دانشگاه مازندران
مجتمع آموزش عالی فنی و مهندس نوشیروانی
گروه مهندسی مکانیک

موضوع:

اعمال روشهای تحلیلی جدید بر روی سیال مرتبه چهار در درون کانال متخلخل

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی

استاد راهنما:

دکتر مفید گرجی

استاد مشاور:

دکتر داوود دومیری گنجی

نگارش:
محمد ابراهیم پور

پائیز ۱۳۸۸

با سپاس فراوان از اساتید گرانقدر

دکتر مفید گرجی

و

دکتر داوود دومیری گنجی

که در مراحل مختلف انجام این پروژه مرا بخوبی راهنمایی نمودند.

و

همچنین با تشکر از اساتید بزرگوار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل که در طول تحصیل اینجانب چراغ راه من بودند.

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

که صبر و شکیبایی را به من آموختند

چکیده:

نقص تئوری ناویر استوکس برای تشریح فیزیک سیالات غیر نیوتنی مانند خون، محلولهای پلیمری، رنگها، روغنهای مشخص و گریسها منجر به توسعه تئوریهای متعددی در مورد سیالات غیر نیوتنی شده است. در بین مدلهای فراوانی که برای تشریح سیالات غیر نیوتنی بکار میرود نوع خاصی از آنها با عنوان سیالات نوع دیفرانسیلی بیشتر مورد توجه قرارگرفته اند. در این مطالعه، جریان یکی از کاملترین سیالات غیر نیوتنی موجود، بنام سیال مرتبه چهار[۱] در داخل کانال متخلخل[۲] بررسی شده است. سیال جانبی با سرعت ثابت از طریق صفحه بالایی وارد کانال شده و با همان سرعت از طریق صفحه پائینی از کانال خارج میشود. پاسخها بر حسب پارامتر کمکی $\hbar$ بیان شده است و این پارامتر بگونه ای بهینه سازی شده است که دقیقترین پاسخها حاصل شود.. معادله حاکم بر جریان بوسیله دو روش تحلیلی HAM[۳] و HPM[۴] حل شده است در جداول مربوط به تغییر پارامترها مقادیر حاصل از دو روش را نشان دادیم. اختلاف مقادیر حاصل از دو روش بسیار کم بوده و لذا می توان به راحتی به پاسخها اعتماد نمود. نتایج حاصل از تحقیق بدین صورت است که با افزایش پارامترهای مربوط به عدد رینولدز[۵]، پارامتر ویسکوالاستیسیته، پارامتر سیال مرتبه چهار و پارامتر مربوط به سیال مرتبه سه مقدار سرعت سیال مرتبه چهارم کاهش می یابد. البته تاثیر هریک بر پروفیل سرعت به عوامل بسیاری بستگی دارد. بعنوان مثال تاثیر پارامتر ثابت لامه، γ، در مقادیر کوچکتر، β، بشتر است تا مقادیر بزگتر آن. همچنین در اعداد رینولدز عرضی پائینتر، تاثیر هریک از پارامترها بسیار بیشتر است. به عبارت بهتر هرچه عدد رینولدز عرضی افزایش یابد تاثیر سایر پارامترها کاهش می یابد.

نکته مهم دیگر مربوط به انحراف پروفیل سرعت در رینولدزهای جانبی مختلف میباشد. بدین صورت که هرچه رینولدز بیشتر میشود پروفیل سرعت از سمت دیواره تحت دمش بیشتر به سمت دیواره تحت مکش منحرف

۱ -Fourth grade fluid
۲ -Porous Channel
۳ -Homotopy Analysis Method
٤ - Homotopy Perturbation Method
٥ -Reynolds Number

میشود. البته در حالت خاص که دیواره متخلخل نباشد (تزریق و مکش سیال از طریق دیواره ها وجود نداشته باشد) نیز پروفیل سرعت برای سیال مرتبه چهارم کاملا" متقارن نیست بلکه اندکی انحراف دارد که این انحراف مربوط به پارامتر γ می باشد. در پایان نیز تاثیر تغییرات پارامترهای مختلف در اعداد رینولدز عرضی مختلف با یکدیگر مقایسه شده اند.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱ مقدمه ۱
مقدمه ۲
۱-۱ پیشینه تحقیق ۳
۱-۱-۱ سیال نیوتنی در داخل کانال متخلخل ۳
۱-۱-۲ سیالات ویسکوالاستیک مرتبه دو ۳
۱-۱-۳ سیالات ویسکوالاستیک مرتبه سه ۵
۱-۱-۴ سیالات ویسکوالاستیک مرتبه چهار ۶
۱-۲ ضرورت و اهداف تحقیق ۷
۲- مکانیک سیالات غیر نیوتنی ۸
مقدمه ۹
۲-۱سیالات غیر نیوتنی ۹
۲-۲ سیالات غیر نیوتنی مستقل از زمان ۱۰
۲- ۳ سیالات غیر نیوتنی تابع زمان ۱۳
۲- ۴ سیالات ویسکوالاستیک ۱۸
۲- ۴-۱ معرفی سیالات ویسکوالاستیک ۱۸
۲- ۴-۲ برخی رفتارهای سیال ویسکوالاستیک ۱۵
۲-۴-۲-۱- تغییر شکل سطح آزاد یک سیال در حال چرخش ۱۵
۲-۴-۲-۲ تغییر جهت جریانهای ثانویه یک جریان در حال چرخش ۱۹
۲-۴-۳ آماسیدگی جت ۱۹
۲- ۴-۴ جریان یک سیال ویسکوالاستیک در یک کانال باز شیب دار ۲۰
۲- ۴- ۵ جریانهای ثانویه در مجراهای غیرمدور ۲۰
۲- ۴-۶ بازگشت فنری ۲۱
۲- ۴ -۷ سیفون بدون لوله ۲۲
۲- ۵ کاربرد مواد ویسکوالاستیک ۲۲
۲-۶ منشاء فیزیکی رفتار ویسکوالاستیک در پلیمرها ۲۳
۲-۷ برخی پارامترهای مهم در جریان سیالات ویسکوالاستیک ۲۶
۲-۸ مدل سازی سیالات ویسکوالاستیک ۲۸

۲ -۸-۱ مدل های ویسکوالاستیک خطی ۳۱
۲-۸-۱-۱ مدل ماکسول ۳۳
۲-۸-۱-۲ مدل کلوین – ویت ۳۴
۲-۸-۱-۳ مدل برگرز ۳۵
۲-۸-۱-۴ مدل ماکسول توسعه یافته ۳۶
۲- ۸-۲ مدل های ویسکوالاستیک غیرخطی ۳۷
۲- ۸–۲-۱خانواده مدل های اولدروید ۳۸
۲-۸-۲-۲مدل راینر – ریولین ۴۴
۲-۹ سیالات نوع دیفرانسیلی ۴۵
۲ –۹-۱ سیال نوع صفرم. ۴۷
۲ – ۹-۲ سیال مرتبه اول (سیال نیوتنی) ۴۷
۲ – ۹-۳ سیال مرتبه دو ۴۸
۲ – ۹-۴ سیال مرتبه ۳ ..... ۴۹
۲ –۹- ۵ سیال مرتبه ۴ ..... ۵۰
۳ -تخلخل ۵۲
مقدمه ۵۳
۳-۱- تخلخل ۵۶
۳-۲- سرعت نفوذ و معادله ی پیوستگی ۵۷
۳-۳- معادله مومنتوم : قانون دارسی ۵۹
۳-۳-۱ قانون دارسی : تراوایی ۵۹
۳-۳-۲ مدل های تحلیلی منجر به قانون دارسی ۶۰
۳- ۴سیال غیر نیوتنی ۶۱
۳-۵- شرایط مرزی هیدرودینامیکی ۶۲
۳-۶- تاثیرات تغییرات تخلخل ۶۴
۳-۷ – جریان سیال در کانال متخلخل ۶۶
۳-۷-۱ جریان سیال نیوتنی بین دوصفحه متخلخل ۶۶
۳-۷-۲ تاثیرات غیرخطی:(جریان در کانال متخلخل) ۶۸
۴ - معادلات حاکم بر جریان سیال مرتبه ۴ در داخل کانال متخلخل ۷۳
مقدمه ۷۳
۴-۱ معادله پیوستگی ۷۳
۴-۲ معادله ممنتوم ۷۳

۴-۳ فرضیات مسئله ۷۵
۴-۴ بررسی مسئله ۸۰
۴- ۵ شرایط مرزی ۸۱
۵ – اعمال روشهای تحلیلی جدید ۸۲
مقدمه ۸۳
۵-۱- اساس روش هموتوپی پرتوربیشن ۸۴
۵- ۱- ۱ مثالی از روش هموتوپی پرتوربیشن ۸۶
۵-۲- اساس روش هموتوپی تحلیلی ۸۹
۵- ۲- ۱ مثالی از روش هموتوپی تحلیلی ۹۳
۵–۳– حل معادلات حاکم بر جریان سیال مرتبه چهارم در داخل کانال متخلخل ۹۵
۵-۳-۱ – به کمک روش هموتوپی پرتوربیشن ۹۵
۵-۳-۲ – به کمک روش هموتوپی تحلیلی ۹۹
۶ – نتایج ۱۰۲
مقدمه ۱۰۲
۶-۱: بررسی درستی پاسخها ۱۰۲
۶-۲: تاثیر تغییر پارامترهای مختلف بر روی پروفیل سرعت سیال مرتبه چهار ۱۰۶
۶ -۲-۱: تاثیر تغییر عدد رینولدز دیواره ۱۰۶
۶-۲-۲: تاثیر تغییر پارامتر γ ۱۰۸
۶-۲-۳: تاثیر تغییر پارامتر β ۱۱۲
۷- نتیجه گیری و پیشنهادات برای آینده ۱۱۳
۷-۱: نتیجه‌گیری ۱۱۴
۷-۲: پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده ۱۱۵
مراجع ۱۱۶

فهرست اشکال:

۲-۱	منحنی های تنش برشی در برابر نرخ برش برای سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی مستقل از زمان	۱۰
۲-۲	منحنی های تنش برشی در برابر نرخ برش برای سیالات غیر نیوتنی تابع زمان	۱۲
۲-۳	طرح شماتیک جریان برشی ساده (جریان کوئت)	۱۳
۲-۴	خواص رئولوژیکی محلول ۶/۸٪ پلی ایزوبوتیلن در ستان و در دمای $۲۴C^{\circ}$	۱۵
۲-۵	اعمال چرخش به سیال نیوتنی N و سیال ویسکو الاستیک V	۱۶
۲-۶	تغییر جهت های ثانویه در عمق یک جریان در حال چرخش سیال نیوتنی N– سیال ویسکوالاستیک V	۱۷
۲-۷	تورم جت یک سیال ویسکوالاستیک در نزدیکی سر نازل	۱۷
۲-۸	دور شدن موقعیت تورم با افزایش عدد رینولدز از a تا c	۱۸
۲-۹	طرح شماتیک جریان روی یک کانال باز شیبدار	۱۸
۲-۱۰	جریانهای ثانویه در جریان پلی ایزو بوتیلن در $De = ۷۰$	۱۹
۲-۱۱	بازگشت فنری یک سیال ویسکوالاستیک	۲۰
۲-۱۲	سیفون بدون لوله سیالات ویسکو الاستیک	۲۰
۲-۱۳	تغییر آرایش مولکولهای پلیمری از حالت پایدار تصادفی به حالت جدید در اثر بارگذاری	۲۲
۲-۱۴	شبکه مولکولی دارای گره خوردگی مربوط به محلولهای غلیظ و مذابهای پلیمری	۲۴
۲-۱۵	دیاگرامهای زمان اعمال تغییر شکل در مواد گوناگون	۲۵
۲-۱۶	دیاگرام پیپکین	۲۶
۲-۱۷	مدل جامد الاستیک (رابرت هوک (۱۶۳۶- ۱۷۰۳ میلادی)	۲۷
۲-۱۸	مدل سیال نیوتنی(اسحاق نیوتن (۱۶۴۲-۱۷۲۶ میلادی))	۲۹
۲-۱۹	مدل ماکسول (جیمز کلرک ماکسول (۱۸۳۱-۱۸۷۹ میلادی)	۳۱
۲-۲۰	مدل کلوین ویت ویلیام تامسون (۱۸۲۴ – ۱۹۰۷ میلادی) و ولدمر ویت (۱۸۵۰- ۱۹۱۹ میلادی)	۳۲
۲-۲۱	مدل برگرز (جونس مارتینوس (۱۸۹۵- میلادی۱۹۸۱))	۳۳
۲-۲۲	مدل ماکسول توسعه یافته(دلتر ولچرت)	۳۴
۳-۱	ردیف بالا: نمونه هایی از مواد متخلخل طبیعی: A)شن ساحل. B) ریگ C) سنگ آهکی D) نان جو E) چوب F) ریه انسان. ردیف پایین: مواد دانه ای متخلخل با قطر ۰/۵ سانتی متر که در صنعت ساختمان بکار میرود	۴۹
۳-۲	حجم بنیادی شاخص: این شکل اندازه نسبی متوسط فضای جریان و ذرات ریز و درشت جامد را نمایش میدهد.	۵۰
۳-۳	گذار از ناحیه دارسی به ناحیه فورچ در جریان تک بعدی در محیط متخلخل اشباع شده هم دما (وارد۱۹۶۴)	۶۲
۳-۴	پروفیل سرعت جریان تک بعدی در درون کانال سیال که از یک جهت به دیوارهای نفوذناپذیر محدود شده و از طرف دیگر محیط متخلخل اشباع شده	۶۴
۳-۵	تغییر تخلخل نزدیک دیواره (چنگ ۱۹۹۱، با اجازه از ناشرین آکادمیک کلوور)	۶۵

۶-۳ شماتیک یک نوع کانال متخلخل(دیواره بالایی تحت دمش و دیواره پائینی تحت مکش سیال جانبی) ۶۷

۱-۴ شماتیک مسئله ۸۰

۱-۵ مقایسه بین سه روش PM، HPM و حل دقیق معادله (۵-۱۰) به ازای ε=۰/۶۵ ۸۷
۲-۵ مقایسه بین سه روش PM، HPM و حل دقیق معادله (۵-۱۰) به ازای ε=۰/۸ ۸۷
۳-۵ مقایسه بین سه روش PM، HPM و حل دقیق معادله (۵-۱۰) به ازای τ=۱ ۸۷
۴-۵ منحنی خطای روش‌های PM و HPM نسبت به حل دقیق معادله (۵-۱۰) ۸۷

۱-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, \gamma = ۲,\ R = ۰, ۱, ۲, ۵, ۱۰, ۱۵,\ K = ۰.۱$ ۱۰۶
۲-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, \gamma = ۲,\ R = ۰, ۱, ۲, ۵, ۱۰, ۱۵,\ K = ۰.۵$ ۱۰۶
۳-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۱,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۱$ ۱۰۹
۴-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۱,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۲$ ۱۰۹
۵-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۱,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۵$ ۱۰۹
۶-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۲,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۱$ ۱۱۰
۷-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۲,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۲$ ۱۱۰
۸-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۲,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۵$ ۱۱۰
۹-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۳,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۱$ ۱۱۰
۱۰-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۳,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۲$ ۱۱۰
۱۱-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۳,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۵$ ۱۱۰
۱۲-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۵,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۱$ ۱۱۱
۱۳-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۵,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۲$ ۱۱۱
۱۴-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1 = ۰.۱, \beta = ۵,\ \gamma_1 = ۰.۵, R = ۵,\ \gamma = ۱, ۲, ۴\ \ K = ۰.۵$ ۱۱۱

فهرست اشکال

۲-۱	منحنی های تنش برشی در برابر نرخ برش برای سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی مستقل از زمان	۱۲
۲-۲	منحنی های تنش برشی در برابر نرخ برش برای سیالات غیر نیوتنی تابع زمان	۱۴
۲-۳	طرح شماتیک جریان برشی ساده (جریان کوئت)	۱۵
۲-۴	خواص رئولوژیکی محلول ۶/۸٪ پلی ایزوبوتیلن در ستان و در دمای $۲۴C^{\circ}$	۱۷
۲-۵	اعمال چرخش به سیال نیوتنی N و سیال ویسکو الاستیک V	۱۸
۲-۶	تغییر جهت های ثانویه در عمق یک جریان در حال چرخش سیال نیوتنی N– سیال ویسکوالاستیک V	۱۹
۲-۷	تورم جت یک سیال ویسکوالاستیک در نزدیکی سر نازل	۱۹
۲-۸	دور شدن موقعیت تورم با افزایش عدد رینولدز از a تا c	۲۰
۲-۹	طرح شماتیک جریان روی یک کانال باز شیبدار	۲۰
۲-۱۰	جریانهای ثانویه در جریان پلی ایزو بوتیلن در $De = ۷۰$	۲۱
۲-۱۱	بازگشت فنری یک سیال ویسکوالاستیک	۲۲
۲-۱۲	سیفون بدون لوله سیالات ویسکو الاستیک	۲۲
۲-۱۳	تغییر آرایش مولکولهای پلیمری از حالت پایدار تصادفی به حالت جدید در اثر بارگذاری	۲۴
۲-۱۴	شبکه مولکولی دارای گره خوردگی مربوط به محلولهای غلیظ و مذابهای پلیمری	۲۶
۲-۱۵	دیاگرامهای زمان اعمال تغییر شکل در مواد گوناگون	۲۷
۲-۱۶	دیاگرام پیپکین	۲۸
۲-۱۷	مدل جامد الاستیک (رابرت هوک (۱۶۳۶- ۱۷۰۳ میلادی)	۲۹
۲-۱۸	مدل سیال نیوتنی(اسحاق نیوتن (۱۶۴۲-۱۷۲۶ میلادی))	۳۱
۲-۱۹	مدل ماکسول (جیمز کلرک ماکسول (۱۸۳۱-۱۸۷۹ میلادی)	۳۳
۲-۲۰	مدل کلوین ویت ویلیام تامسون (۱۸۲۴ – ۱۹۰۷ میلادی) و ولدمر ویت (۱۸۵۰- ۱۹۱۹ میلادی)	۳۴
۲-۲۱	مدل برگرز (جونس مارتینوس (۱۸۹۵- میلادی۱۹۸۱))	۳۵
۲-۲۲	مدل ماکسول توسعه یافته(دلتر ولچرت)	۳۶
۳-۱	ردیف بالا: نمونه هایی از مواد متخلخل طبیعی: A)شن ساحل. B) ریگ C) سنگ آهکی D) نان جو E) چوب F) ریه انسان. ردیف پایین: مواد دانه ای متخلخل با قطر ۰/۵ سانتی متر که در صنعت ساختمان بکار میرود	۵۴
۳-۲	حجم بنیادی شاخص: این شکل اندازه نسبی متوسط فضای جریان و ذرات ریز و درشت جامد را نمایش میدهد.	۵۵
۳-۳	پروفیل سرعت جریان تک بعدی در درون کانال سیال که از یک جهت به دیوارهای نفوذناپذیر محدود شده و از طرف دیگر محیط متخلخل اشباع شده	۶۳
۳-۴	تغییر تخلخل نزدیک دیواره (چنگ ۱۹۹۱، با اجازه از ناشرین آکادمیک کلوور)	۶۴
۳-۵	شماتیک یک نوع کانال متخلخل(دیواره بالایی تحت دمش و دیواره پائینی تحت مکش سیال جانبی)	۶۶

۴-۱ شماتیک مسئله ۸۰

۵-۱ مقایسه بین سه روش PM، HPM و حل دقیق معادله (۵-۱۰) به ازای ε=۰/۶۵ ۸۷
۵-۲ مقایسه بین سه روش PM، HPM و حل دقیق معادله (۵-۱۰) به ازای ε=۰/۸ ۸۷
۵-۳ مقایسه بین سه روش PM، HPM و حل دقیق معادله (۵-۱۰) به ازای τ=۱ ۸۸
۵-۴ منحنی خطای روش‌های PM و HPM نسبت به حل دقیق معادله (۵-۱۰) ۸۸

۶-۱ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0,\beta=5,\ \gamma_1=0,\ \gamma=0, R=1,\ K=0.1$ ۱۰۵
۶-۲ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0,\beta=5,\ \gamma_1=0,\ \gamma=0, R=1,\ K=0.5$ ۱۰۵
۶-۳ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,\gamma=2,\ R=0,1,2,5,10,15,\ K=0.1$ ۱۰۷
۶-۴ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,\gamma=2,\ R=0,1,2,5,10,15,\ K=0.5$ ۱۰۷
۶-۵ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=1,\ \gamma=1,2,4\ K=0.1$ ۱۰۹
۶-۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=1,\ \gamma=1,2,4\ K=0.2$ ۱۰۹
۶-۷ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=1,\ \gamma=1,2,4\ K=0.5$ ۱۰۹
۶-۸ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=2,\ \gamma=1,2,4\ K=0.1$ ۱۱۰
۶-۹ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=2,\ \gamma=1,2,4\ K=0.2$ ۱۱۰
۶-۱۰ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=2,\ \gamma=1,2,4\ K=0.5$ ۱۱۰
۶-۱۱ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=3,\ \gamma=1,2,4\ K=0.1$ ۱۱۰
۶-۱۲ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=3,\ \gamma=1,2,4\ K=0.2$ ۱۱۰
۶-۱۳ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=3,\ \gamma=1,2,4\ K=0.5$ ۱۱۰
۶-۱۴ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=5,\ \gamma=1,2,4\ K=0.1$ ۱۱۱
۶-۱۵ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=5,\ \gamma=1,2,4\ K=0.2$ ۱۱۱
۶-۱۶ نمایش پروفیل سرعت به ازای: $\beta_1=0.1,\beta=5,\ \gamma_1=0.5,R=5,\ \gamma=1,2,4\ K=0.5$ ۱۱۱

فهرست جداول

۱-۲	تبدیل ثابتها برای جامد الاستیک خطی همسانگرد	۳۰
۲-۲	ویسکوزیته و ثابتهای اختلاف تنش های نرمال اول و دوم برای مدل های مختلف اولدروید و مدل های دارای مرتبه پائین تر	۴۳
۱-۳	مشخصات مربوط به مواد متخلخل متداول[بر اساس اطلاعات اشدیگر(۱۹۷۴) و بیژن و لاگه (۱۹۹۱)]	۵۸
۱-۶	مقادیر بدست آمده برای سرعت سیال مرتبه سه در میانه کانال متخلخل برای $\beta_1 = ۰ , \gamma_1 = ۰, \gamma = ۰$	۱۰۴
۲-۶	مقادیر بدست آمده برای سرعت سیال مرتبه چهار $\beta_1 = ۰.۱ , \ \beta = ۵, \ \gamma = ۲, \ \gamma_1 = ۰.۱$	۱۰۶
۳-۶	مقادیر بدست آمده برای سرعت سیال مرتبه چهار در میانه کانال متخلخل برای $\beta_1 = ۰.۱, \ \beta = ۵, \ \gamma_1 = ۰.۵ \ , \gamma = ۱,۲,۴$	۱۰۸
۴-۶	مقادیر بدست آمده برای سرعت سیال مرتبه چهارم در میانه کانال متخلخل برای $\beta_1 = ۰.۱ , \ \gamma = ۲, \ \gamma_1 = ۰.۵, \beta = ۱,۲,۵$	۱۱۲

فصل اول

مقدمه

فصل دوم

مکانیک سیالات

غیر نیوتنی

فصل سوم

تخلخل

فصل چهارم

معادلات حاکم بر جریان سیال مرتبه چهار در داخل کانال متخلخل