تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

طراحی معکوس مرزی انتقال حرارت بین دو صفحه موازی با جابجایی اجباری مغشوش وتابش محیط شفاف

استاد راهنما:

دکتر سید مسعود حسینی سروری

استاد مشاور:

مهندس سمیرا پایان

تحقیق و نگارش:

علی اکبر شکوهی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

تیر ۱۳۹۰

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان **طراحی معکوس مرزی انتقال حرارت بین دو صفحه موازی با جابجایی اجباری مغشوش وتابش محیط شفاف** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی توسط دانشجو علی اکبر شکوهی تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر سید مسعود حسینی سروری تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

علی اکبر شکوهی

این پایان نامه ۸ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۱۳۹۰/۰۴/۰۹ توسط هیئت داوران بررسی و درجه عالی به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	دکتر سید مسعود حسینی سروری		
استاد مشاور:	مهندس سمیرا پایان		
داور ۱:	دکتر امین بهزادمهر		
داور ۲:	دکتر علیرضا حسین نژاد		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر غلامحسین اکبری		

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب علی اکبر شکوهی تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام ونام خانوادگی دانشجو: علی اکبر شکوهی

امضاء

تقدیم به:

پدر و مادرم

خواهران و برادرانم

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانم از استاد ارجمندم جناب دکتر **سید مسعود حسینی سروری** که در مراحل انجام پایان‌نامه از راهنمایی‌ها و مساعدت‌های بی‌شائبه ایشان بهره‌مند بوده‌ام، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

از خانم مهندس **سمیرا پایان** به عنوان استاد مشاورم که در کلیه‌ی مراحل انجام پایان‌نامه با مشاوره‌های مناسب مرا یاری و مساعدت نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین از کلیه دوستان و عزیزانی که در انجام این پایان‌نامه از تجربه‌هایشان استفاده کردیم و به نوعی مرا در انجام این کار یاری دادند تشکر و قدردانی می‌کنم و برایشان آرزوی سربلندی و موفقیت دارم.

چکیده:

در این پایان نامه طراحی مرزی معکوس محفظه دو بعدی تشکیل شده از دو صفحه موازی با جابجایی اجباری و تابش بررسی می‌شود. مسئله شامل پیدا کردن توزیع شارحرارتی روی سطح گرمکن است، به طوری که هر دو مشخصه دما و شار حرارتی یکنواخت تعیین شده روی سطح طراحی ارضاء شوند. محیط بین دو صفحه موازی به عنوان محیط شفاف با رژیم جریان آشفته کاملاً توسعه یافته در نظر می‌شود. تمام خواص فیزیکی سیال ثابت فرض می‌شوند، اما گردابه آشفته جریان ثابت نیست. همچنین صفحات موازی دارای خواص تابشی ثابت هستند و جذب کننده و صادرکننده‌های خاکستری‌اند. برای حل مسئله انتقال حرارت حابجایی اجباری از روش حجم‌های محدود استفاده شده است، که در آن پروفیل سرعت و گردابه آشفته جریان از معادله‌های نیمه تجربی بدست می‌آیند. مسئله انتقال حرارت تابشی در محیط شفاف با استفاده از روش تابش خالص برای محفظه‌ها حل می‌شود. مسئله مستقیم شامل انتقال حرارت جابجایی و تابش مرزی است که به وسیله شرایط مرزی با هم ترکیب می‌شوند. مسئله معکوس با استفاده از روش گرادیان مزدوج برای پیدا کردن شار حرارتی گرمکن از طریق بهینه کردن تابع هدف حل می شود. تابع هدف بر اساس مجموع اختلاف مربعات بین شارهای حرارتی روی سطح طراحی قرار دارد و مؤلفه‌های ماتریس حساسیت برای استفاده در روش گرادیان مزدوج از روش مقدار مرزی محاسبه می‌گردد. بمنظور اعتبارسنجی حل معکوس ابتدا حل معکوس با مسئله مستقیم از طریق بازسازی معکوس مقایسه شده و در نهایت مسئله طراحی معکوس مرزی برای دو شرط مرزی گرمایی تعیین شده روی سطح طراحی بررسی می‌شود و توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن بدست می‌آید.

کلمات کلیدی: طراحی معکوس، انتقال حرارت ترکیبی جابجایی-تابش، جابجایی آشفته، تابش گرمایی، روش گرادیان مزدوج

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	**۱**
۱-۱- اهمیت بررسی انتقال حرارت جابجایی آشفته در کانال‌ها	۲
۱-۲- انتقال حرارت تابشی در محفظه‌ها	۲
۱-۳- انتقال حرارت معکوس	۲
۱-۴- انتقال حرارت ترکیبی و اهمیت حل معکوس	۳
۱-۵- مروری بر مطالعات پیشین در زمینه طراحی معکوس مرزی	۴
۱-۶- پژوهش حاضر	۶
فصل دوم: تعریف مسئله و معادلات حاکم	**۸**
۲-۱- طرح مسئله	۹
۲-۲- بررسی معادله‌های حرکت برای جریان آشفته کاملاً توسعه یافته بین دو صفحه موازی	۱۰
۲-۳- تئوری نیمه-تجربی جریان آشفته کانال دوبعدی	۱۳
۲-۴- بررسی معادله انرژی برای جریان آشفته کاملاً توسعه یافته از نظر جریان	۱۶
۲-۵- روش گسسته‌سازی حجم‌های محدود	۱۷
۲-۶- روش تابش کلی برای محفظه‌ها	۱۹
۲-۷- روش تارهای متقاطع هاتل	۲۱
۲-۸- شرایط مرزی	۲۳
۲-۹- مسئله مستقیم	۲۴
۲-۱۰- مسئله معکوس	۲۵
۲-۱۱- مسئله حساسیت	۲۶
۲-۱۲- شرایط مرزی مساله حساسیت	۲۷
۲-۱۳- الگوریتم محاسباتی مسئله معکوس	۲۸
۲-۱۴- شبکه‌بندی حل	۲۹
۲-۱۵- اعتبارسنجی	۲۹
فصل سوم: نتایج	**۳۲**
۳-۱- مقدمه	۳۳
۳-۲- مطالعه شبکه برای مسئله انتقال حرارت جابجایی	۳۴
۳-۳- مقایسه مسئله انتقال حرارت جابجایی آشفته با روابط تجربی	۳۷
۳-۴- مطالعه شبکه برای مسئله ترکیب انتقال حرارت جابجایی اجباری آشفته و تابش محیط شفاف	۳۹
۳-۵- بازسازی معکوس مرزی	۴۵
۳-۶- طراحی معکوس مرزی	۵۱
۳-۷- حالت اول طراحی معکوس مرزی	۵۱

۳-۸- حالت دوم طراحی معکوس مرزی ۵۷
۳-۹- حالت سوم طراحی معکوس مرزی ۶۴
۳-۱۰- حالت چهارم طراحی معکوس مرزی ۶۹
فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات **۷۵**
۴-۱- کلیات نتیجه گیری ۷۶
۴-۲- پیشنهادات ۷۷
مراجع **۷۸**
پیوست الف **۸۳**
پیوست ب **۹۹**

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول	صفحه
جدول ۲-۱: ضرایب حاصل از گسسته‌سازی به روش حجم‌های محدود	۱۹
جدول ۳-۱: مقادیر متوسط دماها در یک مقطع عرضی ثابت برای شبکه‌های مختلف و مقایسه آنها با شبکه 55×75، برای تعیین تعداد گره‌ها در جهت y برای اعتبار سنجی مسئله انتقال حرارت جابجایی، $\mathrm{Re}=2\times10^4$	۳۵
جدول ۳-۲: مقادیر متوسط دماها در یک مقطع طولی ثابت برای شبکه‌های مختلف و مقایسه آنها با شبکه 35×235، برای تعیین تعداد گره‌ها در جهت x برای اعتبار سنجی مسئله انتقال حرارت جابجایی، $\mathrm{Re}=2\times10^4$	۳۶
جدول ۳-۳: میانگین خطاهای نسبی برای عدد نوسلت محلی در مقایسه با مقادیر بدست آمده از روابط تجربی	۳۸
جدول ۳-۴: مقادیر متوسط دماها در یک مقطع عرضی ثابت برای شبکه‌های مختلف و مقایسه آنها با شبکه 55×35، برای تعیین تعداد گره‌ها در جهت y برای مسئله ترکیب انتقال حرارت جابجایی و تابش، $\mathrm{Re}=2\times10^4$, ε=0.8	۴۰
جدول ۳-۵: مقادیر متوسط دماها در یک مقطع طولی ثابت برای شبکه‌های مختلف و مقایسه آنها با شبکه 35×85، برای تعیین تعداد گره‌ها در جهت x برای مسئله ترکیب انتقال حرارت جابجایی و تابش، $\mathrm{Re}=2\times10^4$, ε=0.8	۴۱
جدول ۳-۶: مقادیر متوسط دماها در یک مقطع عرضی ثابت برای شبکه‌های مختلف و مقایسه آنها با شبکه 65×35، برای تعیین تعداد گره‌ها در جهت y برای مسئله ترکیب انتقال حرارت جابجایی و تابش، $\mathrm{Re}=5\times10^4$, ε=0.8	۴۲
جدول ۳-۷: مقادیر متوسط دماها در یک مقطع طولی ثابت برای شبکه‌های مختلف و مقایسه آنها با شبکه 45×95، برای تعیین تعداد گره‌ها در جهت x برای مسئله ترکیب انتقال حرارت جابجایی و تابش، $\mathrm{Re}=5\times10^4$, ε=0.8	۴۳
جدول ۳-۸: مقادیر متوسط دماها در یک مقطع عرضی ثابت برای شبکه‌های مختلف و مقایسه آنها با شبکه 65×35، برای تعیین تعداد گره‌ها در جهت y برای مسئله ترکیب انتقال حرارت جابجایی و تابش، $\mathrm{Re}=10^5$, ε=0.8	۴۴
جدول ۳-۹: مقادیر متوسط دماها در یک مقطع طولی ثابت برای شبکه‌های مختلف و مقایسه آنها با شبکه 45×95، برای تعیین تعداد گره‌ها در جهت x برای مسئله ترکیب انتقال حرارت جابجایی و تابش، $\mathrm{Re}=10^5$, ε=0.8	۴۵
جدول۳-۱۰: خطای متوسط روی سطح ۱ برای شار های حرارتی ناشی از بازسازی معکوس مرزی	۵۰
جدول ۳-۱۱: مقایسه خطاهای روی سطح طراحی ، تعداد تکرارهای حل معکوس و زمان اجرای برنامه برای حالت اول طراحی معکوس مرزی، $L_d/L_h=1$	۵۷
جدول ۳-۱۲: مقایسه خطاهای روی سطح طراحی ، تعداد تکرارهای حل معکوس و زمان اجرای برنامه برای حالت دوم طراحی معکوس مرزی ، $\mathbf{Re}=2\times10^4$	۶۳

جدول ۳-۱۳: مقایسه خطاهای روی سطح طراحی ، تعداد تکرارهای حل معکوس و زمان اجرای برنامه برای حالت سوم طراحی معکوس مرزی ، $\mathbf{Re} = 2\times10^4$ ۶۸
جدول ۳-۱۴: مقایسه خطاهای روی سطح طراحی ، تعداد تکرارهای حل معکوس و زمان اجرای برنامه برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی ۷۴

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۲-۱: شماتیکی از سیستم فیزیکی مورد بررسی	۹
شکل ۲-۲: جریان دوبعدی بین دو صفحه موازی	۱۰
شکل ۲-۳: جریان آرام وآشفته کاملاً توسعه یافته در یک کانال	۱۴
شکل ۲-۴: شبکه دوبعدی استفاده شده برای گسسته‌سازی به روش حجم محدود	۱۷
شکل ۲-۵: سطح مقطع محفظه‌ای با R سطح داخلی مجزا	۲۰
شکل ۲-۶: روش تارهای متقاطع هاتل برای تعیین ضرایب شکل	۲۱
شکل ۳-۱: شماتیکی از مسئله مورد بررسی برای انتقال حرارت جابجایی آشفته	۳۴
شکل ۳-۲: بررسی استقلال شبکه برای مسئله انتقال حرارت جابجایی در جهت y ، $\mathrm{Re}=2\times10^4$	۳۵
شکل ۳-۳: بررسی استقلال شبکه برای مسئله انتقال حرارت جابجایی در جهت x، $\mathrm{Re}=2\times10^4$	۳۶
شکل ۳-۴: مقایسه عدد نوسلت محلی با روابط تجربی برای اعتبار سنجی مسئله انتقال حرارت جابجایی، $\mathrm{Re}=10^5$	۳۷
شکل ۳-۵: مقایسه عدد نوسلت محلی با روابط تجربی برای اعتبار سنجی مسئله انتقال حرارت جابجایی، $\mathrm{Re}=5\times10^4$	۳۷
شکل ۳-۶: مقایسه عدد نوسلت محلی با روابط تجربی برای اعتبار سنجی مسئله انتقال حرارت جابجایی، $\mathrm{Re}=2\times10^4$	۳۸
شکل ۳-۷: بررسی استقلال شبکه برای انتقال حرارت ترکیبی جابجایی اجباری و تابش در جهت y ، $\mathrm{Re}=2\times10^4$, ε=0.8	۳۹
شکل ۳-۸: بررسی استقلال شبکه برای انتقال حرارت ترکیبی جابجایی اجباری و تابش در جهت x ، $\mathrm{Re}=2\times10^4$, ε=0.8	۴۰
شکل۳-۹: بررسی استقلال شبکه برای انتقال حرارت ترکیبی جابجایی اجباری و تابش در جهت y ، $\mathrm{Re}=5\times10^4$, ε=0.8	۴۱
شکل ۳-۱۰: بررسی استقلال شبکه برای انتقال حرارت ترکیبی جابجایی اجباری و تابش در جهت x ، $\mathrm{Re}=5\times10^4$, ε=0.8	۴۲
شکل ۳-۱۲: بررسی استقلال شبکه برای انتقال حرارت ترکیبی جابجایی اجباری و تابش در جهت y ، $\mathrm{Re}=10^5$, ε=0.8	۴۳
شکل ۳-۱۳: بررسی استقلال شبکه برای انتقال حرارت ترکیبی جابجایی اجباری و تابش در جهت x ، $\mathrm{Re}=10^5$, ε=0.8	۴۴
شکل ۳-۱۳: مقایسه شارهای حرارتی روی سطح ۲ ناشی از بازسازی معکوس و حل مستقیم برای $\mathrm{Re}=2\times10^4$	۴۶
شکل ۳-۱۴: مقایسه شارهای حرارتی روی سطح ۲ ناشی از بازسازی معکوس و حل مستقیم	۴۶

برای $\mathrm{Re}=5\times10^4$
شکل ۳-۱۵: مقایسه شارهای حرارتی روی سطح ۲ ناشی از بازسازی معکوس و حل مستقیم برای $\mathrm{Re}=10^5$ ۴۷
شکل ۳-۱۶: مقایسه شارهای حرارتی کل روی سطح ۲ ناشی از بازسازی معکوس مرزی ۴۸
شکل ۳-۱۷: مقایسه شارهای حرارتی روی سطح ۱ ناشی از بازسازی معکوس مرزی $\mathrm{Re}=2\times10^4$, ε=0.8 ۴۸
شکل ۳-۱۸: مقایسه شارهای حرارتی روی سطح ۱ ناشی از بازسازی معکوس مرزی $\mathrm{Re}=5\times10^4$, ε=0.8 ۴۹
شکل ۳-۱۹: مقایسه شارهای حرارتی روی سطح ۱ ناشی از بازسازی معکوس مرزی $\mathrm{Re}=10^5$, ε=0.8 ۴۹
شکل ۳-۲۰: خطاهای نسبی روی سطح ۱ ناشی از بازسازی معکوس مرزی ۵۰
شکل ۳-۲۱: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت اول طراحی معکوس مرزی، $\mathbf{Re}=2\times10^4$, $L_d/L_h=1$ ۵۲
شکل ۳-۲۲: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت اول طراحی معکوس مرزی، $\mathbf{Re}=5\times10^4$, $L_d/L_h=1$ ۵۲
شکل ۳-۲۳: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت اول طراحی معکوس مرزی، $\mathbf{Re}=10^5$, $L_d/L_h=1$ ۵۳
شکل ۳-۲۴: مقایسه شار حرارتی کل روی سطح گرمکن برای حالت اول طراحی معکوس مرزی ، $L_d/L_h=1$ ۵۴
شکل ۳-۲۵: مقایسه شار حرارتی تابشی روی سطح گرمکن بای حالت اول طراحی معکوس مرزی، $L_d/L_h=1$ ۵۵
شکل ۳-۲۶: مقایسه شار حرارتی جابجایی روی سطح گرمکن برای حالت اول طراحی معکوس مرزی، $L_d/L_h=1$ ۵۵
شکل ۳-۲۷: مقایسه شار حرارتی کل بدست آمده روی سطح طراحی با شار حرارتی کل اعمالی برای حالت اول طراحی معکوس مرزی، $L_d/L_h=1$ ۵۶
شکل ۳-۲۸: خطای نسبی روی سطح طراحی برای حالت اول طراحی معکوس مرزی، $L_d/L_h=1$ ۵۶
شکل ۳-۲۹: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت دوم طراحی معکوس مرزی، $L_d/L_h\approx0.8\ (end)$ ۵۸
شکل ۳-۳۰: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت دوم طراحی معکوس مرزی $L_d/L_h\approx0.65$ ، ۵۹
شکل ۳-۳۱: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت دوم طراحی معکوس مرزی $L_d/L_h\approx0.8\ (start)$ ، ۵۹
شکل ۳-۳۲: مقایسه شار حرارتی کل روی سطح گرمکن برای حالت دوم طراحی معکوس مرزی ، $\mathbf{Re}=2\times10^4$ ۶۰
شکل ۳-۳۳: مقایسه شار حرارتی تابشی روی سطح گرمکن برای حالت دوم طراحی معکوس ۶۱

مرزی ، $\mathbf{Re} = 2\times10^4$
شکل ۳-۳۴: مقایسه شار حرارتی جابجایی روی سطح گرمکن برای حالت دوم طراحی معکوس مرزی ، $\mathbf{Re} = 2\times10^4$ ۶۱
شکل ۳-۳۵: مقایسه شار حرارتی کل بدست آمده روی سطح طراحی با شار حرارتی کل اعمالی برای حالت دوم طراحی معکوس مرزی، $\mathbf{Re} = 2\times10^4$ ۶۲
شکل ۳-۳۶: خطای نسبی روی سطح طراحی برای حالت دوم طراحی معکوس مرزی، $\mathbf{Re} = 2\times10^4$ ۶۲
شکل ۳-۳۷: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت سوم طراحی معکوس مرزی، $\theta_d = 1.67$ ۶۴
شکل ۳-۳۸: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت سوم طراحی معکوس مرزی، $\theta_d = 1.33$ ۶۵
شکل ۳-۳۹: مقایسه شار حرارتی کل روی سطح گرمکن برای حالت سوم طراحی معکوس مرزی ، $\mathbf{Re} = 5\times10^4$ ۶۵
شکل ۳-۴۰: مقایسه شار حرارتی تابشی روی سطح گرمکن برای حالت سوم طراحی معکوس مرزی ، $\mathbf{Re} = 5\times10^4$ ۶۶
شکل ۳-۴۱: مقایسه شار حرارتی جابجایی روی سطح گرمکن برای حالت سوم طراحی معکوس مرزی ، $\mathbf{Re} = 5\times10^4$ ۶۶
شکل ۳-۴۲: مقایسه شار حرارتی کل بدست آمده روی سطح طراحی با شار حرارتی کل اعمالی برای حالت سوم طراحی معکوس مرزی، $\mathbf{Re} = 5\times10^4$ ۶۷
شکل ۳-۴۳: خطای نسبی روی سطح طراحی برای حالت سوم طراحی معکوس مرزی، $\mathbf{Re} = 5\times10^4$ ۶۸
شکل ۳-۴۴: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی، $\varepsilon = 0.35$ ۶۹
شکل ۳-۴۵: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی، $\varepsilon = 0.65$ ۷۰
شکل ۳-۴۶: توزیع شار حرارتی روی سطح گرمکن برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی، $\varepsilon = 0.95$ ۷۰
شکل ۳-۴۷: مقایسه شار حرارتی کل روی سطح گرمکن برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی ۷۱
شکل ۳-۴۸: مقایسه شار حرارتی تابشی روی سطح گرمکن برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی ۷۲
شکل ۳-۴۹: مقایسه شار حرارتی هدایتی روی سطح گرمکن برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی ۷۲
شکل ۳-۵۰: مقایسه شار حرارتی کل بدست آمده روی سطح طراحی با شار حرارتی کل اعمالی برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی ۷۳
شکل ۳-۵۱: خطای نسبی روی سطح طراحی برای حالت چهارم طراحی معکوس مرزی ۷۳

فهرست علائم

c_p	ظرفیت گرمایی ویژه سیال $\left(J/kg-K\right)$
d	جهت نزول در روش گرادیان مزدوج
D_h	قطر هیدرولیکی کانال
F_{j-k}	ضریب دید بین سطوح
f_m	ضریب اصطکاک سطحی
h	نصف فاصله بین دو صفحه موازی
H	فاصله بین دو صفحه موازی
h_m	ضریب میانگین انتقال حرارت جابجایی $\left(w/m^2-K\right)$
$h_{m,x}$	ضریب انتقال حرارت جابجایی محلی $\left(w/m^2-K\right)$
J_{mn}	مؤلفه‌های ماتریس حساسیت
k	ضریب هدایت پذیری سیال $\left(w/m-K\right)$
k_{eff}	ضریب هدایت پذیری مؤثر سیال $\left(w/m-K\right)$
L	طول کانال
L_d	طول سطح طراحی
L_h	طول سطح گرمکن
Nu_m	عدد نوسلت میانگین
$Nu_{m,x}$	عدد نوسلت محلی
Nu_∞	عدد نوسلت در ناحیه کاملاً توسعه یافته گرمایی
p	فشار
$\overline{p}$	مؤلفه میانگین فشار
p'	مؤلفه نوسانی فشار
Pr	عدد پرانتل
Pr_t	عدد پرانتل آشفته
Q	پارامتر بی بعد شار حرارتی $\left(q/q_{ref}\right)$
q_c	شار حرارتی جابجایی در مرز دیوار $\left(w/m^2\right)$
$q_{d,t}$	شار حرارتی کل روی سطح طراحی $\left(w/m^2\right)$
$q_{h,t}$	شار حرارتی کل روی سطح گرمکن $\left(w/m^2\right)$
q_j	شار حرارتی تابشی المان j ام تابشی $\left(w/m^2\right)$
q_r	شار حرارتی تابشی $\left(w/m^2\right)$
q_{ref}	شار حرارتی مرجع، σT_{ref}^4 $\left(w/m^2\right)$

q_t	شار حرارتی کل $\left(w/m^2\right)$
R	تعداد سطوح محفظه تابشی
$\mathbf{Re}_m$	عدد رینولدز بر حسب سرعت متوسط در مقطع عرضی و قطر هیدرودینامیکی
$S\left(P\right)$	تابع هدف
S_T	چشمه مربوط به معادله گرما
T	دمای سیال
$\overline{T}$	مؤلفه میانگین دما
T'	مؤلفه نوسانی دما
$T_\circ$	دمای در مقطع ورودی کانال
T_b	دمای توده‌ای سیال در مقطه عرضی
T_d	دمای سطح طراحی
T_h	دمای سطح گرمکن
T_j	دمای المان j اَم تابشی
$T\left(P\right)$	مقادیر تخمینی روی سطح طراحی
T_{ref}	دمای مرجع
T_w	دمای دیوار
u	سرعت در جهت افقی
U	بردار سرعت در حهت افقی
$\overline{u}$	مؤلفه میانگین سرعت در جهت افقی
$\overline{U}$	مؤلفه میانگین بردار سرعت در جهت افقی
u'	مؤلفه نوسانی سرعت در جهت افقی
U'	مؤلفه نوسانی بردار سرعت در جهت افقی
$U_\circ$	سرعت روی خط مرکزی کانال
$\overline{u}_m$	سرعت میانگین در مقطع عرضی کانال
$\overline{u}\left(y\right)$	پروفیل سرعت جریان آشفته کاملاً توسعه یافته
v	سرعت در جهت عمودی
$\overline{\mathrm{v}}$	مؤلفه میانگین سرعت در جهت عمودی
v′	مؤلفه نوسانی سرعت در جهت عمودی
w	سرعت در جهت عمود بر صفحه
$\overline{\mathrm{w}}$	مؤلفه میانگین سرعت در جهت عمود بر صفحه
w′	مؤلفه نوسانی سرعت در جهت عمود بر صفحه
x	جهت افقی
y	جهت عرضی
Y	بردار اندازه گیری شده روی سطح طراحی در روش گرادیان مزدوج
z	جهت عمود بر صفحه

حروف یونانی

α_λ	ضریب جذب پذیری سطح
β	اندازه گام در روش گرادیان مزدوج
γ	ضریب پیوستگی در روش گرادیان مزدوج
δ_{kj}	دلتای کرونکر
ε_{H}	گردابه آشفته گرما $\left(\mathrm{m}^2/\mathrm{s}\right)$
ε_{j}	ضریب صدور پذیری المان j اَم
ε_{m}	گردابه آشفته مولکولی $\left(\mathrm{m}^2/\mathrm{s}\right)$
ε_λ	ضریب صدور پذیری سطح
ζ	مقدار همگرایی در روش گرادیان مزدوج
η	پارامتر بی بعد استفاده شده در پروفیل سرعت
θ	پارامتر بی بعد دما $\left(T/T_{ref}\right)$
μ	لزجت دینامیکی سیال $\left(kg/m.s\right)$
υ	لزجت سینماتیکی سیال $\left(m^2/s\right)$
ρ	چگالی سیال $\left(kg/m^3\right)$
ρ_λ	ضریب بازتابش سطح
σ	پابت استفان-بولتزمن $\left(w/m^2-K^4\right)$
τ_{ij}	تانسور تنش کل جریان آشفته
τ_l	تنش لزجی
τ_t	تنش آشفته

پایین نویس‌ها

c	جابجایی
d	طراحی
e	سطح شرقی حجم کنترل در روش گسسته‌سازی حجم محدود
E	گره شرقی در روش گسسته‌سازی حجم محدود
h	گرمکن
n	سطح شمالی حجم کنترل در روش گسسته‌سازی حجم محدود
N	گره شمالی در روش گسسته‌سازی حجم محدود
P	گره مرکزی در روش گسسته‌سازی حجم محدود
r	تابش
s	سطح جنوبی حجم کنترل در روش گسسته‌سازی حجم محدود
S	گره جنوبی در روش گسسته‌سازی حجم محدود
t	کل
w	سطح غربی حجم کنترل در روش گسسته‌سازی حجم محدود
W	گره غربی در روش گسسته‌سازی حجم محدود

بالا نویس‌ها

فصل اول

مقدمه

۱-۱- اهمیت بررسی انتقال حرارت جابجایی آشفته در کانال‌ها

جریان آشفته در کانال از نظر صنعتی اهمیت زیادی دارد. به عنوان مثال این نوع جریان اغلب در شرایط عملیاتی طبیعی برای گستره وسیعی از وسایل سرمایشی و گرمایشی در زمینه‌های گوناگونی از قبیل مهندسی هوافضا، کشتی‌سازی، هسته‌ای، مواد، مکانیک و شیمی وجود دارد. مهمترین مزیت جریان آشفته نسبت به جریان‌های آرام این است که به افزایش انتقال حرارت و جرم کمک می‌کند. با این وجود تلفات اصطکاکی برای جران‌های آشفته افزایش می‌یابد.

۱-۲- انتقال حرارت تابشی در محفظه‌ها

تعیین تبادل تابش بین سطوح یک جسم در مهندسی روشنایی و اپتیک کاربردی الزامی است. از سال ۱۹۶۰ مطالعه تبادل تابش بواسطه پیشرفت‌های تکنولوژی که باعث اهمیت تابش گرمایی در سیستم‌ها شد، با انگیزه بیشتری پیگیری شدند. کنترل دمای ماهواره‌ها، وسیله‌های جمع‌آوری و استفاده از انرژی خورشیدی، موتورهای پیشرفته با دماهای کاری بالا و کاهش اتلاف انرژی از مخازن سوخت مثال‌های از مواردی هستند که در آنها تبادل تابش گرمایی اهمیت زیادی دارد.

۱-۳- انتقال حرارت معکوس

زمانی که اندازه‌گیری‌های مستقیم کمیت‌های مطلوب فیزیکی غیرممکن هستند، مسائل معکوس انتقال حرارت اهمیت زیادی پیدا می‌کنند. تکنیک‌های معکوس برای تعیین پارامترهای مهم در هدایت، جابجایی و تابش در بسیاری از مسائل کاربردی، در مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، تخمین شار حرارتی مرزی یک ماده در حال گرم شدن، کنترل سطح مشترک منجمد یک فلز در حال سرد شدن و تعیین خواص تابشی یک محیط نیمه شفاف از این دست کاربردها است. مسئله معکوس مربوط به تخمین علت با

آگاهی از معلول می‌باشد. یک مزیت مسائل انتقال حرارت معکوس فراهم نمودن امکان همکاری نزدیک تر بین محققان تئوری و آزمایشگاهی است تا حداکثر اطلاعات مربوط به مسئله فیزیکی مورد مطالعه را به دست آورند.

برنامه فضایی نقش مهمی را در پیشرفت تکنیک‌های حل برای مسائل انتقال حرارت معکوس در اواخر دهه ۵۰ و ۶۰ میلادی بازی نمود. برای نمونه گرمایش آیرودینامیکی سفینه‌های فضایی هنگام ورود مجدد به جو آنقدر بالا است که دمای سطح حفاظ حرارتی مستقیماً با سنسورهای حرارتی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد. بنابراین سنسورهای حرارتی زیر سطح داغ حفاظ قرار داده شده و دمای سطح با آنالیز معکوس به دست آورده می‌شود. آنالیز معکوس همچنین می‌تواند برای تخمین خواص ترموفیزیکی حفاظ هنگام شرایط کاری در چنین دماهای بالایی مورد استفاده قرارگیرد.

۱-۴- انتقال حرارت ترکیبی و اهمیت حل معکوس

بررسی انتقال حرارت معکوس ترکیبی در سال‌های اخیر به دلیل اهمیت کاربردی که در صنعت دارند، مورد توجه زیادی از طرف محققین قرار گرفته است. فرآیند انتقال حرارت ترکیبی تابشی به همراه جابجایی اجباری آشفته از جمله فرآیندهای است که در کوره‌های صنعتی، صنایع غذایی، صنایع رنگ و ... به طور عملی اتفاق می‌افتد، از طرفی به دلیل بالا بودن دمای عملیاتی این فرآیندها امکان استفاده از روش‌های مستقیم برای تعیین شرایط عملیاتی شار و دما یا غیر ممکن بوده و یا اینکه شرایط سختی را می‌طلبد. به همین خاطر استفاده از روش‌های طراحی معکوس مرزی برای تعیین کردن شرایط مرزی مورد استفاده اهمیت دو چندانی پیدا می‌کند. کارهایی که در زمینه طراحی معکوس مرزی انتقال حرارت ترکیبی جابجایی و تابش انجام شده است خیلی کم بوده و مربوط به چند سال اخیر می‌باشد.

بسیاری از فرآیندهای صنعتی نیازمند اعمال دو شرط مرزی گرمایی روی برخی از سیستم‌ها است، هدف طراح پیدا کردن شرایط روی المان‌های بدون قیدی است که دو مشخصه (دما و شار حرارتی) روی سطح طراحی را ارضاء کند. مدل‌های ریاضی معکوس اجازه می‌دهند که برخی از سطوح دارای دو شرط مرزی تعیین شده باشند، به طوریکه برخی از المان‌ها اصلاً دارای شرط مرزی معین نباشند. تحقیق روی طراحی معکوس به دو دسته تقسیم می‌شود: اولی شامل طراحی معکوس مرزی است، که شرایط روی برخی از مرزها برای ارضاء