بسم الله الرحمن الرحيم

١٤٣٧/١٤٦

دانشکده فنی

گروه مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

تحلیل قانون دوم جابجایی ترکیبی سیالات پاورلا برای بهینه سازی شکل کانال تحت دما و شار حرارتی ثابت دیواره در جریان آرام

از:

بهرنگ علیمحمدی سگوند

۱۳۸۹/۷/ ۳

استادان راهنما:

دکتر کوروش جواهرده

دکتر محمد نقاش زادگان

شهریور ۱۳۸۸

۱۴۱۴۳۷

تقدیم به خانواده عزیزم که با مهربانی شان همواره مشوق من بوده اند.

برخود لازم می دانم تا از زحمات استاد ارجمند جناب آقای دکتر جواهرده بدلیل زحمات بی دریغ ایشان که در به اتمام رساندن این رساله مرا صمیمانه یاری داده اند، تشکر و قدردانی نمایم.

تشکر ویژه ای از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر نقاش زادگان که از راهنمایی های ایشان بهره های فراوان برده ام دارم.

فهرست

چکیده فارسی..... ز
چکیده انگلیسی..... ث

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ مروری بر مقالات و کارهای انجام شده ۴

فصل دوم

معرفی سیال غیر نیوتنی

۲-۱- معرفی سیالات غیرنیوتنی و روابط رئولوژیکی حاکم بر آن‌ها..... ۷
۲-۱-۱- سیال نیوتنی ۷
۲-۱-۲ سیالات غیر نیوتنی..... ۸
۲-۱-۲-۱-تقسیم بندی سیالات غیرنیوتنی..... ۹
۲-۱-۲-۲-آشنایی مختصر با مایعات پلیمری..... ۲۰
۲-۲- انتقال حرارت سیالات غیرنیوتنی..... ۲۱
۲-۲-۱- انتقال حرارت به روش جابه جایی..... ۲۱
۲-۲-۱-۱- معرفی انواع مکانیزم های جا به جایی در یک صفحه..... ۲۲
۲-۲-۱-۲- قانون سرمایش نیوتن ۲۴
۲-۲-۲—اعداد بدون بعد مهم ۲۴
۲-۲-۲-۱- عدد رینولدز..... ۲۴
۲-۲-۲-۲-عدد گراشف..... ۲۵
۲-۲-۲-۳-عدد پرانتل..... ۲۵

فصل سوم

بررسی ریاضیات مساله و معادلات حاکم

۳-۱- تعریف مساله ۲۷
۳-۲- فیزیک مساله..... ۲۷
۳-۳- تشریح کلی مساله ۲۸
۳-۴—معادلات حاکم..... ۲۸
۳-۴-۱-پارامترهای بی بعد برای سیال نیوتنی ۳۰
۳-۴-۱-۱-معادلات شرایط سیال نیوتنی ۳۱
۳-۴-۲- پارامترهای بی بعد برای سیال غیر نیوتنی..... ۳۲

۳-۴-۱-۲-معادلات برای سیال غیر نیوتنی..... ۳۳
۳-۴-۲-- پارامترهای بی بعد برای سیال غیر نیوتنی(شار ثابت)..... ۳۳
۳-۴-۲-۲-معادلات برای سیال غیرنیوتنی..... ۳۴
۳-۴-۳- شرایط مرزی ۳۵
۳-۴-۵- انتروپی..... ۴۲
۳-۴-۵-۱- سیال نیوتنی..... ۴۲
۳-۴-۵-۲- سیال غیرنیوتنی..... ۴۲
فلوچارت کلی مسئله ۴۴

فصل چهارم

نتایج روش حل عددی (شرط مرزی دما ثابت)

۴-۱- بررسی عدم وابستگی نتایج به تعداد نقاط شبکه..... ۴۸
۴-۲- نحوه شبکه‌بندی..... ۴۸
۴-۳- مقایسه نتایج حاضر با سایرین..... ۴۹
۴-۴- کانتور خط جریان، نمودار سرعت جریان ۵۰
۴-۵- کانتور دما و سرعت..... ۵۱
۴-۶- بررسی تاثیر شاخص ویسکوزیته سیال پاورلا (n)..... ۵۲
۴-۷- بررسی تاثیر عدد پرانتل(Pr) ۵۴
۴-۷-۱ بررسی انتروپی..... ۵۹
۴-۸- بررسی اثرات عدد ریچاردسون (Ri) ۶۲
۴-۹- تحلیل انتروپی..... ۶۹

فصل پنجم

نتایج روش حل عددی(شرط مرزی شار ثابت)

۵-۱- کانتور دما و سرعت..... ۷۴
۵-۲- بررسی تاثیر شاخص ویسکوزیته سیال پاورلا (n)..... ۷۵
۵-۳- بررسی تاثیر عدد پرانتل (Pr)..... ۷۷
۵-۳-۱- بررسی انتروپی..... ۸۲
۵-۴- بررسی ریچاردسون..... ۸۵
۵-۴-۱- تحلیل انتروپی..... ۹۳

فصل ششم

نتیجه گیری

۶-۱- نتیجه‌گیری..... ۹۷
-۱- پیشنهاد برای ادامه کار..... ۹۸

مراجع..... ۹۹

فهرست شکل ها

شکل۲-۳- حرکت برشی آرام بین دو صفحه موازی برای سیال نیوتنی در حالت پایدار..... ۷
شکل ۲-۴: منحنی جریان سیال نیوتنی..... ۸
شکل۲-۵: منحنی جریان سیالات مستقل از زمان..... ۱۰
شکل ۲-۶ : منحنی لگاریتمی تنش بر حسب کرنش برای سیال پاورلا..... ۱۳
شکل۲-۷: منحنی ویسکوزیته ظاهری بر حسب شدت برش برای سیال غیر نیوتنی پاورلا..... ۱۵
شکل ۲-۸:منحنی جریان سیال تیکسوتروپیک (اندازه گیری در زمان‌های مختلف) و ثابت نماندن لزجت آن ۱۶
شکل ۲-۹: نمودار تغییرات ویسکوزیته نسبت به زمان سیال وابسته به زمان..... ۱۷
شکل ۲-۱۰: منحنی‌های جریان سیالات غیرنیوتنی تابع زمان در آزمایشات منفرد پایدار..... ۱۷
شکل ۲-۱۱: منحنی آسودگی از تنش پس از قطع برش یکنواخت..... ۱۹
شکل ۲-۱۲: منحنی بازیابی کرنش (بازگشت الاستیک) پس از قطع یک تنش..... ۱۹
شکل ۳-۱-جریان سیال در کانال با تقارن محوری..... ۲۷
شکل۴-۱شبکه بندی 400×50 ..... ۴۹
شکل ۴-۲کانتور خط جریان..... ۵۰
شکل ۴-۳ کانتور سه بعدی سرعت در Ri=۱، Pr=۰,۷ سیال شبه پلاستیک (n=۰,۵) ۵۱
شکل ۴-۴ کانتور سه بعدی دمادر Ri=۱، Pr=۰,۷ سیال شبه پلاستیک (n=۰,۵)..... ۵۱
شکل ۴-۵کانتور سه بعدی دمادر Ri=۱، Pr=۵ سیال شبه پلاستیک (n=۰,۵)..... ۵۲
شکل ۴-۶ توزیع محوری نوسلت موضعی در مقادیر مختلف n، Pr=۰,۷..... ۵۲
شکل ۴-۷توزیع محوری نوسلت موضعی در مقادیر مختلف n، Pr=۲۰..... ۵۳
شکل۴-۸ پروفیل سرعت در در مقادیر مختلف n , Ri=۱, Pr=۵-۲۰..... ۵۳
شکل ۴-۹پروفیل سرعت در در مقادیر مختلفn, Ri=۱ , Pr=۵-۲۰ ..... ۵۳
شکل ۴-۱۰پروفیل دما در مقادیر مختلف n, Ri=۱, Pr=۵-۲۰..... ۵۴
شکل ۴-۱۱پروفیل دما در مقادیر مختلف n, Ri=۱ , Pr=۵-۲۰ ..... ۵۴
شکل ۴-۱۲ پروفیل سرعت در n=۱,۵ , Ri=۱ ومقادیر مختلف Pr..... ۵۵
شکل ۴-۱۳ پروفیل سرعت در n=۱,۰ , Ri=۱ ومقادیر مختلف Pr..... ۵۵
شکل ۴-۱۴پروفیل سرعت در n=۰,۵ , Ri=۱ ومقادیر مختلف Pr..... ۵۶
شکل ۴-۱۵پروفیل سرعت در Pr=۰,۷-۵ وRi=۱ و مقادیر مختلف n ۵۶
شکل ۴-۱۶پروفیل دما درn=۰,۵,Ri=۱ و مقادیر مختلف Pr..... ۵۶
شکل ۴-۱۷پروفیل دما در n=۱,Ri=۱ و مقادیر مختلف Pr..... ۵۷
شکل ۴-۱۸پروفیل دما درn=۱,۵,Ri=۱ و مقادیر مختلف Pr..... ۵۷
شکل ۴-۱۹پروفیل دما در Ri=۱ , Pr=۰,۷-۵ و مقادیر مختلف n..... ۵۷
شکل ۴-۲۰توزیع محوری نوسلت موضعی درn=۱,۵ و مقادیر مختلف Pr..... ۵۸
شکل۴-۲۱توزیع محوری نوسلت موضعی در n=۱ و مقادیر مختلف Pr..... ۵۸
شک۴-۲۲توزیع محوری نوسلت موضعی در n=۰,۵ و مقادیر مختلف Pr..... ۵۸
شکل ۴-۲۳توزیع محوری نوسلت موضعی به ازاء مقادیر مختلف n,Pr..... ۵۹
شکل ۴-۲۴مقادیر ضریب اصطکاک به ازاء مقدیر مختلف n,Pr ۵۹

شکل ۴-۲۵پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱, n=۱,۵ و مقادیر مختلف Pr... ۶۰
شکل ۴-۲۶پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱, n=۱ و مقادیر مختلف Pr ۶۰
شکل ۴-۲۷پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱, n=۰,۵ و مقادیر مختلف Pr ۶۰
شکل ۴-۲۸پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ , Pr=۰,۷-۵ و مقادیرمختلفn... ۶۱
شکل ۴-۲۹پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ , Pr=۰,۷-۲۰ ومقادیرمختلفn ۶۱
شکل ۴-۳۰پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ , Pr=۵-۲۰ ومقادیرمختلفn ۶۱
شکل۴-۳۱پروفیل تولیدانتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ , Pr=۰,۷-۵-۲۰ مقادیرمختلفn... ۶۲
شکل۴-۳۲پروفیل تولید انتروپی ناشی از اصطکاک در Ri=۱ , Pr=۰,۷-۵-۲۰ ومقادیرمختلفn ۶۲
شکل۴-۳۳پروفیل سرعت در Pr=۵,n=۱,۵ و مقادیر مختلف Ri... ۶۳
شکل ۴-۳۴پروفیل سرعت در Pr=۵,n=۱ و مقادیر مختلف Ri ۶۳
شکل ۴-۳۵پروفیل سرعت در Pr=۵,n=۰,۵ و مقادیر مختلف Ri... ۶۴
شکل ۴-۳۶پروفیل سرعت در Pr=۵ , Ri=۱-۳ومقادیر مختلف n ۶۴
شکل ۴-۳۷پروفیل سرعت در Pr=۵ , Ri=۱-۱۰ومقادیر مختلف n ۶۴
شکل ۴-۳۸پروفیل سرعت در Pr=۵ , Ri=۳-۱۰ومقادیر مختلف n... ۶۵
شکل ۴-۳۹پروفیل دما در Pr=۵ ,n=۰,۵ و Ri=۱-۳-۱۰ ۶۵
شکل ۴-۴۰پروفیل دما در Pr=۵ ,n=۱ و Ri=۱-۳-۱۰ ۶۵
شکل ۴-۴۱ پروفیل دما در Pr=۵ ,n=۱,۵ و Ri=۱-۳-۱۰ ۶۶
شکل ۴-۴۲پروفیل دما در Pr=۵ , Ri=۳-۱۰ و مقادیر مختلف n ۶۶
شکل ۴-۴۳پروفیل دما در Pr=۵ , Ri=۱-۱۰ و مقادیر مختلف n ۶۶
شکل ۴-۴۴پروفیل دما در Pr=۵ , Ri=۱-۳ و مقادیر مختلف n... ۶۷
شکل ۴-۴۵ پروفیل دما در Pr=۵ , Ri=۱-۳-۱۰ و مقادیر مختلف n ۶۷
شکل ۴-۴۶مقاذیر ضریب اصطکاک به ازاء مقادیر مختلف n و Ri ۶۷
شکل ۴-۴۷توزیع نوسلت در Pr=۵ , n=۰,۵ ومقادیر مختلف Ri... ۶۸
شکل ۴-۴۸ توزیع نوسلت در Pr=۵ , n=۱ ومقادیر مختلف Ri ۶۸
شکل ۴-۴۹توزیع نوسلت در Pr=۵ , n=۱,۵ ومقادیر مختلف Ri ۶۸
شکل ۴-۵۰ توزیع نوسلت در Pr=۵ , Ri=۱-۱۰ ومقادیر مختلف n... ۶۹
شکل ۴-۵۱ توزیع نوسلت در Pr=۵ ومقادیر مختلف n و Ri ۶۹
شکل ۴-۵۲ پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Pr=۵,n=۱,۵ و مقادیر مختلف Ri... ۷۰
شکل ۴-۵۳ پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Pr=۵,n=۱. و مقادیر مختلف Ri ۷۰
شکل ۴-۵۴ پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Pr=۵,n=۰,۵ و مقادیر مختلف Ri ۷۰
شکل ۴-۵۵پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Pr=۵,Ri=۱-۳ و مقادیر مختلف n... ۷۱
شکل ۴-۵۶پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Pr=۵,Ri=۱-۱۰ و مقادیر مختلف n ۷۱
شکل ۴-۵۷پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Pr=۵,Ri=۳-۱۰ و مقادیر مختلف n ۷۱
شکل ۴-۵۸ پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Pr=۵,Ri=۱-۳-۱۰ و مقادیر مختلف ... ۷۲
شکل ۴-۵۹ پروفیل تولید انتروپی ناشی از اصطکاک در Pr=۵,Ri=۱-۳-۱۰ و مقادیر مختلف n ۷۲
شکل ۵-۱کانتور سه بعدی سرعت در Ri=۱، Pr=۰,۷ سیال شبه پلاستیک (n=۰,۵) ۷۴
شکل ۵-۲کانتور سه بعدی دمادر Ri=۱، Pr=۰,۷ سیال شبه پلاستیک (n=۰,۵) ۷۴
شکل ۵-۳کانتور سه بعدی دمادر Ri=۱، Pr=۵ سیال شبه پلاستیک (n=۰,۵) ۷۵
شکل ۵-۴توزیع محوری نوسلت موضعی در Pr=۰,۵ و مقادیر مختلف n... ۷۵

شکل ۵-۵توزیع محوری نوسلت موضعی در Pr=۱۰و مقادیر مختلف n... ۷۶
شکل ۵-۶پروفیل سرعت در Ri=۱ ,مقادیر مختلف n و Pr=۰,۵-۲... ۷۶
شکل ۵-۷پروفیل سرعت در Ri=۱ ,مقادیر مختلف n و Pr=۰,۵-۱۰... ۷۶
شکل ۵-۸ پروفیل دما در مقادیر مختلف n, Ri=۱ , Pr=۰,۵-۲... ۷۷
شکل ۵-۹پروفیل دما در مقادیر مختلف n, Ri=۱ , Pr=۰,۵-۱۰... ۷۷
شکل ۵-۱۰پروفیل سرعت در n=۱,۵ و Ri=۱... ۷۸
شکل۵-۱۱ پروفیل سرعت در n=۱و Ri=۱ , مقادیر مختلف Pr... ۷۸
شکل ۵-۱۲پروفیل سرعت در Ri=۱ , n=۰,۵ و مقادیر مختلفPr... ۷۸
شکل ۵-۱۳پروفیل سرعت در Ri=۱ ,مقادیر مختلف n و Pr=۲-۱۰... ۷۹
شکل ۵-۱۴ضریب اصطکاک بر حسب مقادیر مختلف n وPr... ۷۹
شکل ۵-۱۵پروفیل دما در Ri=۱ , n=۱,۵ومقادیر مختلف Pr... ۷۹
شکل ۵-۱۶پروفیل دما در n=۱, Ri=۱ ومقادیر مختلف Pr... ۸۰
شکل ۵-۱۷ پروفیل دما در Ri=۱ , n=۰,۵ومقادیر مختلف Pr... ۸۰
شکل ۵-۱۸پروفیل دما در مقادیر مختلف n, Ri=۱ , Pr=۲-۱۰... ۸۰
شکل ۵-۱۹توزیع محوری نوسلت موضعی در n=۱,۵ و مقادیر مختلف Pr... ۸۱
شکل ۵-۲۰توزیع محوری نوسلت موضعی در n=۱ و مقادیر مختلف Pr... ۸۱
شکل ۵-۲۱توزیع محوری نوسلت موضعی در n=۰,۵ و مقادیر مختلف Pr... ۸۱
شکل ۵-۲۲توزیع محوری نوسلت موضعی در Pr=۰,۵-۱۰و مقادیر مختلف n... ۸۲
شکل ۵-۲۳پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ وn=۱,۵ و مقادیر مختلف Pr... ۸۲
شکل ۵-۲۴پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ وn=۱ و مقادیر مختلف Pr... ۸۳
شکل ۵-۲۵پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ وn=۰,۵ و مقادیر مختلف Pr... ۸۳
شکل۵-۲۶ پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ و Pr=۰,۵-۲ و مقادیر مختلف n... ۸۴
شکل ۵-۲۷پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ و Pr=۰,۵-۱۰ و مقادیر مختلف n... ۸۴
شکل ۵-۲۸پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ و Pr=۲-۱۰ و مقادیر مختلف n... ۸۴
شکل ۵-۲۹پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در Ri=۱ و Pr=۰,۵-۲-۱۰ ومقادیرمختلفn... ۸۵
شکل ۵-۳۰پروفیل تولید انتروپی ناشی ازاصطکاک در Ri=۱ و Pr=۰,۵-۲-۱۰ و مقادیر مختلف n... ۸۵
شکل ۵-۳۱پروفیل سرعت در n=۱,۵,Pr=۲ و مقادیر مختلف Ri... ۸۶
شکل ۵-۳۲پروفیل سرعت در n=۱,Pr=۲ و مقادیر مختلف Ri... ۸۶
شکل ۵-۳۳پروفیل سرعت در n=۰,۵,Pr=۲ و مقادیر مختلف Ri... ۸۷
شکل ۵-۳۴پروفیل سرعت در Pr=۲ , Ri=۱-۳ و n... ۸۷
شکل ۵-۳۵پروفیل سرعت در Pr=۲ , Ri =۱-۸ و n... ۸۷
شکل ۵-۳۶پروفیل سرعت در Pr=۲ , Ri =۳-۸ و n... ۸۸
شکل ۵-۳۷ ضریب اصطکاک بر حسب مقادیر مختلف n,Ri... ۸۸
شکل ۵-۳۸پروفیل دمادر Pr=۲, n=۰,۵ و مقادیر مختلف Ri... ۸۸
شکل ۵-۳۹پروفیل دمادر Pr=۲, n=۱ و مقادیر مختلف Ri... ۸۹
شکل ۵-۴۰پروفیل دمادر Pr=۲, n=۱,۵ و مقادیر مختلف Ri... ۸۹
شکل ۵-۴۱پروفیل دمادر Pr=۲ , Ri=۱-۳ , مقادیر مختلف n... ۸۹
شکل ۵-۴۲پروفیل دمادر Pr=۲ , Ri=۱-۸ , مقادیر مختلف n... ۹۰
شکل ۵-۴۳پروفیل دمادر Pr=۲ , Ri=۳-۸ , مقادیر مختلف n... ۹۰

شکل ۵-۴۴توزیع محوری نوسلت در$n=۱,۵,Pr=۲$ و مقادیر مختلف Ri ۹۰
شکل ۵-۴۵ توزیع محوری نوسلت در$n=۱,Pr=۲$ و مقادیر مختلف Ri ۹۱
شکل ۵-۴۶توزیع محوری نوسلت در$n=۰,۵,Pr=۲$ و مقادیر مختلف Ri ۹۱
شکل ۵-۴۷توزیع محوری نوسلت در$Pr=۲$, $Ri=۱-۳$ و مقادیر مختلف n ۹۱
شکل ۵-۴۸توزیع محوری نوسلت در$Pr=۲$, $Ri=۱-۸$ و مقادیر مختلف n ۹۲
شکل ۵-۴۹توزیع محوری نوسلت در$Pr=۲$, $Ri=۳-۸$ و مقادیر مختلف n ۹۲
شکل ۵-۵۰توزیع محوری نوسلت در$Pr=۲$ و مقادیر مختلف n و Ri ۹۲
شکل ۵-۵۱پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در $Pr=۲,n=۱,۵$ و مقادیر مختلف Ri ۹۳
شکل ۵-۵۲ تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در $Pr=۲,n=۱$ و مقادیر مختلف Ri ۹۳
شکل ۵-۵۳ پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در $Pr=۲,n=۰,۵$ و مقادیر مختلف Ri ۹۴
شکل ۵-۵۴پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در $Pr=۲,Ri=۱-۳$ و مقادیر مختلف n ۹۴
شکل ۵-۵۵پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در $Pr=۲,Ri=۱-۸$ و مقادیر مختلف n ۹۴
شکل ۵-۵۶پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در $Pr=۲,Ri=۳-۸$ و مقادیر مختلف n ۹۵
شکل ۵-۵۷پروفیل تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت در $Pr=۲,Ri=۱-۳-۸$ و مقادیر مختلف n ۹۵
شکل ۵-۵۸پروفیل تولید انتروپی ناشی از اصطکاک در $Pr=۲,Ri=۱-۳-۸$ و مقادیر مختلف n ۹۵

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱- جدول معادلات رئولوژیکی پیشنهاد شده برای سیالات غیر نیوتنی مستقل از زمان..... ۱۲
جدول۲-۲: مدلهای تجربی برای تنش برشی دیواره..... ۱۴
جدول۴-۱: ضریب انتقال حرارت و ضریب اصطکاک برای شبکه‌بندی‌های مختلف..... ۴۸
جدول۴-۲: مقایسه عدد نوسلت برای انتقال حرارت جابجایی ترکیبی در طول کانال سیال نیوتنی..... ۴۹
جدول۴-۳: مقایسه پارامترهای تولید انتروپی برای لوله و کانال برای سیال نیوتنی در شرایط دما ثابت..... ۷۲

فهرست علائم

θ	دمای بی بعد
υ	وسکوزیته سینماتیکی سیال
μ	ویسکوزیته دینامیکی سیال
ψ	تابع جریان
Ω	ورتیسیتی
$\bar{x}, \bar{y}$	سیستم ابعادی
S	انتروپی
N_t	تولید انتروپی ناشی از انتقال حرارت
N_f	تولید انتروپی ناشی از اصطکاک
C_f	ضریب اصطکاک
g	شتاب ثقل
Gr	عدد گراشف
K	شاخص پایداری سیال غیرنیوتنی
K_f	ضریب هدایت گرمایی
W	عرض کانال
n	شاخص ویسکوزیته پاورلا
Nu	عدد نوسلت موضعی
Pr	عدد پرانتل
Nu_m	عدد نوسلت متوسط
Re	عدد رینولدز
ρ	چگالی سیال
Ri	عدد ریچاردسون
T	دما
u, v	سرعت بدون بعد
L	طول کانال
$\bar{u}, \bar{v}$	جزءابعادی سرعت در جهات مختلف

زیر نویس

m	متوسط

بالانویس

$',''$	مشتق اول و دوم

چکیده

تحلیل قانون دوم جابجایی ترکیبی سیالات پاورلا برای بهینه سازی شکل کانال تحت دما و شار حرارتی ثابت دیواره درجریان آرام

بهرنگ علیمحمدی سگوند

در این پایان نامه مطالعه عددی انتقال حرارت ترکیبی سیال غیرنیوتنی در شرایط مرزی متفاوت دما ثابت(دیریشله) و شار ثابت (نیومن) در طول کانال مورد مطالعه قرار گرفته است. پروفیل سرعت ورودی به کانال با توجه به غیرنیوتنی بودن سیال به صورت سهمی(برای سیال نیوتنی به صورت یکنواخت) و پروفیل دما بصورت یکنواخت در نظر گرفته شده است. جریان سیال آرام و دو بعدی فرض می شود. فرمولبندی ریاضی مساله در حالت بی بعد و معادلات مربوطه، به روش اختلاف محدود(Finite difference) جدا و حل شده اند. تاثیر انتقال حرارت طبیعی به همراه جابجایی در شرایط فوق مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج نشان می دهد که در ابتدای کانال انتقال حرارت اجباری ناحیه غالب می باشد در حالی که در پایین دست جریان انتقال حرارت جابجایی آزاد ناحیه غالب است. با افزایش عدد پرانتل عدد نوسلت موضعی افزایش و ضریب اصطکاک کاهش می یابد، همچنین ضخامت لایه مرزی سرعت و دما کاهش می یابد.

با افزایش ریچاردسون میزان انتقال حرارت افزایش پیدا می کند و باعث عدد نوسلت موضعی و ضریب اصطکاک می گردد و همچنین ترمهای تولید انتروپی افزایش خواهند یافت.

با افزایش شاخص ویسکوزیته پاورلا در مقادیر ثابت ریچاردسون و پرانتل، شاهد کاهش عدد نوسلت موضعی و افزایش ضریب اصطکاک خواهیم بود.

کلید واژه: حل عددی، انتقال حرارت جابجایی ترکیبی سیال غیر نیوتنی ، کانال عمودی

Abstract

The second law analysis of mixed convection in power-law fluids for optimization the channel shape under the constant wall temperature and heat flux in laminar flow.
Behrang Alimohammadi sagvand

In this thesis, numerical study of mixed convection of non-Newtonian fluid in different boundary conditions of constant temperature and heat flux is investigated along a channel. Inlet velocity profile of channel, regarding the non-Newtonian fluid, is considered as a parabolic profile (for Newtonian fluid, such a profile is uniform), and temperature profile is considered uniform. The problem is assumed to be steady and two-dimensional. The formulation of such a mathematical model is done in dimensionless coordinates, and governing equations are resolved by means of the finite difference method. The effect of natural convection and forced convection is also investigated in the above mentioned conditions. Results show that forced convection in the entrance zone of channel is conquering, whereas mixed convection in the downstream fluid is conquering. The increase in Pr (Prantel number) results in the increase of the value of Nu (Nusselt number). In addition, the increase of value of Pr, decrease Friction coefficient, boundary layer thickness, and temperature. Increasing the value of Ri (Richardson), increase the amount of heat transfer. Consequently, the values of Nu, f and terms of entropy generation will decrease.
Increasing the power-law viscosity in constant values of Ri and Pr, results in the decrease of the value of Nu, and also causes the increase of the value of f.

Keywords: Numerical method, Mixed convection, Mixed convection of Non-Newtonian fluid, Vertical duct.

فصل اول:

مقدمه

۱-۱مقدمه

در علم مکانیک سیالات دو نگرش تئوریک و تجربی وجود دارد که به بررسی رفتار دینامیکی سیال می پردازد. در نگرش تئوریک ، علم هیدرودینامیک داریم که با معادلات حرکت اویلر در مورد سیال ایده ال فرضی شروع شده و تا حد قابل توجهی در اواخر قرن نوزدهم پیشرفت نمود بطوریکه در مواردی جوابگوی موضاعات مکانیک سیالات بود. ولی در عرصه علم هیدرولیک که متکی بر تجربیات آزمایشگاهی می باشد، علم کلاسیک هیدرودینامیک در تعارض بین نتایج تجربی بوده بطوریکه با رشد تکنولوژی دیگر معادلات حرکت اویلر جوابگوی مسائل علمی در زمینه سیالات نبود. بدیهی است که علت اختلاف بین نتایج هیدرودینامیک کلاسیک و علم هیدرولیک مبتنی بر تجربه، صرف نظر کردن از اصطکاک سیال می باشد. با ارائه معادلات حرکت سیالات (معادلات ناویر-استوکس) راه حل حرکت سیالات توام با اصطکاک با استفاده از علوم ریاضی و روشهای عددی ارائه شده، هموار شده است. حل معادلات حاکم در مکانیک سیالات یکی از مطرح ترین مسائل در علوم مهندسی است. در اغلب موارد فرمولبندی قوانین مکانیک سیالات به صورت معادلات دیفرانسیل جزئی[1] در می آید.بیشتر معادلات به صورت معادلات دیفرانسیل پاره ای مرتبه دوم ظاهر می شود و بنابراین در مکانیک سیالات و انتقال حرارت از اهمیت ویژه ای برخوردارند. عموما، معادلات حاکم در مکانیک سیالات یک مجموعه معادلات پاره ای غیر خطی و وابسته را ایجاد می کنند که باید در یک قلمرو ناهموار با شرایط مرزی اولیه و مرزی مختلف حل شوند. در بیشتر موارد، حل تحلیلی معادلات مکانیک سیالات بسیار محدود است. با اعمال شرایط مرزی این تنگتر می شود. مکانیک سیالات تجربی می تواند اطلاعات مورد نیاز یک میدان جریان خاص را فراهم کند. در هر حال به علت محدودیتهای تجهیزاتی، مانند اندازه نمونه آزمایش و تجهیزات آزمایشگاهی و همچنین مشکلات ناشی از عدم تشابه کامل با میدان جریان واقعی، کسب اطلاعات آزمایشگاهی در بیشتر میدانهای جریان غیر عملی است. به هر حال از نتایج آزمایشگاهی برای اثبات درستی حل معادلات ریاضی استفاده می شود. پس در طراحی، نتایج آزمایشگاهی و نتایج محاسباتی معادلات در کنار یکدیگر بکار می روند. روشی که در سالهای اخیر رواج زیادی یافته، در واقع روش دینامیک سیالات عددی است. البته تحلیل عددی از گذشته های دور دراز مطرح بوده است. در هر حال پیشرفت های بدست آمده در امر ساخت کامپیوترها که سبب افزایش حافظه و کارایی شد، امکان حل معادلات سیالات را با استفاده از روش های عددی مختلفی فراهم کرده است. بر خلاف مکانیک سیالات تجربی، شرایط جریان در ابعاد و اندازه های آن به راحتی قابل تغییرند تا اهداف طراحی مختلفی را بتوان برآورد کرد.

در طول سالیان اخیر، صنایع غذایی ، دارویی و شیمیایی برای رفع نیازهای بشر، توسعه روز افزونی یافته اند. در فرآیند تولید محصولات در این صنایع، عموما با سیالات جدیدی سر و کار دارند که رفتار برشی آنها را با استفاده از روابط مربوط به سیالات

[1] Partial Differential Equation

نیوتنی نمی توان بررسی نمود. از طرفی شمار زیادی از سیالاتی که در صنعت کاربرد داشته و دارای مشخصه " برش رقیق[1] " و " برش غلیظ " می باشند، سیال پاورلا نامیده می شود. تعدادی از این سیالات معروف در صنعت از قبیل پلاستیک های گداخته شده، پلیمرها، جسم خمیر مانند و غذاها، رفتار سیال غیر نیوتنی از خود نشان می دهند.

فرآیندهای انتقال حرارت در طیف وسیعی از کاربردهای صنعتی (بیوشیمیایی، صنایع غذایی، پلیمر و ...) وجود دارند.مسائل مربوط به جریان آرام و انتقال حرارت با جابجایی اجباری در کانال در طراحی مبدلهای حرارتی، خنک کاری سیستم های الکترونیکی و غیره، اهمیت بسزایی دارد. از طرفی مبدلهای حرارتی از تجهیزات اصلی انتقال حرارت می باشند و بهینه سازی در طراحی آنان از نظر افت فشار سیال و شدت انتقال گرما برای سیالات مختلفی که در آنها جاری هستند مورد توجه خاص علوم مهندسی می باشد. جریان آرام کاملا توسعه یافته از جمله مسائلی است که راجع به آن تحقیق و بررسی زیادی انجام گرفته است. این جریان بخصوص در کانالهایی که دارای قطر هیدرولیکی کوچکی هستند، اتفاق می افتد. عدد رینولدز در این نوع کانالها کوچک بوده و در نتیجه جریان بصورت آرام می باشد. انتقال حرارت جریان آرامبه نوع سیال جاری در کانال، شکل هندسی کانال، سرعت جریان ورودی، پروفیل دمای جریان و شرایط مرزی حرارتی بستگی دارد.

در تکنولوژی جدید، تعدادی از موضوعات در سیالات و انتقال حرارت دارای اهمیت خاصی هستند، از جمله این موضوعات، تحلیل قانون دوم است که امروزه نقش بسزایی در بهینه شدن کارایی دارد. تولید انتروپی به بازگشت ناپذیریها وابسته است که می توان به طور عمده به تولید انتروپی بواسطه تغییرات دما در عرض و طول جریان و تغییرات سرعت در عرض و طول جریان که در بر گیرنده از اصطکاک ناشی از ویسکوزیته می باشد، بیان نمود. تولید انتروپی کار مفید سیستم را تلف می کند، با توجه به این موضوع هر چه این مقدار افزایش پیدا کند باعث تلفات بیشتری خواهد شد که برای جبران آن احتیاج به کار خارجی بیشتری می باشد. امروزه در علم مهندسی اهمیت بیشتری به موضوع کاهش تولید اتروپی داده می شود، که بتوان ذخیره سازی انرژی بیشتری انجام داد. باالطبع بهینه شدن این امر کمک شایانی به صنایع مربوطه خواهد کرد.

مسائل مرتبط با سیال غیرنیوتنی در کانال و انتقال حرارت با شرایط مرزی متفاوت کاربردهای زیادی در علوم مهندسی از جمله در صنایع هوا و فضا، توربوماشین ها، مهندسی شیمی و پتروشیمی، مبدلهای حرارتی، علم شیمی، راکتورهای شیمیایی و راکتورهای هسته ای دارند.

[1] Shear thinning

۱-۲- مروری بر مقالات و کارهای انجام شده

از روابط بسیاری از سیالات کاربردی مهندسی که رفتاری بر خلاف رفتار نیوتنی از خود نمایش می دهند. تحقیقات اخیر در بسیاری از کاربردهای صنعتی ذکر شده در بالا، دال بر اهمیت انتقال حرارت جابجایی ترکیبی می باشند. تاثیرات انتقال حرارت جابجایی به طور گسترده مورد تحلیل قرار گرفته است (از تاثیرات انتقال حرارت طبیعی چشم پوشی شده است)، در بسیاری از عملکردهای مهندسی، تاثیرات انتقال حرارت طبیعی در حضور گرادیان دما فرض می شود و اغلب با شرایط انتقال حرارت جابجایی مقایسه می شوند که اختلافات اساسی بین این دو حالت به چشم می آید [۱]. مطالعه عددی بر انتقال حرارت جابجایی ترکیبی و انتقال جرم برای سیال نیوتنی صورت گرفته است[۲] . پروسه ای برای تخمین نرخ جریان و انتقال حرارت در جریان آرام در حالت انتقال حرارت ترکیبی در کانال صورت گرفته است [۳]. مسئله وقتی مشکلتر می شود که جریان ناپایدار یا در حالت متخلخل صورت پذیرد. انتقال حرارت ترکیبی در جریان آرام در کانال با مقطع مدور توسط چندین محقق مورد بررسی قرار گرفته است. نرسرهادیا [۱] حل تحلیلیی جابجایی ترکیبی در جریان آرام در کانال عمودی با شرایط مرزی شار ثابت را مورد بررسی قرار داده است[۴]. مطالعه عددی و تجربی بر انتقال حرارت در شرایط دما ثابت توسط لرینزی[۲] صورت پذیرفته است [۵]. تحلیل عددی با شرایط مرزی دما ثابت و شار ثابت در کانال عمودی با مقطع چهار ضلعی مورد بررسی قرار گرفته است[۶]. مقالات زیادی در کانالها با مقاطع متفاوت در رابطه با انتقال حرارت در سیالات غیرنوتنی در دست تهیه است. اخیرا بررسیهایی بر جریان اجباری سیال غیرنیوتنی در کانال صورت پذیرفته است. لرنزینی[۳] و شاهل محمود[۴] مطالعاتی بر جریان جابجایی اجباری سیال غیرنیوتنی پاورلا در کانال با مقطع چهار ضلعی انجام داده اند[۷]. رایدن آندرو[۵] آنالیز عددی برای سیال غیرنیوتنی در تحلیل سرعت و دما در کانال با مقطع حلقه ای انجام داده اند. هاکان[۶] جابجایی اجباری در جریان آرام را برای کانال با مقطع نیم دایره برای سیال غیرنیوتنی پاورلابه روش المان محدود تحلیل نموده است. اجلالی[۷] تحلیل جامعی از جابجایی اجباری در کانال مدور برای سیال غیرنیوتنی بینگهام پلاستیک ارائه داده است [۸]. هاکان[۸] و تانسیم[۹] تحلیلی در حالت جابجایی اجباری برای سیال پاورلا در کانال هم با مقطع دو صفحه موازی و هم دایره ای، برای آنالیز دما و نوسلت، در شرایط مرزی دما ثابت انجام داده اند [۹]. شیو[۱۰] تحلیلی در زمینه دما، در ناحیه توسعه یافته هم برای لوله و هم دو صفحه موازی در شرایط مرزی متفاوت را بررسی نموده است. تحلیل برای جریان برای جریان اجباری آرام در نظر گرفته می شود با این

---

۱ Norsarahaida
۲ G.Lorenzini
۳ lorenzini
۴ Shohel Mahmud
۵ Roydon Andrew
۶ Hakan F
۷ Ejlali
۸ Hakan
۹ Tansim
۱۰ Rossi di Schio

توصیف که جریان می تواندارای سرعت توسعه یافته و یا فاقد انتقال حرارت محوری باشد که هم برای سیال نیوتنی و هم غیرنیوتنی صادق است.

تاثیر نیروهای شناوری در جریان سیال غیر نیوتنی توسط بیسرنی[1] بررسی شده است [۱۰]. مطالعه ای از جابجایی اجباری جریان در ناحیه ورودی کانال (دو صفحه موازی) صورت گرفته است، که در هر دو مرجع پروفیلهای سرعت و دما با حل تابع جریان به روش اختلاف محدود حل شده است [۱۱]. اخیرا حل تحلیلیی برای سیال پاورلا در ناحیه توسعه یافته کانال (دو صفحه موازی) برای جریان جابجایی ترکیبی با شرایط مرزی دما ثابت صورت پذیرفته است[۱۲].تاثیرات انتقال حرارت طبیعی با انتقال حرارت جابجایی مقایسه شده که اختلافات اساسی بین این دو حالت به چشم می آید [۱۳]. مطالعه عددی بر انتقال حرارت جابجایی اجباری و انتقال جرم برای سیال نیوتنی صورت گرفته است[۱۴] .مطالعه عددی برای تخمین نرخ جریان و انتقال حرارت در حالت انتقال حرارت ترکیبی در کانال صورت گرفته است [۱۵].انتقال حرارت ترکیبی در جریان آرام در لوله توسط چندین محقق مورد بررسی قرار گرفته است [۱۶].حل عددی جابجایی ترکیبی در جریان آرام در کانال عمودی با شرایط مرزی متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است[۱۷]. مطالعه تجربی بر انتقال حرارت اجباری در لوله در شرایط شار ثابت صورت پذیرفته است [۱۸].مطالعه تجربی با شرایط مرزی دما ثابت در کانال عمودی با مقطع چهار ضلعی مورد بررسی قرار گرفته است[۱۹]. بررسی انتقال حرارت ترکیبی بر روی صفحه موج دار افقی در شرایط مرزی دما ثابت انجام شده است که نتایج آن در حالت صفحه صاف مورد مقایسه با رساله حاضر انجام گرفته است [۲۰]. بررسی انتقال حرارت در صفحات متخلخل افقی به ازاء شرایط مرزی متفاوت انجام شده است [۲۱]. انتقال جرم و حرارت در کانال مایل تحت شرط مرزی شار ثابت بررسی عددی و تجربی صورت گرفته است [۲۲]. مقالات زیادی در کانالها با مقاطع متفاوت در رابطه با انتقال حرارت در سیالات غیرنوتنی در دست تهیه است. اخیرا بررسیهایی بر جریان اجباری سیال غیرنیوتنی در کانال صورت پذیرفته است.

در پایان نامه حاضر، جریان آرام، تراکم ناپذیر و پایا با وجود انتقال حرارت در یک سیال غیرنیوتنی عبوری از کانال عمودی (دو صفحه موازی)، به صورت دو بعدی مورد تحلیل قرار گرفته است.معادلات پیوستگی، مومنتوم و انرژی با حل تابع جریان به روش اختلاف محدود حل شده است. دو شرط مرزی حرارتی شار ثابت و دما ثابت در نظر گرفته شده و از هیچ یک از جملات معادلات فوق (به دید ناچیز بودن) صرف نظر نشده است.با انجام حل عددی بر روی معادلات حاکم، تاثیر پارامترهایی همچون رینولدز، پرانتل، ریچاردسون، مشخصه سیال بر انتقال حرارت جابجایی ترکیبی و تولید انتروپی مورد بحث و تحلیل قرار گرفته است.

[1] C.Biserni