

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده‌ی فنی مهندسی
گروه آموزشی مهندسی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

طراحی و بررسی تجربی عملکرد عایق حرارتی یک سوپره

استاد راهنما:

دکتر مصطفی رحیمی

پژوهشگر:

آرزوسادات بطحایی

تابستان ۱۳۹۳

تعهدنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

تمامی حقوق مادّی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری‌های ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به **دانشگاه محقق اردبیلی** می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقررات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب **آرزوسادات بطحایی** دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی **مهندسی مکانیک** گرایش **تبدیل انرژی** دانشکده‌ی **فنی مهندسی** دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی **۹۱۴۴۴۵۳۱۰۴** که در تاریخ **۱۳۹۳/۰۶/۱۹** از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان **طراحی و بررسی تجربی عملکرد عایق حرارتی یک‌سویه** دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

- (۱) این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.
- (۲) مسؤلیت صحّت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
- (۳) این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
- (۴) در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقررات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مأخذ ذکر نموده‌ام.
- (۵) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هرگونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
- (۶) در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.
- (۷) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می‌پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات مربوطه رفتار نماید.

نام و نام خانوادگی دانشجو: **آرزوسادات بطحایی**

امضا

تاریخ



دانشکده‌ی فنی مهندسی
گروه آموزشی مهندسی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

طراحی و بررسی تجربی عملکرد عایق حرارتی یک سوپه

پژوهشگر:

آرزوسادات بطحایی

ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان نامه با درجه‌ی

امضاء	سمت	مرتبه‌ی علمی	نام و نام خانوادگی
	استاد راهنما و رییس کمیته‌ی داوران	دانشیار	مصطفی رحیمی
	داور	دانشیار	بهروز میرزایی ضیاءپور
	داور	استادیار	هادی غائبی

شهریور-۱۳۹۳

تقدیم بہ:

بادرود فراوان خدمت پرور و مادر بیار عزیز، دل سوز و خداکارم پیوستہ بحرہ نوش جہام تعلیم و تربیت، فضیلت و انسانیت آہنا بودہ ام و ہموارہ چراغ وجودشان روشنگر راہ من در سختی ہا و مشکلات بودہ است.

بہ پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمہ: ایثار و از خودگذشتگی، بہ پاس حافظہ سرشار و کرمای امید بخش

وجودشان کہ در این سردترین روزگار ان بہترین پشتیبان است، بہ پاس قلب ہای بزرگشان کہ فریادس

است و سرکردانی و ترس در پناہشان بہ شجاعت می کراید و بہ پاس محبت ہای بی دریغشان کہ مرکز فروکش

نبی کنند این مجموعہ را بہ پدر، مادر و خواہر عزیزم تقدیم می کنم.

سپاسگزاری:

پاس خدای مهربان و صبور را، که راه را دید و بر من نیرو بخشید تا گامی هر چند کوچک، در راستای فهم آنچه با نظم و زیبایی خود آفریده است، بردارم.

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بسی شایسته است از استاد فریخته و فرزانه جناب آقای

دکتر مصطفی رحیمی که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشید و گلشن سرای علم و دانش را با

راهنمایی های کار ساز و سازنده، بارور ساختند؛ تقدیر و تشکر نمایم.

نام خانوادگی دانشجو: بطحایی	نام: آرزوسادات
عنوان پایان نامه: طراحی و بررسی تجربی عملکرد عایق حرارتی یک سوبه	
استاد راهنما: دکتر مصطفی رحیمی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی مکانیک
گرایش: تبدیل انرژی	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: فنی مهندسی	تاریخ دفاع: ۹۳/۰۶/۱۹
تعداد صفحات: ۸۵	
<p>چکیده: با توجه به اهمیت انتقال حرارت جابه جایی طبیعی در صنعت و ساختمان و جلوگیری از اتلاف حرارت در محفظه ها و مکان هایی که نیاز به محدود کردن انتقال حرارت در آن ها وجود دارد، در پروژه حاضر به طراحی و بررسی عایق حرارتی یک سوبه پرداخته شد. ابتدا طرحی اولیه با کمک اطلاعاتی که از مطالعات قبلی به دست آمد و سپس با استفاده از روابط تئوری و معادلات حاکم بر مسئله و هم چنین کدنویسی با استفاده از نرم افزار متلب، طراحی نهایی، صورت گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که در صورت تغییر الگوی جریان با به کارگیری موانعی درون محفظه، می توان انتقال حرارت را در محفظه با سیال عامل هوا تا ۹۵ و در محفظه با سیال عامل آب تا ۹۲ درصد در یک جهت محدود نمود. در صورتی که وجود موانع تاثیری در بر هم زدن الگوی جریان و چرخشی که به صورت طبیعی و در اثر نیروی بویانسی نداشته باشد، تغییرات انتقال حرارت نیز قابل چشم پوشی است. در بخش دوم، به منظور بررسی تاثیر جنس مانع به کار گرفته شده در ساختار عایق پیشنهادی بر روی میزان حرارت عبوری از محفظه، شبیه سازی CFD به کمک نرم افزار فلونت انجام شد. نتایج این شبیه سازی با سیال عامل آب نشان داد که انتقال حرارت در محفظه با دیواره های میانی با ضریب هدایت حرارتی موثر متفاوت از ۶۲ درصد تا ۷۹ درصد، نسبت به وضعیتی که مانع وجود نداشت، کاهش یافت. در نهایت با توجه به اهمیت بررسی تجربی در دستیابی به دانش کاربردی در زمینه ی انتقال حرارت جابه جایی طبیعی، یک نمونه از عایق مورد نظر با استفاده از ورقه های فولادی ساخته شد و با استفاده از روش آزمایش لی دیسک و به کارگیری سیال عامل آب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی تجربی نشان داد، به کارگیری یک مانع با یک دریچه تعبیه شده بر روی آن که در یک جهت جریان از آن عبور می کند، اما در جهت عکس عبور جریان را محدود می کند، انتقال حرارت را تا ۳۱ درصد کاهش می دهد. در پایان پیشنهاداتی برای ادامه ی تحقیقات تئوری و تجربی در این زمینه ارائه شد.</p>	
<p>کلید واژه ها: انتقال حرارت از یک سو، انتقال حرارت جابه جایی طبیعی، بررسی عددی به کمک متلب، شبیه سازی CFD به کمک فلونت، عایق حرارتی، محفظه های مستطیلی</p>	

فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب	صفحه
---------------------	------

فصل اول: مقدمه‌ای بر انتقال حرارت جابه‌جایی یک‌سویه در محفظه‌ی مستطیلی

۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- پیشینه‌ی تحقیق.....	۳
۳-۱- بیان مسئله.....	۱۵
۴-۱- ضرورت و اهمیت پژوهش.....	۲۰

فصل دوم: روش حل عددی مسئله‌ی جابه‌جایی طبیعی یک‌سویه در یک محفظه

۱-۲- مقدمه.....	۲۲
۲-۲- معادلات حاکم بر مسئله جابه‌جایی طبیعی در محفظه.....	۲۲
۳-۲- روش حل عددی برای حل معادلات حاکم بر جریان درون محفظه‌ی دوبعدی.....	۲۳
۱-۳-۲- بررسی معادلات با استفاده از فشار مطلق.....	۲۵
۲-۳-۲- بررسی معادلات با استفاده از فشار نسبی.....	۲۶
۴-۲- اعتبار سنجی کد نوشته شده.....	۳۱
۵-۲- حل مسئله با روش حل پیشنهادی.....	۳۹
۱-۵-۲- نتایج حل مسئله.....	۳۶

فصل سوم: شبیه‌سازی مسئله انتقال حرارت حساس به جهت به کمک نرم‌افزارهای گمبیت و فلونت

۱-۳- مقدمه.....	۵۵
۲-۳- بیان مسئله و روش حل دوبعدی.....	۵۶
۱-۲-۳- استقلال از شبکه‌بندی روش شبیه‌سازی.....	۵۹
۲-۲-۳- تحلیل و بررسی حالت‌های مختلف قرارگیری مانع و تاثیر آن بر نرخ انتقال حرارت و الگوی کلی جریان.....	۶۰

فصل چهارم: بررسی تجربی عایق حرارتی یک سویه

- ۱-۴- مقدمه ۶۸
- ۲-۴- روش آزمایش لی دیسک ۶۹
- ۳-۴- توصیف تجهیزات آزمایش ۷۲
- ۴-۴- روش انجام آزمایش ۷۳

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

- ۱-۵- مقدمه ۸۰
- ۲-۵- پیشنهادات ۸۱
- فهرست منابع و مآخذ ۸۳

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۱: خلاصه‌ی روابط تجربی جابه‌جایی آزاد در محفظه‌های بسته براساس رابطه ۱-۶ (هولمن، ۲۰۰۲).....	۱۸
جدول ۱-۲: نتایج تحقیق برای مانع عمودی با $A = \frac{h}{H} = 0.5$ و $A_1 = \frac{h}{H_1} = 0.5$ (نظری و رضانی، ۱۳۹۰).....	۲۸
جدول ۲-۲: بدست آوردن طول ضلع محفظه برای استفاده در کد با استفاده از عدد گراشهف.....	۳۰
جدول ۲-۳: مقادیر عدد ناسلت متوسط برای شبکه‌های مختلف و اعداد گراشهف مختلف و مقایسه با مسئله مانع گرم.....	۳۵
جدول ۲-۴: مقایسه مقادیر تئوری و عددی عدد ناسلت متوسط برای هوا.....	۳۸
جدول ۲-۵: مقایسه مقادیر تئوری و عددی عدد ناسلت متوسط برای آب.....	۳۸
جدول ۲-۶: مقایسه مقادیر انتقال حرارت به دست آمده از بررسی‌های عددی در سه حالت.....	۵۳
جدول ۳-۱: اطلاعات مربوط به نحوه‌ی مش (شبهه) بندی و استقلال از شبکه مدل.....	۵۹
جدول ۳-۲: مشخصات مانع‌های متفاوت.....	۶۶
جدول ۳-۳: مقایسه انتقال حرارت در حالت‌های بررسی شده.....	۶۶
جدول ۴-۱: مقایسه‌ی حالت‌های مختلف بررسی تجربی.....	۷۹

فهرست شکل ها

شماره و عنوان شکل	صفحه
شکل ۱ - ۱: محفظه‌ی مورد بررسی توسط بالاجی و ونکاتشان (۱۹۹۴).....	۴
شکل ۱ - ۲: مشخصات هندسی محفظه‌ی بررسی شده به وسیله‌ی چانگ و تیزی (۲۰۰۱).....	۵
شکل ۱ - ۳: مشخصات محفظه و محل نصب ترموکوپل‌های در بررسی هیرانو و همکاران (۲۰۰۳).....	۷
شکل ۱ - ۴: نمودار عدد ناسلت دیوار سرد و گرم برحسب عدد رایلی در مطالعه‌ی تجربی هیرانو و همکاران (۲۰۰۳).....	۸
شکل ۱ - ۵: هندسه‌ی محفظه‌ی مورد بررسی توسط نیدیادوی و همکاران (۲۰۰۷).....	۹
شکل ۱ - ۶: تغییر الگوی جریان در اعداد گراشهف متفاوت (از چپ به راست عدد گراشهف افزایش می‌یابد).....	۹
شکل ۱ - ۷: محفظه‌ی مورد مطالعه توسط صفایی و همکاران (۱۳۸۸).....	۱۲
شکل ۱ - ۸: اثر ارتفاع پله بر عدد ناسلت متوسط منبع گرم در اعداد رایلی مختلف در بررسی صفایی و همکاران (۱۳۸۸).....	۱۲
شکل ۱ - ۹: مشخصات محفظه مورد بررسی در مطالعه‌ی حاضر.....	۱۶
شکل ۱ - ۱۰: نمودار طرح‌وار و نواحی جریان برای لایه‌های جابه‌جایی قائم (هولمن، ۲۰۰۲).....	۱۶
شکل ۲ - ۱: مشخصات شبکه در نظر گرفته شده برای حل عددی.....	۲۳
شکل ۲ - ۲: روابط مربوط به محاسبه فشار در نقاط مختلف محفظه.....	۲۴
شکل ۲ - ۳: تصحیح شرایط مرزی فشار در محفظه.....	۲۷
شکل ۲ - ۴: نمودار همگرایی روش حل پس از تعداد تکرار مشخص برای حالت فشار مطلق.....	۲۸
شکل ۲ - ۵: بردارهای سرعت برای حالت فشار مطلق.....	۲۸
شکل ۲ - ۶: توزیع دما برای حالت فشار مطلق.....	۲۸
شکل ۲ - ۷: توزیع چگالی برای حالت فشار مطلق.....	۲۹
شکل ۲ - ۸: تغییرات فشار برای حالت فشار مطلق.....	۲۹
شکل ۲ - ۹: نمودار همگرایی روش حل در حالت فشار نسبی.....	۳۰
شکل ۲ - ۱۰: بردارهای سرعت در حالت فشار نسبی.....	۳۰
شکل ۲ - ۱۱: توزیع دما برای حالت فشار نسبی.....	۳۰
شکل ۲ - ۱۲: توزیع فشار برای حالت فشار نسبی.....	۳۱
شکل ۲ - ۱۳: مشخصات مسئله‌ی مورد بررسی (نظری و رمضانی، ۱۳۹۰).....	۳۲

- شکل ۲-۱۴: خطوط جریان و خطوط هم‌دما برای $A = A_1 = A_2 = 0.5$ و عدد گراشهف 10^3 (نظری و رضانی)..... ۳۳
- شکل ۲-۱۵: خطوط جریان و خطوط هم‌دما برای $A = A_1 = A_2 = 0.5$ و عدد گراشهف 10^4 (نظری و رضانی)..... ۳۳
- شکل ۲-۱۶: خطوط جریان و خطوط هم‌دما برای $A = A_1 = A_2 = 0.5$ و عدد گراشهف 10^5 (نظری و رضانی)..... ۳۴
- شکل ۲-۱۷: نمودار همگرایی روش حل با عدد گراشهف 10^3 ۳۵
- شکل ۲-۱۸: بردارهای سرعت برای عدد گراشهف 10^3 ۳۶
- شکل ۲-۱۹: خطوط هم‌دما برای عدد گراشهف 10^3 ۳۶
- شکل ۲-۲۰: نمودار همگرایی روش حل با عدد گراشهف 10^4 ۳۶
- شکل ۲-۲۱: بردارهای سرعت برای عدد گراشهف 10^4 ۳۷
- شکل ۲-۲۲: خطوط هم‌دما برای عدد گراشهف 10^4 ۳۷
- شکل ۲-۲۳: مشخصات محفظه در مسئله‌ی اصلی..... ۳۹
- شکل ۲-۲۴: نمودار همگرایی روش حل برای محفظه‌ی حاوی هوا..... ۴۰
- شکل ۲-۲۵: نمودار بردارهای سرعت برای بخشی پایینی محفظه‌ی حاوی هوا..... ۴۰
- شکل ۲-۲۶: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی هوا..... ۴۰
- شکل ۲-۲۷: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی هوا (بدون رعایت مقیاس هندسی)..... ۴۱
- شکل ۲-۲۸: نمودار همگرایی جواب برای محفظه‌ی حاوی آب..... ۴۱
- شکل ۲-۲۹: نمودار بردارهای سرعت برای بخش پایینی محفظه‌ی حاوی آب..... ۴۲
- شکل ۲-۳۰: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی آب..... ۴۲
- شکل ۲-۳۱: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی آب (بدون رعایت مقیاس هندسی)..... ۴۳
- شکل ۲-۳۲: مشخصات محفظه در مسئله‌ی اصلی با مانع..... ۴۴
- شکل ۲-۳۳: نمودار همگرایی جواب برای محفظه‌ی حاوی هوا..... ۴۴
- شکل ۲-۳۴: نمودار بردارهای سرعت برای بخش پایینی محفظه‌ی حاوی هوا..... ۴۴
- شکل ۲-۳۵: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی هوا..... ۴۵
- شکل ۲-۳۶: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی هوا (بدون رعایت مقیاس هندسی)..... ۴۵
- شکل ۲-۳۷: نمودار همگرایی جواب برای محفظه‌ی حاوی آب..... ۴۶
- شکل ۲-۳۸: نمودار بردارهای سرعت برای بخش پایینی محفظه‌ی حاوی آب..... ۴۶
- شکل ۲-۳۹: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی آب..... ۴۶

- شکل ۲ - ۴۰: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی آب (بدون رعایت مقیاس هندسی).....۴۷
- شکل ۲ - ۴۱: مشخصات محفظه با مانع و دریچه‌ی کوچک.....۴۸
- شکل ۲ - ۴۲: نمودار همگرایی جواب برای محفظه‌ی حاوی هوا.....۴۹
- شکل ۲ - ۴۳: نمودار بردارهای سرعت برای بخش پایینی محفظه‌ی حاوی هوا.....۴۹
- شکل ۲ - ۴۴: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی هوا (بدون رعایت مقیاس هندسی).....۵۰
- شکل ۲ - ۴۵: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی هوا.....۵۰
- شکل ۲ - ۴۶: نمودار همگرایی جواب برای محفظه‌ی حاوی آب.....۵۱
- شکل ۲ - ۴۷: نمودار بردارهای سرعت در محدوده وجود جریان در محفظه‌ی حاوی آب.....۵۱
- شکل ۲ - ۴۸: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی آب.....۵۲
- شکل ۲ - ۴۹: نمودار خطوط دما ثابت و توزیع دما در محفظه‌ی حاوی آب (بدون رعایت مقیاس هندسی).....۵۲
- شکل ۳ - ۱: ابعاد محفظه مورد بررسی در شبیه‌سازی با نرم‌افزار فلوئنت.....۵۶
- شکل ۳ - ۲: محفظه با ابعاد مورد نظر و مش غیریکنواخت در نرم‌افزار گمبیت.....۵۷
- شکل ۳ - ۳: کانتور دما برای حالت بدون مانع با سیال آب.....۵۸
- شکل ۳ - ۴: بردار سرعت برای حالت بدون مانع با سیال آب.....۵۸
- شکل ۳ - ۵: نمایی از محفظه با یک مانع در وسط.....۶۰
- شکل ۳ - ۶: توزیع دما برای محفظه با مانع در مرکز.....۶۰
- شکل ۳ - ۷: بردارهای سرعت برای محفظه با مانع در مرکز.....۶۱
- شکل ۳ - ۸: نمایی از مانع متصل به دیواره پایینی و بالایی محفظه.....۶۲
- شکل ۳ - ۹: توزیع دما در محفظه با مانع واقع شده در انتهای پایین.....۶۲
- شکل ۳ - ۱۰: بردارهای سرعت در محفظه با مانع واقع شده در انتهای پایین.....۶۳
- شکل ۳ - ۱۱: نمایی از محفظه با مانع مسدود کننده جریان از بالا و پایین.....۶۴
- شکل ۳ - ۱۲: توزیع دما در محفظه با مانع متصل به دو انتهای محفظه.....۶۴
- شکل ۳ - ۱۳: بردارهای سرعت برای محفظه با مانع متصل به دو انتهای محفظه.....۶۵
- شکل ۴ - ۱: نمایی از تجهیزات لازم برای آزمایش لی دیسک.....۷۰
- شکل ۴ - ۲: نمودار تغییر دمای دیسک برنجی برحسب زمان.....۷۱
- شکل ۴ - ۳: نمایی از محفظه‌ی مورد بررسی.....۷۲

- شکل ۴-۴: نمایی از مکانیزم آزمایش..... ۷۳
- شکل ۴-۵: محاسبه‌ی شیب کاهش دمای دیسک سرد برای محفظه‌ی بدون مانع..... ۷۵
- شکل ۴-۶: محاسبه‌ی شیب کاهش دمای دیسک سرد برای محفظه‌ی با مانع ناقص در مرکز هندسی محفظه..... ۷۷
- شکل ۴-۷: محاسبه‌ی شیب کاهش دمای دیسک سرد برای محفظه‌ی با مانع دارای یک دریچه..... ۷۸

فصل اول

مقدمه‌ای بر انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی

در محفظه‌های مستطیلی

۱-۱- مقدمه

محفظه‌های پر از سیال، با مشخصات هندسی متفاوت، استفاده‌های بسیاری در سیستم‌های مهندسی و ژئوفیزیکی دارند. انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی در محفظه‌ها، موضوع چالش برانگیزی است؛ حجم تحقیقات انجام شده در این زمینه طی سی سال اخیر نشان دهنده اهمیت و پیچیدگی این موضوع است. در این بررسی‌ها، انتقال حرارت در محفظه‌ها به دو دسته‌ی بزرگ تفکیک می‌شوند: محفظه‌هایی که از یک سو گرم می‌شوند و محفظه‌هایی که از زیر گرم می‌شوند. کاربردهایی همانند کلکتورهای خورشیدی، دیوارهای عایق دوجداره و گردش هوای درون اتاق‌ها در یک ساختمان برای این مطالعات ذکر شده است.

انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی به دلیل وجود این نوع از انتقال حرارت در طبیعت و کاربردهای بسیار آن در مهندسی از دیرباز مورد توجه محققان بوده و تا به امروز ادامه دارد. از جمله کاربردهای آن در مهندسی، سرمایه‌های قطعات الکترونیکی، تهویه‌ی اتاق‌ها، ایزوله‌سازی راکتورها، کلکتورهای خورشیدی، سیستم‌های اطفای حریق و بسیاری سیستم‌های دیگر است (شیخ‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). دو دلیل برای بررسی این شکل از انتقال حرارت وجود دارد. اول اینکه کاربردهای رایج در مهندسی عایق گرمایی، تکنولوژی خورشیدی، دستگاه‌های با سیالهای در حال دوران و مدیریت انرژی در طراحی معماری نیاز به تمرکز بر روی این دسته از جریان‌ها به طور مشخص دارند. علت دوم مربوط به پیشینه‌ی تحقیقات مرتبط با جابه‌جایی طبیعی است، جابه‌جایی طبیعی در لایه‌های سیال گرم شده از یک سو، یک زیر مجموعه مهم در تحقیقات انتقال حرارت جابه‌جایی است.

پژوهش حاضر به تحلیل انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی در درون یک محفظه‌ی بسته، به صورت یک‌طرفه یا یک‌سویه پرداخته است. در این بررسی ابتدا هندسه‌ای طراحی می‌شود که درون یک محفظه‌ی بسته انتقال حرارت از یک سمت به سمت مقابل صورت گرفته، در حالی که انتقال حرارت در جهت عکس را محدود می‌کند. در مرحله‌ی بعدی، اقدام به ساخت نمونه‌ای بر اساس این طراحی و انجام آزمایشاتی بر روی آن شده است. در نهایت نوعی عایق حرارتی یک‌سویه طرح و ارائه شده که

مقاومت حرارتی آن در یک سمت بیشتر از سمت مقابل خواهد بود، به عبارت دیگر عایقی به دست خواهد آمد که مانند یک دیود در مدار الکتریکی عمل می‌کند.

۱-۲- پیشینه‌ی تحقیق

مطالعات عددی دوهل دیویس^۱ (۱۹۸۳) و سائتو و هیروس^۲ (۱۹۸۹) از جمله کارهای دقیق در زمینه‌ی انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی در محفظه است. در مطالعات این محققان، جابه‌جایی طبیعی در یک محفظه‌ی مربعی با دیواره‌های افقی عایق و دیواره‌های عمودی در دو دمای ثابت متفاوت به روش عددی تحلیل شده است. در این مقالات با استفاده از روش برون‌یابی جواب‌های دقیقی ارائه شده است که امروزه به منظور کنترل جواب کدهای رایانه‌ای مربوط به مسائل انتقال حرارت در محفظه‌ها از آن‌ها استفاده می‌شود.

ژانگ^۳ و همکارانش (۱۹۹۱)، اثر یک مانع عایق نصب شده در داخل یک محفظه‌ی مستطیلی را بررسی کرده‌اند. در این مقاله تاثیر یک صفحه‌ی نفوذ پذیر روی پروفیل دما، میدان جریان و نرخ انتقال حرارت کلی به روش عددی بررسی شده است. در این بررسی مسئله‌ی به دام افتادن سیال به دلیل وجود دیواره‌های ناقص درون محفظه بررسی شده است و نتایج نشان می‌دهد که نصب این موانع دو الگوی کلی ایجاد می‌کند. اگر مانع متصل به کف نزدیک دیوار گرم باشد، سیال بین دو مانع پایدار و لایه لایه خواهد بود و جابه‌جایی طبیعی از بین می‌رود. اگر مانع متصل به کف نزدیک دیوار سرد باشد، جابه‌جایی طبیعی به وسیله‌ی دو مانع و به صورت محصور شده بین آن دو به وجود می‌آید.

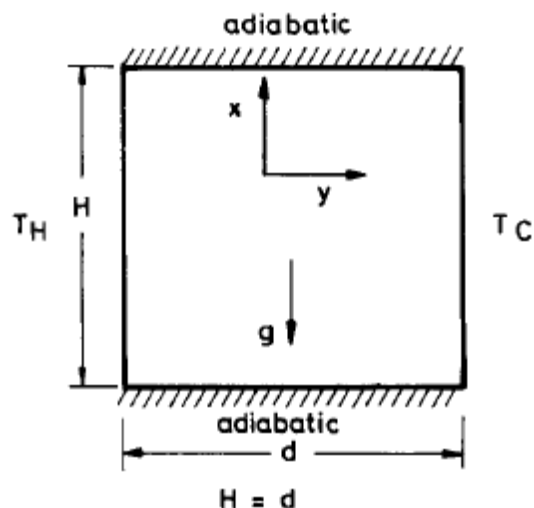
بالاجی و ونکاتشان^۴ (۱۹۹۴)، در یک بررسی عددی، نتایج یک تحلیل ترکیبی از تشعشع سطحی و جابه‌جایی طبیعی در یک محفظه مربعی با هوا به عنوان سیال میانی را ارائه داده‌اند که هندسه‌ی آن در شکل ۱-۱ نشان داده شده است:

^۱ - De Vahl Davis

^۲ - Saitoh and Hirose

^۳ -Zhang

^۴ -Balaji and Venkateshan



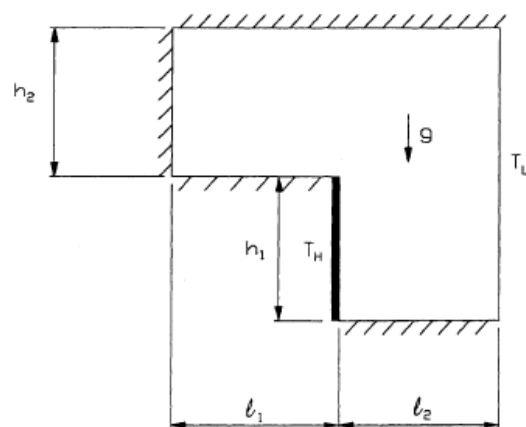
۱-۱) محفظه مورد بررسی توسط بالاجی و ونکاتشان (۱۹۹۴)

محاسبات برای اعداد گراشهف بین 10^3 و 10^6 و ضریب نشر متغیر برای دیوارهای محفظه، انجام شده است. تشعشع سطحی، جابه‌جایی آزاد در طول محفظه را کاهش می‌دهد و در عین حال با انتقال حرارت تشعشعی مستقیم در محفظه، انتقال حرارت کلی را افزایش می‌دهد. طبیعت دوگانه تشعشع در بررسی‌های گذشته به صورت کیفی مورد توجه قرار گرفته است. به هر حال هدف این بررسی، ارائه روابط جامع بین جابه‌جایی آزاد و تشعشع بر پایه روش‌های عددی مسائل وابسته است. معادلات حاکم برای شرایط دو بعدی، آرام، سیال با خواص ثابت با تقریب بوسینسک برای جابه‌جایی آزاد در یک محفظه مربعی، روابط معروف ناویر استوکس هستند. در این بررسی فرم توابع جریان و ورتیسیتی این معادلات مورد استفاده قرار گرفته است. معادلات حاکم با شرایط مرزی مربوط، در محفظه‌هایی با دیواره‌های جانبی گرم‌شده و کف و سقف آدیاباتیک در مقالات بسیاری بررسی شده‌اند. مزیت فرمول‌های ورتیسیتی در کاهش دو معادله مومنتوم به یک معادله انتقال ورتیسیتی، با حذف ترم‌های فشار می‌باشد. شرایط مرزی برای تابع جریان و ورتیسیتی، روی چهار دیوار جامد به‌خوبی در نظر گرفته شده‌اند. برای حل، شرایط مرزی دما نیز در نظر گرفته شده است، چون وابستگی تشعشع به جابه‌جایی طبیعی، فقط در افزایش دمای دیوارها مشخص می‌شود. در نهایت، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که در این حالت عدد ناسلت از جمع عدد ناسلت مربوط به جابه‌جایی با عدد ناسلت تشعشع به دست می‌آید. با توجه به این که هر دو عدد ناسلت مربوط به جابه‌جایی و تشعشع با مقدار d تغییر می‌کنند، برای محاسبه عدد ناسلت کلی که جمع این دو عدد است، هدایت حرارتی موثر سیستم به دست می‌آید. برای

مثال اگر عدد ناسلت جابه‌جایی 4 و عدد ناسلت تشعشع 2 باشد، ناسلت کلی 6 خواهد بود. در صورتی که هدایت حرارتی 0.027 w/m.k باشد، نهایتاً هدایت حرارتی موثر $0.027 \times 6 = 0.162 \text{ w/m.k}$ خواهد شد. از دید فیزیکی این مسئله این‌گونه توجیه می‌شود که انتقال حرارت جابه‌جایی و تشعشع هم‌تراز با انتقال حرارت هدایت است در صورتی که ضریب هدایت حرارتی برابر هدایت حرارتی موثر باشد.

انتقال حرارت از درون محفظه مستطیلی با ابعاد مختلف که یک طرف آن در دمای T_H و طرف مقابل در دمای T_C قرار دارد، در مقالات زیادی مورد توجه و بررسی قرار گرفته است (کیم^۱ و همکاران، دل و هنجالیک^۲، ۲۰۰۱). در یک مطالعه که توسط دل و هنجالیک (۲۰۰۱) انجام شده است، مدل‌های مختلف جریان آشفته برای ارزیابی الگوهای جریان در درون محفظه بسته، به ویژه در نزدیکی گوشه‌ها که خطوط جریان انحنای بیشتری دارند، استفاده شده است. براساس نتایج این مطالعه مدل $K-\epsilon$ پیش‌بینی مورد قبولی نسبت به سایر مدل‌ها داشته است.

چانگ و تسی^۳ (۲۰۰۱)، هندسه متفاوتی با یک محفظه ساده، مشابه شکل ۱-۲ را در مطالعه عددی خود مورد توجه قرار داده‌اند. در مطالعه‌ی آن‌ها یک محفظه بسته با یک پله که قسمت پشتی آن به عنوان سطح گرم عمل می‌کند، در نظر گرفته شده است. تاثیر پارامترهای هندسی در یک جریان آرام بر روی شدت انتقال حرارت از سطح گرم به روش عددی مورد مطالعه قرار گرفته است.



شکل ۱-۲) مشخصات هندسی محفظه‌ی بررسی شده به وسیله‌ی چانگ و تسی (۲۰۰۱)

^۱ -Kim

^۲ -Dol and Hanjalic

^۳ -Chang and Tsay

بررسی‌ها بر روی این محفظه شامل بخش‌های زیر است:

- حل جریان یک بار برای سیال هوا با عدد پرانتل 0.7 و بار دیگر برای آب با عدد پرانتل 7 انجام شده است.

- حل برای حالت $1 = H_2 = L_2 = L_1$ یک بار با عدد رایلی 10^2 و بار دیگر با عدد رایلی 10^7 انجام شده است.

- حل برای حالت $I = L_1 = H_2$ و عدد رایلی 10^4 و عدد پرانتل 0.7 ، با $5 \leq L_2 \leq 3$ انجام شده است.

- حل برای حالت $I = L_2 = L_1$ و عدد پرانتل 0.7 و عدد رایلی 10^6 برای حالتی که قسمت پایینی دیوار سمت راست دمای ثابت دارد و قسمت بالایی آن عایق است، انجام شده است.

- حل برای $I = L_2 = L_1$ و عدد پرانتل 0.7 و عدد رایلی 10^7 ، با $2 \leq H_2 \leq 3$ انجام شده است. از بررسی‌های بالا نتایج زیر به دست آمده است:

- به دلیل ایجاد پله در محفظه انتقال حرارت جابه‌جایی افزایش پیدا کرده است. میزان افزایش انتقال حرارت با عدد رایلی نسبت عکس دارد.

- تغییرات L_2 و H_2 روی عدد ناسلت متوسط تاثیر زیادی دارد، در حالی که تغییرات عدد پرانتل بر روی عدد ناسلت قابل چشم‌پوشی است. برای مقادیر کم L_2 مکانیزم غالب، انتقال حرارت هدایت است و با افزایش L_2 رفته رفته تاثیر نیروی بویانسی و انتقال حرارت جابه‌جایی افزایش می‌یابد.

- رابطه $\overline{Nu} = 0.353Ra^{0.256}$ برای محاسبه عدد ناسلت پیشنهاد شده است، که به ازای $10^3 \leq Ra \leq 10^7$ و $1 = H_2 = L_2 = L_1$ قابل استفاده است.

- حل با استفاده از شرایط مرزی متفاوت نظیر آنچه در مرحله چهارم انجام شد تاثیری بر عدد ناسلت ندارد.

رامش و ونکاتشان^۱ (۲۰۰۱)، یک بررسی تجربی در یک محفظه مربعی که مکانیزم انتقال حرارت درون آن جابه‌جایی طبیعی است، با استفاده از اینترفرومتر دیفرانسیلی انجام داده‌اند. سیال استفاده شده

^۱ -Ramesh and Venkateshan