

دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده مهندسی مکانیک

گواهی دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

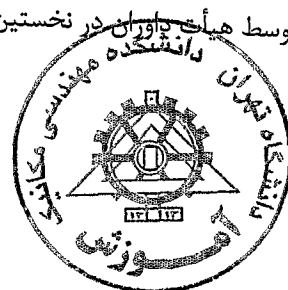
هیأت داوران پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای مهدی کیانی به شماره دانشجویی ۸۱۰۶۸۵۰۶۸ در رشته مکانیک گرایش تبدیل انرژی را در تاریخ ۸۷/۱۲/۷ با عنوان: اثر میدان مغناطیسی در تعویق پدیده جدائی در جریان سیالات غیر نیوتنی در کانال‌های واگرا با دیواره متخلخل

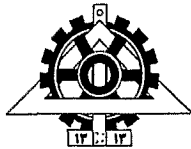
به عدد ۱۸ به حروف هجده با نمره نهایی

و درجه ولایتی ارزیابی کرد.

ردیف	مشخصات هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضاء
۱	استاد راهنما استاد راهنمای دوم (حسب مورد)	دکتر کیوان صادقی	دانشیار	دانشگاه تهران	
۲	استاد مشاور				
۳	استاد داور داخلی	دکتر امیر نجات	استاد یار	دانشگاه تهران	
۴	استاد مدعو	دکتر فرهاد شریف	دانشیار	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	
۵	نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده مکانیک	دکتر حسین شکوهمند	استاد	دانشگاه تهران	

این برگه پس از تکمیل توسط هیأت داوران در نخستین صفحه پایان‌نامه درج می‌شود.





بسمه تعالی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب مهدی کیانی تایید می‌کنم که مطالب مندرج در پایان‌نامه کارشناسی ارشد من تحت عنوان: اثر میدان مغناطیسی در تعویق پدیده جدائی در جریان سیالات غیر نیوتنی در کانال‌های واگرا با دیواره متخلخل حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این (پایان‌نامه / رساله) قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: مهدی کیانی

امضاء:

تاریخ: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸

کار حاضر را تقدیم می‌کنم به خانواده مهربانم

قدردانی

لازم می‌دانم مراتب سپاس‌گذاری خود را نسبت به زحمات آقای دکتر کیوان صادقی بیان کنم. همراهی دوستانه و کمک‌های فکری ایشان کمک بسیار بزرگی در پیش‌رفت کار حاضر بوده است.

چکیده

پدیده جدایی پدیده‌ای رایج ولی نامطلوب در کانال‌های واگرا محسوب می‌گردد. در اثر وقوع این پدیده نسبت فشار دیفیوزر کاهش یافته و همزمان تلفات انرژی نیز افزایش می‌یابد. برای جلوگیری از این پدیده (که در اثر گرادیان فشار مثبت در یک دیفیوزر ایجاد می‌گردد) می‌توان در صورت امکان از کانالی با زاویه بازشدگی کمتر و یا طول بیشتر استفاده نمود. در صورتیکه چنین امری امکان‌پذیر نباشد چاره‌ای جز کاهش دبی حجمی سیال عبوری (به تعبیر دیگر کاهش عدد رینولدز) نداریم. روش دیگری که برای این منظور وجود دارد روش مکش ذرات کم ممنتوم به خارج از لایه مرزی است. در همین رابطه می‌توان از روش تزریق ذرات پر ممنتوم به داخل لایه مرزی نیز برای این منظور استفاده نمود. روش دیگری که در سال‌های اخیر برای این منظور پیشنهاد شده است القای خواص الاستیک در سیال موردنظر با استفاده از مواد افزودنی پلیمری است. ایده اصلی در روش مزبور در حقیقت اصلاح میدان سرعت و میدان فشار در اثر خواص الاستیک ذرات سیال است که البته ایده‌ای شناخته شده محسوب می‌گردد. در مواردیکه سیال موردنظر هادی جریان الکتریسیته باشد، در این صورت ممکن است بتوان با اعمال یک میدان مغناطیسی قوی و یکنواخت از خارج کانال میدان سرعت و تنش را بنحو مطلوب تحت تاثیر قرار داد و جدایی جریان را به تعویق انداخت.

در این تحقیق به بررسی تاثیر خواص ویسکوالاستیک، اعمال میدان مغناطیسی، تزریق ذرات پر ممنتوم به لایه‌های مرزی و مکش ذرات کم ممنتوم از لایه‌های مرزی در تعویق انداختن جدایی جریان، در کانال‌های واگرا با فرض غیر شعاعی بودن جریان، برای دو سیال غیرنیوتنی ویسکوالاستیک (مدل‌های گزیکس و فن‌تین‌تر) پرداخته شده است. این دو مدل رئولوژیک، در زمره سیالات ویسکوالاستیک می‌باشند که اثرات الاستیسیته و ویسکوزیته، هر دو با هم، در آن‌ها قابل مشاهده‌اند. در این رساله نشان داده شد که در هر دو مدل، با افزایش خواص الاستیک یا اعمال میدان مغناطیسی یا تزریق ذرات پر ممنتوم به لایه‌های مرزی و یا مکش ذرات کم ممنتوم از لایه‌های مرزی جدایی جریان به تعویق می‌افتد.

فهرست مطالب

فهرست شکل‌ها	ث
علائم و اختصارات	ذ
۱. فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- جریان در کانال‌های واگرا و پدیده جدایی	۱
۲-۱- اهداف پروژه	۲
۳-۱- تعریف مسئله	۳
۲. فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته	۴
۱-۲- مروری بر کارهای گذشته	۴
۳. فصل سوم: مروری بر سیالات غیرنیوتنی و مدل‌های انتخابی در این رساله	۹
۱-۳- مقدمه	۹
۲-۳- سیالات غیرنیوتنی	۹
۳-۳- سیالات غیرنیوتنی مستقل از زمان	۱۰
۱-۳-۳- سیالات ویسکوپلاستیک	۱۰
۲-۳-۳- سیالات شبه پلاستیک	۱۱
۳-۳-۳- سیالات متسع شونده	۱۳
۴-۳- سیالات غیرنیوتنی وابسته به زمان	۱۳
۱-۴-۳- سیالات تیکسوتروپیک	۱۴
۲-۴-۳- سیالات رئوپکتیک	۱۵
۵-۳- سیالات ویسکوالاستیک	۱۶
۱-۵-۳- مدل گزیکس	۱۷
۲-۵-۳- مدل فنتین-تنر	۱۸
۴. فصل چهارم: روش حل معادلات حاکم بر جریان سیال ویسکوالاستیک در کانال‌های واگرا	۲۰
۱-۴- مقدمه	۲۰
۲-۴- معادلات حاکم بر جریان سیال ویسکوالاستیک در کانال همگرا-واگرا	۲۰

- ۲۰..... ۴-۲-۱- معادله بقای جرم
- ۲۱..... ۴-۲-۲- معادلات حرکت کوشی
- ۲۲..... ۴-۳- تاثیر میدان مغناطیسی بر معادلات حاکم بر جریان
- ۲۳..... ۴-۴- بی بعد سازی
- ۲۴..... ۴-۵- روش حل بسط سری‌ها با کمک تابع جریان
- ۲۸..... ۴-۶- شرایط مرزی
- ۲۸..... ۴-۶-۱- شرایط مرزی در حالت دیواره نفوذناپذیر
- ۳۰..... ۳-۶-۲- شرایط مرزی در حالت دیواره متخلخل
- ۳۲..... ۴-۷- حل معادلات دیفرانسیل معمولی تابع جریان در حالت جریان خزشی
- ۳۲..... ۴-۷-۱- حل معادلات دیفرانسیل معمولی تابع جریان در حالت جریان خزشی با دیواره نفوذناپذیر
- ۳۴..... ۴-۷-۲- حل معادلات دیفرانسیل معمولی تابع جریان در حالت جریان خزشی با دیواره متخلخل
- ۳۵..... ۴-۸- حل معادلات دیفرانسیل معمولی تابع جریان در حالت جریان غیرخزشی
- ۳۵..... ۴-۸-۱- روش جعبه‌ای کلر
- ۳۶..... ۴-۸-۲- خطی سازی و فرمولاسیون عددی
- ۳۹..... ۴-۸-۳- اعمال شرایط مرزی
- ۴۰..... ۴-۸-۴- حدس اولیه برای حل معادله
- ۴۱..... ۴-۸-۵- نحوه ایجاد شبکه
- ۴۲..... ۵- فصل پنجم: ارائه نتایج حل معادلات حاکم بر جریان در کانال واگرا
- ۴۲..... ۵-۱- مقدمه
- ۴۲..... ۵-۲- سنجش اعتبار برنامه
- ۴۲..... ۵-۳- نتایج حاصل از حل معادلات حاکم بر جریان در حالت جریان خزشی مدل گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر
- ۴۴.....
- ۴۵..... ۵-۴- نتایج حاصل از حل معادلات حاکم بر جریان در حالت جریان خزشی مدل فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر
- ۴۹.....
- ۵۳..... ۵-۵- نتایج حاصل از تاثیر پارامتر کششی بر جدایی در حالت جریان غیرخزشی مدل گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر

۵-۶- نتایج حاصل از تاثیر پارامتر کششی بر جدایی در حالت جریان غیرخزشی مدل فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر	۵۸
۵-۷- نتایج حاصل از تاثیر تزریق سیال به دیواره کانال بر پدیده جدایی در حالت جریان غیر خزشی مدل گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل	۶۳
۵-۸- نتایج حاصل از تاثیر مکش سیال از دیواره کانال بر پدیده جدایی در حالت جریان غیر خزشی مدل گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل	۶۹
۵-۹- نتایج حاصل از تاثیر تزریق سیال به دیواره کانال بر پدیده جدایی در حالت جریان غیر خزشی مدل فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل	۷۴
۵-۱۰- نتایج حاصل از تاثیر مکش سیال از دیواره کانال بر پدیده جدایی در حالت جریان غیر خزشی مدل فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل	۸۰
۵-۱۱- نتایج حاصل از تاثیر عدد هارتمن بر جدایی در حالت جریان غیرخزشی مدل گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر	۸۵
۵-۱۲- نتایج حاصل از تاثیر عدد هارتمن بر جدایی در حالت جریان غیرخزشی مدل فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر	۹۱
۶. فصل ششم	۹۷
۶-۱- مقدمه	۹۷
۶-۲- نتایج	۹۷
۶-۳- پیشنهادات	۹۸
فهرست مراجع	۹۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۳: منحنی جریان (رابطه تنش برشی و نرخ برش) برای سیالات لزج مستقل از زمان..... ۱۱
- شکل ۲-۳: منحنی ویسکوزیته بر حسب نرخ برش برای سیالات شبه پلاستیک..... ۱۲
- شکل ۳-۳: منحنی جریان برای سیالات تیکسوتروپیک..... ۱۴
- شکل ۴-۳: منحنی جریان برای سیالات رئوپکتیک..... ۱۵
- شکل ۱-۴: نمای شماتیکی از هندسه کانال واگرا و میدان مغناطیسی اعمالی..... ۲۱
- شکل ۲-۴: شکل شماتیک کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت مکش سیال..... ۳۰
- شکل ۳-۴: شبکه ایجاد شده در حالت $N = 100$ و $r = 0.03$ ۴۱
- شکل ۱-۵: خطوط جریان سیال گزیکس و سیال فنتین-تنر در کانال همگرا در $\varepsilon = 0$ ، $Re = 11/46$ و $\alpha = 30$ ۴۱
- ۴۳
- شکل ۲-۵: خطوط جریان سیال گزیکس و سیال فنتین-تنر در کانال همگرا در $\varepsilon = 0$ ، $Re = 19/62$ و $\alpha = 30$ ۴۳
- ۴۳
- شکل ۳-۵: خطوط جریان سیال گزیکس و فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 0$ ، $Re = 0$ و $\alpha = 22/5$ ۴۴
- ۴۴
- شکل ۴-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 0/5$ ، $Re = 0$ و $\alpha = 22/5$ ۴۵
- ۴۵
- شکل ۵-۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش قائم شعاعی، τ_{rr} ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۴۶
- شکل ۶-۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش برشی، $\tau_{r\theta}$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۴۶
- شکل ۷-۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش قائم مماسی، $\tau_{\theta\theta}$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۴۷
- ۴۷
- شکل ۸-۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر پروفیل سرعت سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 1$ و $\alpha = 22/5$ ۴۸
- ۴۸
- شکل ۹-۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر پروفیل سرعت سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 3$ و $\alpha = 22/5$ ۴۸
- ۴۸
- شکل ۱۰-۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 0/75$ ، $Re = 0$ و $\alpha = 22/5$ ۴۹
- ۴۹
- شکل ۱۱-۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش قائم شعاعی، τ_{rr} ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۵۰
- ۵۰
- شکل ۱۲-۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش برشی، $\tau_{r\theta}$ ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۵۱
- ۵۱

- شکل ۵-۱۳: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش قائم مماسی، $\pi\theta\theta$ ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۵۱
- شکل ۵-۱۴: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر پروفیل سرعت سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 1$ و $\alpha = 22/5$ ۵۲
- شکل ۵-۱۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر پروفیل سرعت سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در حالت جریان خزشی در $r = 3$ و $\alpha = 22/5$ ۵۲
- شکل ۵-۱۶: خطوط جریان سیال گزیکس و فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 0$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۵۳
- شکل ۵-۱۷: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۵۴
- شکل ۵-۱۸: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 0/5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۵۴
- شکل ۵-۱۹: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش قائم شعاعی، $\pi r r$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $Re = 25$ ، $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۵۶
- شکل ۵-۲۰: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش برشی، $\pi r \theta$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $Re = 25$ ، $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۵۶
- شکل ۵-۲۱: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش قائم مماسی، $\pi\theta\theta$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $Re = 25$ ، $r = 5$ و $\alpha = 22/5$ ۵۷
- شکل ۵-۲۲: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر پروفیل سرعت سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $r = 5$ و $Re = 20$ ۵۸
- شکل ۵-۲۳: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۵۹
- شکل ۵-۲۴: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 0/75$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۵۹
- شکل ۵-۲۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $\varepsilon = 1$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۶۰
- شکل ۵-۲۶: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش قائم شعاعی، $\pi r r$ ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۶۱
- شکل ۵-۲۷: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش برشی، $\pi r \theta$ ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۶۱
- شکل ۵-۲۸: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر تنش قائم مماسی، $\pi\theta\theta$ ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۶۲

- شکل ۲۹-۵: تاثیر پارامتر کششی، ε ، بر پروفیل سرعت سیال فنتین-تتر در کانال واگرا با دیواره نفوذ ناپذیر در $r = 0.202$ $\alpha = 22/5$ و $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0/25$ ۶۳
- شکل ۳۰-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت $v_0 r_0^2 = 0$ در $\varepsilon = 0/25$ $\alpha = 22/5$ و $Re = 20$ ۶۴
- شکل ۳۱-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت تزریق سیال با $v_0 r_0^2 = 0/1$ در $\varepsilon = 0/25$ $\alpha = 22/5$ و $Re = 20$ ۶۵
- شکل ۳۲-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت تزریق سیال با $v_0 r_0^2 = 0/2$ در $\varepsilon = 0/25$ $\alpha = 22/5$ و $Re = 20$ ۶۵
- شکل ۳۳-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت تزریق سیال با $v_0 r_0^2 = 0/3$ در $\varepsilon = 0/25$ $\alpha = 22/5$ و $Re = 20$ ۶۶
- شکل ۳۴-۵: تاثیر تزریق سیال بر تنش قائم مماسی، $\tau r r$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$ $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ۶۷
- شکل ۳۵-۵: تاثیر تزریق سیال بر تنش برشی، $\tau r \theta$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$ $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ۶۷
- شکل ۳۶-۵: تاثیر تزریق سیال بر تنش قائم، $\tau \theta \theta$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$ $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ۶۸
- شکل ۳۷-۵: تاثیر تزریق سیال بر پروفیل سرعت سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$ $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ۶۹
- شکل ۳۸-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت مکش سیال با $v_0 r_0^2 = 0/1$ در $\varepsilon = 0/25$ $\alpha = 22/5$ و $Re = 20$ ۷۰
- شکل ۳۹-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت مکش سیال با $v_0 r_0^2 = 0/3$ در $\varepsilon = 0/25$ $\alpha = 22/5$ و $Re = 20$ ۷۰
- شکل ۴۰-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت مکش سیال با $v_0 r_0^2 = 0/4$ در $\varepsilon = 0/25$ $\alpha = 22/5$ و $Re = 20$ ۷۱
- شکل ۴۱-۵: تاثیر مکش سیال بر تنش قائم شعاعی، $\tau r r$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$ $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ۷۲
- شکل ۴۲-۵: تاثیر مکش سیال بر تنش برشی، $\tau r \theta$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$ $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ۷۲
- شکل ۴۳-۵: تاثیر مکش سیال بر تنش قائم مماسی، $\tau \theta \theta$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$ $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ۷۳
- شکل ۴۴-۵: تاثیر مکش سیال بر پروفیل سرعت سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$ $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ۷۴

- شکل ۴۵-۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت $v \cdot r \cdot \alpha = 0$ در $\varepsilon = 0/25$ ،
 ۷۵..... $\alpha = 22/5$ و $Re = 20$
- شکل ۴۶-۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت تزریق سیال با $v \cdot r \cdot \alpha = 0/1$ در $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ و $\alpha = 22/5$
 ۷۶.....
- شکل ۴۷-۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت تزریق سیال با $v \cdot r \cdot \alpha = 0/2$ در $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ و $\alpha = 22/5$
 ۷۶.....
- شکل ۴۸-۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت تزریق سیال با $v \cdot r \cdot \alpha = 0/3$ در $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ و $\alpha = 22/5$
 ۷۷.....
- شکل ۴۹-۵: تاثیر تزریق سیال بر تنش قائم شعاعی، $\tau r r$ سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در
 ۷۸..... $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ، $r = 5$
- شکل ۵۰-۵: تاثیر تزریق سیال بر تنش $\tau r \theta$ سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$
 ۷۸..... $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$
- شکل ۵۱-۵: تاثیر تزریق سیال بر تنش $\tau \theta \theta$ سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$
 ۷۹..... $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$
- شکل ۵۲-۵: تاثیر تزریق سیال بر پروفیل سرعت سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$
 ۸۰..... $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$
- شکل ۵۳-۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت مکش سیال با $v \cdot r \cdot \alpha = 0/1$ در $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ و $\alpha = 22/5$
 ۸۱.....
- شکل ۵۴-۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت مکش سیال با $v \cdot r \cdot \alpha = 0/3$ در $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ و $\alpha = 22/5$
 ۸۱.....
- شکل ۵۵-۵: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در حالت مکش سیال با $v \cdot r \cdot \alpha = 0/4$ در $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ و $\alpha = 22/5$
 ۸۲.....
- شکل ۵۶-۵: تاثیر مکش سیال بر تنش قائم شعاعی، $\tau r r$ سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در
 ۸۳..... $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$ ، $r = 5$
- شکل ۵۷-۵: تاثیر مکش سیال بر تنش برشی، $\tau r \theta$ سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$
 ۸۳..... $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$
- شکل ۵۸-۵: تاثیر مکش سیال بر تنش قائم، $\tau \theta \theta$ سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$
 ۸۴..... $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$
- شکل ۵۹-۵: تاثیر مکش سیال بر پروفیل سرعت سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره متخلخل در $r = 5$
 ۸۵..... $\alpha = 22/5$ و $\varepsilon = 0/25$ ، $Re = 20$
- شکل ۶۰-۵: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر با $H = 1$ در $\varepsilon = 0/5$ ، $Re = 25$ و
 ۸۶..... $\alpha = 22/5$

- شکل ۵-۶۱: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر با $H = 3$ در $\varepsilon = 0.5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۸۶
- شکل ۵-۶۲: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر با $H = 5$ در $\varepsilon = 0.5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۸۷
- شکل ۵-۶۳: خطوط جریان سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر با $H = 10$ در $\varepsilon = 0.5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۸۷
- شکل ۵-۶۴: تاثیر اعمال میدان مغناطیسی بر تنش قائم شعاعی، τ_{rr} ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0.5$ و $\alpha = 22/5$ ۸۸
- شکل ۵-۶۵: تاثیر اعمال میدان مغناطیسی بر تنش برشی، $\tau_{r\theta}$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0.5$ و $\alpha = 22/5$ ۸۹
- شکل ۵-۶۶: تاثیر اعمال میدان مغناطیسی بر تنش برشی، $\tau_{\theta\theta}$ ، سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0.5$ و $\alpha = 22/5$ ۸۹
- شکل ۵-۶۷: تاثیر اعمال میدان مغناطیسی بر پروفیل سرعت سیال گزیکس در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0.5$ و $\alpha = 22/5$ ۹۰
- شکل ۵-۶۸: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر با $H = 1$ در $\varepsilon = 0.5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۹۱
- شکل ۵-۶۹: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر با $H = 3$ در $\varepsilon = 0.5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۹۲
- شکل ۵-۷۰: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر با $H = 5$ در $\varepsilon = 0.5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۹۲
- شکل ۵-۷۱: خطوط جریان سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر با $H = 10$ در $\varepsilon = 0.5$ ، $Re = 25$ و $\alpha = 22/5$ ۹۳
- شکل ۵-۷۲: تاثیر اعمال میدان مغناطیسی بر تنش قائم شعاعی، τ_{rr} ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0.5$ و $\alpha = 22/5$ ۹۴
- شکل ۵-۷۳: تاثیر اعمال میدان مغناطیسی بر تنش برشی، $\tau_{r\theta}$ ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0.5$ و $\alpha = 22/5$ ۹۴
- شکل ۵-۷۴: تاثیر اعمال میدان مغناطیسی بر تنش قائم مماسی، $\tau_{\theta\theta}$ ، سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0.5$ و $\alpha = 22/5$ ۹۵
- شکل ۵-۷۵: تاثیر اعمال میدان مغناطیسی بر پروفیل سرعت سیال فنتین-تنر در کانال واگرا با دیواره نفوذناپذیر در $r = 5$ ، $Re = 25$ ، $\varepsilon = 0.5$ و $\alpha = 22/5$ ۹۶

علائم و اختصارات

حروف انگلیسی

a_n	ضرایب بسط تنش قائم شعاعی
B	میدان مغناطیسی
B_s	شدت میدان مغناطیسی
b_n	ضرایب بسط تنش برشی
c_n	ضرایب بسط تنش قائم مماسی
E	میدان القای الکتریکی
<i>EPTT (Exponential Phan-Thein-Tanner model)</i>	مدل فنتین-تنر نمایی
e_r	بردار یکه در راستای r
e_θ	بردار یکه در راستای θ
f	بردار نیروهای خارجی
H (<i>Hartman no.</i>)	عدد هارتمن
<i>LPTT (Linear Phan-Thein-Tanner model)</i>	مدل فنتین-تنر خطی
r	شعاع
r	شعاع بی بعد
Re (<i>Reynolds no.</i>)	عدد رینولدز
u	سرعت شعاعی (در راستای r)
u, \bar{u}	سرعت شعاعی بی بعد (در راستای r)
V	بردار سرعت
v	سرعت مماسی (در راستای θ)
v, \bar{v}	سرعت مماسی بی بعد (در راستای θ)
v_s	سرعت مماسی بی بعد در نقطه r_s
p	فشار
Q	دبی حجمی

حروف یونانی

α	نیم‌زاویه کانال
$\dot{\gamma}$	تانسور نرخ برش
δ	خطا
δ_j^n	بردار خطا در زمان n و نقطه j
ε	پارامتر الاستیک
η	ویسکوزیته در نرخ برش صفر
θ	متغیر زاویه
λ	زمان تخفیف
μ	ویسکوزیته
ρ	چگالی
σ	ثابت هدایت الکتریکی
σ_{ij}	تانسور تنش با ترم فشار
τ	تانسور تنش
τ_{rr}	تنش قائم شعاعی
$\tau_{r\theta}$	تنش برشی
$\tau_{\theta\theta}$	تنش قائم مماسی
τ_{ij}	تانسور تنش
$\tau_{(1)}$	تانسور تنش انتقالی
ψ	تابع جریان
ψ_n	ضرایب بسط تابع جریان
∇	عملگر گرادیان

فصل اول :

مقدمه

۱. فصل اول: مقدمه

۱-۱- جریان در کانال‌های واگرا و پدیده جدایی^۱

در صنعت، جریان در کانال‌های همگرا-واگرا از اهمیت ویژه‌ای هم برای سیالات نیوتنی و هم برای سیالات غیرنیوتنی برخوردار می‌باشد. به همین دلیل این نوع جریان تا به امروز بصورت گسترده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال می‌توان در این رابطه از جریان داخل نازل‌ها، دیفیوزرها و کاهنده‌ها که بطور گسترده در صنعت هوافضا، صنعت نفت، پالایشگاه‌ها و شکل‌دهی مواد مذاب پلیمری مورد استفاده قرار می‌گیرند، نام برد. از جریان داخل کانال‌های همگرا-واگرا می‌توان به خوبی برای شبیه‌سازی حرکت محلول‌های پلیمری رقیق‌شده داخل محیط‌های متخلخل نیز استفاده کرد.

یکی از مشکلات رایج که در جریان در کانال‌های واگرا وجود دارد وقوع پدیده‌ای بنام پدیده جدایی در مجاورت دیواره کانال می‌باشد. دلیل وقوع پدیده جدایی در چنین کانال‌هایی وجود گرادیان فشار مثبت در آن‌ها می‌باشد بنحویکه احتمال وقوع جدایی در هر عدد رینولدزی^۲ (بسته به طول یا زاویه کانال) وجود دارد. جدایی سبب بوجود آمدن جریان معکوس در مجاورت دیواره‌ها و کندتر شدن سرعت جریان می‌شود. این پدیده بدلیل کاهش نسبت فشار دیفیوزر و هم‌چنین افزایش افت هد (تلفات انرژی) یک پدیده نامطلوب به حساب می‌آید.

برای جلوگیری از وقوع پدیده جدایی راه‌های مختلفی وجود دارد که در این جا بذکر برخی از این روش‌ها می‌پردازیم. بدیهی است با افزایش طول دیفیوزر و کاهش زاویه واگرایی می‌توان گرادیان فشار مثبت که دلیل جدایی در اولین نقطه می‌باشد را تضعیف نمود [۱]. در مواقعی که این امکان وجود نداشته باشد می‌توان از کانالی با دیواره‌های متخلخل استفاده نمود و با تزریق جریان از طریق دیواره‌ها

^۱ - Separation

^۲ - Reynolds Number

به لایه مرزی یا با مکش جریان از لایه‌های مرزی، جدایی را به تأخیر انداخت [۲]. در صورت مسیر نبودن این روش‌ها در بعضی موارد ناچاراً با کاهش دبی می‌توان از بروز جدایی جلوگیری کرد [۱].

روش دیگری که در سال‌های اخیر برای این منظور پیشنهاد شده است القای خواص الاستیک در سیال موردنظر با استفاده از مواد افزودنی پلیمری است. ایده اصلی در این روش در حقیقت اصلاح میدان سرعت و میدان فشار در اثر خواص الاستیک مولکول‌های بزرگ و قابل انعطاف پلیمرها است که البته ایده‌ای شناخته شده محسوب می‌گردد. در روش مزبور از این نظر که جداسازی مواد افزودنی پلیمری از محلول نهایی معمولاً امری پرهزینه است، ممکن است در برخی از کاربردها چندان مطلوب نباشد. در ضمن القای خواص الاستیک در یک سیال اگرچه ممکن است موجب تعویق جدایی گردد اما در عمل ممکن است منجر به بروز ناپایداری شده و مشکلات جدیدی را موجب گردد.

اخیراً نشان داده شده است که میدان مغناطیسی نیز، همانند افزودنی‌های پلیمری، توانایی تاثیر بر سینماتیک جریان در بسیاری از سیالات را دارد و با کمک میدان مغناطیسی نیز می‌توان از بروز پدیده جدایی جلوگیری کرد. امروزه سیستم‌های هیدرودینامیک مغناطیسی^۱ به صورت گسترده در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای مثال می‌توان از کاربرد این سیستم‌ها در ژنراتورهای قدرت، پمپ‌ها، شتاب دهنده‌ها، فیلترهای الکتروستاتیک و پالاینده‌ها و غیره نام برد [۳].

۱-۲- اهداف پروژه

اهداف کلی که در این رساله دنبال می‌شوند بصورت زیر می‌باشند:

- بررسی جریان در کانال‌های واگرا
- استخراج و حل معادلات حاکم بر جریان دو مدل مختلف از سیالات ویسکوالاستیک در حالت جریان خزشی در کانال‌های واگرا با دیواره نفوذناپذیر و دیواره متخلخل
- استخراج و حل معادلات حاکم بر جریان مدل‌های انتخابی در حالت جریان غیرخزشی در کانال‌های واگرا با دیواره نفوذناپذیر و دیواره متخلخل
- بررسی تاثیر خاصیت الاستیک سیالات ویسکوالاستیک انتخابی بر پدیده جدایی در کانال‌های واگرا

^۱ - Magnetohydrodynamic (MHD) Systems