بسم الله الرحمن الرحیم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

اثر جنس صفحه جاذب و نسبت عمق به ارتفاع کانال بر عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی

استادان راهنما:

دکترحبیب الله صفرزاده

دکتر فرزاد ویسی

نگارش:

احسان رضایی

اسفند ۱۳۹۰

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

دانشجو:

احسان رضایی

تحت عنوان:

اثر جنس صفحه جاذب و نسبت عمق به ارتفاع کانال بر عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۲۱ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنما	دکتر حبیب الله صفرزاده	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۲- استاد راهنما	دکتر فرزاد ویسی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۳- استاد داور داخل گروه	دکتر اکرم خدایاری	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۴- استاد داور خارج از گروه	دکتر وهاب دهلقی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء

چکیده:

بررسی عملکرد حرارتی یک نمونه دستگاه هواگرمکن خورشیدی در تحقیق پیش رو ارائه شده است. هواگرمکن خورشیدی یک نمونه از گیرنده های مسطح خورشیدی است که به منظور تولید هوای گرم و نیز ایجاد تهویه مطبوع در ساختمان بکار می رود. اجزاء اصلی این دستگاه شامل یک کانال که دو ضلع آن صفحه جاذب و یک پوشش شفاف و دو ضلع دیگر دیواره های عایق می باشد. هوای سرد اتاق از قسمت زیرین کانال وارد می شود و بر اثر انتقال حرارت جابجایی طبیعی با صفحه جاذب، دمای آن افزایش، جرم آن کاهش و بر اثر نیروی شناوری به سمت بالای کانال جریان و به درون فضای مسکونی وارد می شود.

در بررسی حاضر یک نمونه آزمایشگاهی از دستگاه ساخته شد و توان تشعشع خورشیدی ورودی به صفحه جاذب توسط یه هیتر صفحه ای در پشت صفحه جاذب شبیه سازی گردید. پارامترهای توان ورودی به صفحه جاذب و نسبت عمق به ارتفاع کانال در این آزمایش بررسی شد. آزمایشات برای فاصله صفحه جاذب تا شیشه در محدوده ۲ تا ۱۶ سانتی متر و توان ورودی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ وات بر متر مربع انجام پذیرفت. به منظور بررسی تاثیر جنس صفحه جاذب بر عملکردی دستگاه، مدل عددی دستگاه به کمک نرم افزار فلوئنت حل و نتایج بررسی گردید. پارامتر ضریب گسیل صفحه جاذب در مدل عددی به عنوان پارامتر موثر انتخاب و در بازه ۱- ۰ برای پنج حالت مختلف ضریب گسیل بررسی انجام پذیرفت.

نتایج نشان داد با افزایش توان ورودی و عمق کانال، نرخ جریان هوای خروجی از کانال افزایش می یابد و در محدوده عمق بررسی شده، فاصله بهینه ای به منظور حداکثر نرخ جریان هوا بدست نیامد. همچنین حل عددی نشان داد جنس صفحه جاذب بر نرخ جریان هوا تاثیر می گذارد و ضریب گسیل کمتر نرخ جریان هوای بیشتر را باعث می شود.

همچنین تاثیر پارامترهای مورد بررسی بر بازده حرارتی دستگاه بررسی و نتیجه گیری شد که با افزایش توان بازده دستگاه افزایش و با افزایش عمق کانال بازده کاهش می یابد و بیشترین بازده در عمق ۴ سانتی متر مشاهده گردید. اثر جنس صفحه جاذب نیز بر بازده بررسی و نشان داده شد افزایش ضریب گسیل گاهش بازده را به دنبال دارد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیش گفتار ۱

فصل اول: مقدمه ۳

۱-۱- تعریف انرژی ۴

۱-۲- وضعیت انرژی در ایران ۵

۱-۳- کاربردهای انرژی خورشید ۶

۱-۳-۱- سیستمهای فتوولتاییک ۶

۱-۳-۲- مصارف و کاربردهای سیستم های فتوولتائیک ۷

۱-۳-۳-کاربردهای نیروگاهی ۹

الف) نیروگاه های حرارتی خورشید از نوع سهموی خطی ۹

ب) نیروگاه های حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی ۱۰

ج) نیروگاه های حرارتی از نوع بشقابی ۱۲

د) دودکش‌های خورشیدی ۱۳

۱-۳-۴- مزایای نیروگاه های خورشیدی ۱۳

۱-۳-۵-کاربردهای غیر نیروگاهی ۱۴

الف) آبگرمکن‌های خورشیدی و حمام خورشیدی ۱۵

ب) سیستم های گرمایش و سرمایش ساختمان و تهویه مطبوع خورشیدی ۱۵

پ) آب شیرین کن خورشیدی ۱۶

ت) خشک کن خورشیدی ۱۶

ث) اجاقهای خورشیدی ۱۷

ج) کوره خورشیدی ۱۸

چ) خانه‌های خورشیدی ۱۹

ح) یخچال های خورشیدی ۲۰
خ) هواگرمکن خورشیدی: ۲۰
فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته ۲۲
فصل سوم: تئوری مسئله ٤٤
۳-۱- دینامیک سیالات ۴۵
۳-۲- شناوری ۴۶
۳-۳- لایه مرزی ۴۶
۳-۳-۱- لایه مرزی آشفته ۴۷
۳-۳-۲- لایه مرزی گرمایی ۴۷
۳-۴- مدل ریاضی یک هواگرمکن ۴۸
۳-۴-۱- معادله موازنه انرژی برای پوشش شفاف عمودی ۴۹
۳-۴-۲- معادله موازنه انرژی برای هوای درون کانال ۵۰
۳-۴-۳- معادله موازنه انرژی برای صفحه جاذب ۵۱
فصل چهارم: مدل آزمایش ۵۳
۴-۱- ساخت دستگاه ۵۵
۴-۱-۱- بدنه دستگاه ۵۵
۴-۱-۲- عایق ۵۶
۴-۱-۳- گرمکن الکتریکی ۵۶
۴-۱-۴- نحوه چیدمان سیم ۵۷
۴-۲- روش آزمایش ۶۴
فصل پنجم: بررسی نتایج ٦٦
۵-۱- توزیع دما در امتداد عمق کانال ۶۷
۵-۲- توزیع دما در امتداد ارتفاع کانال ۷۳
۵-۳- توزیع دمای بدون بعد ۷۷
۵-۴- نرخ جریان هوا ۸۱

۵-۵- اعداد بی بعد ۸۵
۵-۶- روابط ریاضی ۹۱
۵-۷- بازده حرارتی دستگاه ۹۵
۵-۸- بررسی عددی ۹۹
۵-۸-۱- تولید شبکه محاسباتی ۹۹
۵-۸-۲- شرایط مرزی ۱۰۱
۵-۸-۳- حل مسئله توسط نرم افزار *Fluent* ۱۰۱
۵-۸-۴- معتبر سازی کد *Fluent* ۱۰۴
۵-۸-۵- بررسی عددی تاثیر جنس صفحه جاذب بر عملکرد حرارتی دستگاه ۱۰۶
۵-۹- نتیجه گیری ۱۱۲
۵-۱۰- پیشنهادات ۱۱۳
پیوست ۱۱٤
مراجع ۱۱٦

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: بنایی کویری در ایران ۵

شکل ۱-۲: یک سلول فتوولتاییک ۶

شکل ۱-۳: تأمین برق اروپا از طریق صحرای بزرگ آفریقا ۸

شکل ۱-۴: نیروگاه سهموی خطی ۱۰

شکل ۱-۵: نیروگاه حرارت مرکزی ۱۱

شکل ۱-۶: نیروگاه های حرارتی از نوع بشقابی ۱۲

شکل ۱-۷: نمای شماتیک از دودکش خورشیدی ۱۳

شکل ۱-۸: آبگرمکن خورشیدی ۱۵

شکل ۱-۹: آب شیرین کن خورشیدی ۱۶

شکل ۱-۱۰: خشک کن خورشیدی ۱۷

شکل ۱-۱۱: دونوع اجاق خورشیدی ۱۸

شکل ۱-۱۲: کوره خورشیدی ۱۹

شکل ۱-۱۳: شماتیک خانه خورشیدی ۲۰

شکل ۱-۱۴: الف) نمایی از قسمت بیرونی یک هواگرمکن خورشیدی ب) شماتیک اجزاء هواگرمکن خورشیدی ۲۱

شکل ۲-۱: شماتیک مدل ارائه شده توسط هیرونلب [۸] ۲۴

شکل ۲-۲: تغییرات ساعتی دمای میانگین ، هوای اتاق (T_a)، هوای خروجی از کانال (T_{out}) و صفحه جاذب (T_m) برای ارتفاع ۱متر و فاصله پوشش شفاف از صفحه جاذب ۱۰ و ۱۴/۵ سانت متر و شدت تابش متوسط به ترتیب ۵۳۵ و ۴۰۶ وات بر متر مربع [۸] ۲۴

شکل ۲-۳: تغییرات دمای صفحه جاذب و پوشش شفاف در ارتفاع های مختلف ۲۵

شکل ۲-۴: شماتیک سیستم مورد آزمایش توسط اسپنسر[۹] ۲۵

شکل ۲-۵: الف) مدل فیزیکی هوا گرمکن، ب) شبکه مقاومت دمایی هواگرمکن [۱۰] ۲۶

شکل ۲-۶: نمودار تغییرات نرخ جریان جرمی ($\dot{m}$)، افزایش دمای هوای داخل کانال (ΔT_f) و بازده در برابر ارتفاع دیوار (شدت تابش ۴۰۰ وات بر متر مربع و فاصله پوشش شفاف از دیواره ۰/۱۴۵ متر)[۱۰] ۲۷

شکل ۲-۷: تغییرات بازده لحظه ای با عمق کانال هوا و شدت تابش [۱۱] ۲۸

شکل ۲-۸: شماتیک سیستم آزمایش و نحوه قرارگیری ترموکوپل ها توسط چن و همکاران[۱۲] ۲۹

شکل ۲-۹: شماتیک دستگاه مورد آزمایش بورک و حبیب [۱۳] ۳۰

شکل ۲-۱۰: توزیع دما در طول عمق کانال در ارتفاع های مختلف (عمق ۸۰ میلیمتر و شار ۱۰۰۰وات ورودی) [۱۳] ۳۰

شکل ۲-۱۱: توزیع دما در طول ارتفاع کانال (عمق ۱۰۰میلیمتر و شار ۴۰۰وات ورودی) [۱۳] ۳۱

شکل ۲-۱۲: نرخ جریان جرم در برابر عمق کانال [۱۳] ۳۱

شکل ۲-۱۳: هواگرمکن ترکیبی دیواری-سقفی استفاده شده در یک خانه مسکونی در امارات [۱۴] ۳۲

شکل ۲-۱۴: مقایسه بین دماهای اندازه گیری شده و شبیه سازی شده برای a) شیشه بیرونی b) شیشه داخلی c) هوای داخل کانال و d) هوای اتاق [۱۵] ۳۳

شکل ۲-۱۵: مقطع شماتیک سیستم مورد آزمایش بنسال و همکاران [۱۶] ۳۴

شکل ۲-۱۶: تغییرات دما بر حسب تابش خورشیدی برای جریان هوای داخل کانال و صفحه جاذب [۱۶] ۳۴

شکل ۲-۱۷: شماتیک دستگاه مورد آزمایش آفونسو و اولیویرا [۱۷] ۳۵

شکل ۲-۱۸: ضرایب انتقال حرارت بر روی شیشه و صفحه جاذب (ماه ژانویه) [۱۷] ۳۶

شکل ۲-۱۹: شماتیک دستگاه مورد آزمایش توسط ماتور[۱۸] ۳۷

شکل ۲-۲۰: طرح اولیه هواگرمکن مورد آزمایش مارتی-هیررو و هراس-کلمین [۱۹] ۳۸

شکل ۲-۲۱: دستگاه مورد آزمایش آدام و همکاران [۱۹] ۳۹

شکل ۲-۲۲: نرخ جریان و شار حرارت [۲۲] ۳۹

شکل ۲-۲۳: ضخامت کانال و نرخ جریان [۲۲] ۴۰

شکل ۲-۲۴: شماتیک دستگاه مورد آزمایش باسیونی و کورا [۲۳] ۴۰

شکل ۲-۲۵: تغییرات دمای شیشه، دیواره و هوای داخل کانال بر حسب میزان تغییرات شدت تابش [۲۳] ۴۱

شکل ۲-۲۶: تغییرات سرعت هوای خروجی بر حسب تغییرات شدت تابش و تغییرات a) اندازه ورودی و b) عمق کانال [۲۳] ۴۱

شکل ۲-۲۷: a) شماتیک مقطع هوا گرمکن مورد آزمایش b) نمایی از مدل مورد آزمایش[۲۴] ۴۲

شکل ۲-۲۸: سرعت متوسط هوا در مقابل زاویه هواگرمکن با ارتفاع های ۱ و ۴ متر برای نیم روز ماه جولای و دسامبر- محاسبه شده توسط مدل ریاضی [۲۴] ۴۳

شکل ۳-۱: لایه مرزی روی صفحه تخت ۴۷

شکل ۳-۲: لایه مرزی آشفته روی صفحه تخت ۴۷

شکل ۳-۳: لایه مرزی گرمایی بر اساس عدد پرانتل ۴۸

شکل ۴-۱: شماتیک دستگاه هواگرمکن ساخته شده ۵۵

شکل ۴-۲: محفظه نگه دارنده ساخته شده از چوب نئوپان ۵۶

شکل ۴-۳: عایق پشم شیشه نصب شده در زیر صفحه جاذب ۵۶

شکل ۴-۴: مقایسه مقطع سیم معمولی گرمکن الکتریکی و سیم مورد استفاده در آزمایش ۵۷

شکل ۴-۵: شماتیک موقعیت قرارگیری ردیف های سیم گرمکن الکتریکی ۵۸

شکل ۴-۶: گرمکن الکتریکی ساخته شده ۵۸

شکل ۴-۷: الف) شماتیک محل قرارگیری ترموکوپل ها روی صفحه جاذب و فاصله آنها از یکدیگر ب) نمایی از صفحه جاذب و ترموکوپل های نصب شده ۵۹

شکل ۴-۸: الف) شماتیک نحوه قرارگیری ترموکوپل های درون کانال، ب) نمایی از میله، پایه های نگه دارنده آن و ترموکوپل های متصل به میله ۶۰

شکل ۴-۹: نحوه محاسبه فاصله ترموکوپل ها برای دو حالت فاصله صفحه جاذب تا پوشش شفاف : ۲ سانتی متر و ۴ سانتی متر ۶۱

شکل ۴-۱۰: چیدمان ترموکوپل های درون کانال (نما از پایین) ۶۲

شکل ۴-۱۱: چیدمان ترموکوپل های درون کانال (نما از بالا) ۶۲

شکل ۴-۱۲: چیدمان ترموکوپل های درون کانال (نما از کنار) ۶۳

شکل ۴-۱۳: نمایی از ترموکوپل های نصب شده روی شیشه ۶۴

شکل ۵-۱ : توزیع دما در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۳۴ سانتی متر بالای ورودی کانال برای فاصله ۱۶ سانتی متر و توان های مختلف ۶۷

شکل ۵-۳: توزیع دما در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۳۴ سانتی متر بالای ورودی کانال برای فاصله ۱۲ سانتی متر و توان های مختلف ۶۸

شکل ۵-۴: توزیع دما در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۳۴ سانتی متر بالای ورودی کانال برای فاصله ۱۰ سانتی متر و توان های مختلف ۶۹

شکل ۵-۵: توزیع دما در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۳۴ سانتی متر بالای ورودی کانال برای فاصله ۸ سانتی متر و توان های مختلف ۶۹

شکل ۵-۶: توزیع دما در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۳۴ سانتی متر بالای ورودی کانال برای فاصله ۶ سانتی متر و توان های مختلف ۷۰

شکل ۵-۷: توزیع دما در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۳۴ سانتی متر بالای ورودی کانال برای فاصله ۴ سانتی متر و توان های مختلف ۷۰

شکل ۵-۸: توزیع دما در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۳۴ سانتی متر بالای ورودی کانال برای فاصله ۲ سانتی متر و توان های مختلف ۷۱

شکل ۵-۹: تغییرات دمای صفحه جاذب، هوای درون کانال و پوشش شفاف با افزایش عمق کانال برای توان ۴۰۰ وات ۷۲

شکل ۵-۱۰: تغییرات دمای صفحه جاذب، هوای درون کانال و پوشش شفاف با افزایش عمق کانال برای توان ۸۰۰ وات ... ۷۲

شکل ۵-۱۱: توزیع دما در امتداد ارتفاع کانال برای عمق ۸ سانتی متر و توان ۶۰۰ وات بر متر مربع ۷۳

شکل ۵-۱۲: توزیع دما در امتداد ارتفاع کانال برای عمق ۸ سانتی متر و توان ۸۰۰ وات بر متر مربع ۷۴

شکل ۵-۱۳: توزیع دما در امتداد ارتفاع کانال برای عمق ۱۰ سانتی متر و توان ۶۰۰ وات بر متر مربع ۷۴

شکل ۵-۱۴: توزیع دما در امتداد ارتفاع کانال برای عمق ۱۰ سانتی متر و توان ۸۰۰ وات بر متر مربع ۷۵

شکل ۵-۱۵: توزیع دما در امتداد ارتفاع کانال برای عمق ۱۲ سانتی متر و توان ۶۰۰ وات بر متر مربع ۷۵

شکل ۵-۱۶: توزیع دما در امتداد ارتفاع کانال برای عمق ۱۲ سانتی متر و توان ۸۰۰ وات بر متر مربع ۷۶

شکل ۵-۱۷: توزیع دما در امتداد ارتفاع کانال برای عمق ۱۰ سانتی متر و توان ۴۰۰ وات بر متر مربع ۷۷

شکل ۵-۱۸: توزیع دمای بدون بعد در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۹۹ سانتی متر بالای ورودی کانال برای توان های ۴۰۰ و ۸۰۰ وات بر متر مربع و سه عمق های ۴، ۱۰ و ۱۶ سانتی متر ۷۹

شکل ۵-۱۹: توزیع دمای بدون بعد در امتداد عمق کانال در ارتفاع ۳۴ سانتی متر بالای ورودی کانال برای توان های ۴۰۰ و ۸۰۰ وات بر متر مربع و عمق های ۴، ۱۰ و ۱۶ سانتی متر ۷۹

شکل ۵-۱۹: مقایسه دمای بی بعد بر اساس تئوری لایه مرزی با چن و همکاران [۱۲]..... ۸۰

شکل ۵-۲۰: سرعت جریان هوا بر حسب فواصل مختلف صفحه جاذب تا شیشه و برای توان های مختلف ورودی ۸۱

شکل ۵-۲۱: نرخ جریان هوا بر حسب فواصل مختلف صفحه جاذب تا شیشه و برای توان ورودی ۲۰۰ وات بر متر مربع ۸۲
شکل ۵-۲۲: نرخ جریان هوا بر حسب فواصل مختلف صفحه جاذب تا شیشه و برای توان ورودی ۴۰۰ وات بر متر مربع ۸۲
شکل ۵-۲۳: نرخ جریان هوا بر حسب فواصل مختلف صفحه جاذب تا شیشه و برای توان ورودی ۶۰۰ وات بر متر مربع ۸۳
شکل ۵-۲۴: نرخ جریان هوا بر حسب فواصل مختلف صفحه جاذب تا شیشه و برای توان ورودی ۸۰۰ وات بر متر مربع ۸۳
شکل ۵-۲۵: نرخ جریان هوا بر حسب فواصل مختلف صفحه جاذب تا شیشه و برای توان ورودی ۱۰۰۰ وات بر متر مربع... ۸۴
شکل ۵-۲۷: شماتیک جریان بازگشتی در هواگرمکن ۸۵
شکل ۵-۲۸: تغییرات عدد رینولدز بر حسب عدد رایلی ۹۲
شکل ۵-۲۹: تغییرات عدد نوسلت بر حسب عدد رایلی ۹۴
شکل ۵-۳۰: تغییرات بازده برای توان های ورودی و عمق های مختلف ۹۶
شکل ۵-۳۲: تغییرات بازده بر حسب عدد رایلی ۹۷
شکل ۵-۳۳: مدل ساخته شده در نرم افزار *Gambit*..... ۱۰۰
شکل ۵-۳۴: نمودار باقیمانده های حل توسط *Fluent* ۱۰۲
شکل ۵-۳۵: بردارهای سرعت در ناحیه الف) خروجی کانال، ب) ورودی کانال ۱۰۳
شکل ۵-۳۶: کانتور دما در ناحیه خروجی کانال..... ۱۰۴
شکل ۵-۳۷: مقایسه مدل *CFD* با داده های آزمایش (عمق ۸ سانتی متر و توان ورودی ۱۰۰۰ وات بر متر مربع) ۱۰۵
شکل ۵-۳۸: مقادیر بردارهای سرعت هوا برای الف) نوع ۱، ب) نوع ۲، ج) نوع ۳، د) نوع۴، ه) نوع۵ ..... ۱۰۷
شکل ۵-۳۹: توزیع دما برای نوع ۱ در چهار ارتفاع ۰/۰۳، ۰/۳۴، ۰/۶۸ و ۰/۹۹ متر از ورودی کانال ۱۰۸
شکل ۵-۴۰: توزیع دما برای نوع ۲ در چهار ارتفاع ۰/۰۳، ۰/۳۴، ۰/۶۸ و ۰/۹۹ متر از ورودی کانال ۱۰۸
شکل ۵-۴۱: توزیع دما برای نوع ۳ در چهار ارتفاع ۰/۰۳، ۰/۳۴، ۰/۶۸ و ۰/۹۹ متر از ورودی کانال ۱۰۹
شکل ۵-۴۲: توزیع دما برای نوع ۴ در چهار ارتفاع ۰/۰۳، ۰/۳۴، ۰/۶۸ و ۰/۹۹ متر از ورودی کانال ۱۰۹
شکل ۵-۴۳: توزیع دما برای نوع ۵ در چهار ارتفاع ۰/۰۳، ۰/۳۴، ۰/۶۸ و ۰/۹۹ متر از ورودی کانال ۱۱۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: نرخ جریان متوسط برای دستگاه مورد آزمایش و هواگرمکن سنتی و بازده کمکی [۱۷] ۳۶

جدول ۴-۱ : تعداد و فاصله بین ترموکوپل های نصب شده درون کانال ۶۱

جدول ۴-۲: ولتاژ مورد نیاز برای مراحل آزمایش ۶۵

جدول ۵-۱: مقادیر محاسبه شده ضخامت های لایه مرزی سرعت، لایه مرزی گرمایی و دمای بی بعد برای عمق ۱۰ سانتی متر و توان ورودی ۴۰۰ وات بر متر مربع ۷۸

جدول ۵-۲: مقادیر محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۲ سانتی متر ۸۶

جدول ۵-۳: مقادیر محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۴ سانتی متر ۸۶

جدول ۵-۴: مقادیر محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۶ سانتی متر ۸۷

جدول ۵-۵: مقادیر محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۸ سانتی متر ۸۷

جدول ۵-۶: مقادیر محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۱۰ سانتی متر ۸۷

جدول ۵-۷: مقادیر محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۱۲ سانتی متر ۸۸

جدول ۵-۸: مقادیر محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۱۴ سانتی متر ۸۸

جدول ۵-۹: مقادیر محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۱۶ سانتی متر ۸۸

جدول ۵-۱۰: اعداد بی بعد محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۲ سانتی متر ۸۹

جدول ۵-۱۱: اعداد بی بعد محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۴ سانتی متر ۸۹

جدول ۵-۱۲: اعداد بی بعد محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۶ سانتی متر ۸۹

جدول ۵-۱۳: اعداد بی بعد محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۸ سانتی متر ۹۰

جدول ۵-۱۴: اعداد بی بعد محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۱۰ سانتی متر ۹۰

جدول ۵-۱۵: اعداد بی بعد محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۱۲ سانتی متر ۹۰

جدول ۵-۱۶: اعداد بی بعد محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۱۴ سانتی متر ۹۰

جدول ۵-۱۷: اعداد بی بعد محاسبه شده برای فاصله صفحه جاذب و شیشه ۱۶ سانتی متر ۹۱

جدول ۵-۱۸: معادلات به دست آمده از نمودار تغییرات عدد رینولدز بر حسب عدد رایلی ۹۲

جدول ۵-۱۹: معادلات به دست آمده از نمودار تغییرات عدد رینولدز بر حسب عدد رایلی ۹۴

جدول ۵-۲۰: معادلات به دست آمده از نمودار تغییرات بازده بر حسب عدد رایلی ۹۷

جدول ۵-۲۱: تنظیمات استفاده شده در نرم افزار *Fluent* ۱۰۲

جدول ۵-۲۲: عدم وابستگی حل به شبکه برای ε =۰/۹۵ ، عمق ۸ سانتی متر و توان ورودی ۱۰۰۰ وات بر متر مربع ۱۰۴

جدول ۵-۲۳: مشخصات جنس صفحات جاذب ۱۰۶

جدول ۵-۲۴: توان تشعشع برای پنج نوع صفحه جاذب ۱۱۰

جدول ۵-۲۵: داده های به دست آمده برای پنج نوع صفحه جاذب ۱۱۱

فهرست علائم

a	فاصله ترموکوپل ها از یکدیگر (m)
A_g	مساحت پوشش شفاف (m^2)
A_o , A_i	مساحت مقاطع خروجی و ورودی کانال (m^2)
A_w	مساحت صفحه جاذب (m^2)
C	گرمای مخصوص ($J/Kg.C$)
C_p	ظرفیت گرمایی مخصوص ($J/Kg.C$)
d	فاصله بین صفحه جاذب و پوشش شفاف
f	نیروی حجمی (بدنی) (N)
F_R	ضریب تفکیک حرارت
g	شتاب گرانش (m/s^2)
Gr^*	عدد گراشف اصلاح شده
h_c	ضریب انتقال حرارت هدایت از شیشه ($w/m^2.C$)
h_g	ضریب انتقال حرارت جابجایی میان پوشش شفاف و هوای درون کانال ($w/m^2.C$)
h_{rs}	ضریب انتقال حرارت تابشی از پوشش شفاف به آسمان ($w/m^2.C$)
h_{rwg}	ضریب انتقال حرارت تشعشع میان صفحه جاذب و پوشش شفاف ($w/m^2.C$)
h_w	ضریب انتقال حرارت جابجایی میان صفحه جاذب و هوای درون کانال ($w/m^2.C$)
h_{wind}	ضریب انتقال حرارت جابجایی توسط باد ($w/m^2.C$)
H	ارتفاع (m)
K	ضریب انتقال حرارت هدایت ($w/m.C$)
K_{ins}	ضریب رسانندگی حرارتی عایق پشت صفحه جاذب ($w/m.C$)
L	طول مشخصه (m)
L_s	ارتفاع انباشته (m)
L_w	طول دیواره گرم (m)
$\dot{m}$	نرخ جریان جرم (Kg/s)
Nu	عدد ناسلت
P	فشار (N/m^2)
Pr	عدد پرانتل
q_c	توان حرارتی به شکل انتقال حرارت جابجایی (W/m^2)
q_{in}	توان حرارت منتقل شده از هیتر به صفحه جاذب (W/m^2)
R	مقاومت سیم هیتر (Ω)

Ra	عدد رایلی
Ra^*	عدد رایلی اصلاح شده
Re	عدد رینولدز
S_1	تابش رسیده به پوشش شفاف (W/m^2)
S_2	تابش رسیده به صفحه جاذب (W/m^2)
t	زمان
T_a	دمای محیط پیرامون (C)
T_f	میانگین دمای هوای درون کانال (C)
$T_{f,i}$	دمای هوا در ورودی کانال (C)
$T_{f,o}$	دمای هوا در خروجی کانال (C)
T_g	میانگین دمای پوشش شفاف (C)
T_m	دمای متوسط (C)
T_{sky}	دمای معادل آسمان (C)
T_w	میانگین دمای دیواره (C)
u	سرعت (m/s)
u_{wind}	سرعت باد (m/s)
U_t	ضریب تلفات حرارتی کلی از پوشش شفاف به محیط ($w/m^2.C$)
U_b	ضریب تلفات حرارتی کلی از صفحه جاذب به محیط ($w/m^2.C$)
V	ولتاژ مورد نیاز
$\dot{V}$	نرخ جریان حجمی (m^3/s)
W	توان الکتریکی مورد نیاز (w)
y	فاصله از صفحه جاذب (m)
z	ارتفاع ورودی کانال (m)
Δw_{ins}	ضخامت عایق پشت صفحه جاذب (m)
ι	ضریب عبور
ν	ویسکوزیته سینماتیک هوا (m^2/s)
η	بازده حرارتی دستگاه
ρ	چگالی (kg/m^3)
τ	تنش برشی(N/m^2)
μ	ویسکوزیته ($kg/m.s$)

ضریب انبساط حجمی ($1/k$)	β
ضخامت لایه مرزی مومنتوم (m)	δ
ضخامت لایه مرزی گرمایی (m)	δ_t
ضریب جذب	α
ثابت استفان بولتزمن ($5.67\times10-8\,w\,/\,m^2K^4$)	σ
ضریب گسیل	ε
ضریب تقریب دمای متوسط	γ

پیش گفتار:

حیات بشری از ابتدای خلقت تاکنون دستخوش تغییرات زیادی گردیده و تلاش انسان برای بدست آوردن انرژی پیوسته به اشکال مختلف ادامه داشته است. نیاز به انرژی برای بشر اولیه تنها برای گرم کردن خود و یا تبدیل مواد خوراکی به غذای مطلوب بوده، اما نیاز انسان امروزه به انرژی بسیار پیچیده تر می باشد به طوری که تصور زندگی بشر امروز بدون حتی یکی از انواع متداول انرژی ممکن نیست. انسان اولیه به دلیل محدود بودن نیازهایش به شکل محدودی طبیعت را مورد استفاده قرار می داد. از ابتدای قرن اخیر و آغاز انقلاب صنعتی منابع مورد استفاده از چوب و زغال آن به منابع فسیلی تغییر شکل یافت که با وجود آن که عطش سیری ناپذیر او را اندکی فرو نشاند، اما مشکلاتی را در ارتباط با محیط زیست برای انسان پدید آورد که همچنان گریبانگیر اوست. پس از انقلاب صنعتی، جمعیت کره زمین تا حد زیادی افزایش یافته است و منابع عمده انرژی که بیشتر آن را سوخت های فسیلی تشکیل می دهند به شدت در حال کاهش می باشند و مهمتر از همه توقعات مردم جهان با پیشرفت علم و تکنولوژی افزایش یافته است. بنابر این کاهش روز افزون منابع انرژی به خصوص انرژی فسیلی و افزایش جمعیت جهان به همراه مسائلی چون آلودگی محیط زیست، تولید گازهای گلخانه ای، تخریب لایه ازن و ... در سال های اخیر دانشمندان و محققان را به توجه جدی تر به استفاده از منابع انرژی تمیز، بازگشت پذیر و بدون آلودگی که در راس آنها انرژی خورشیدی قرار دارد، وا داشته است. اهمیت مسئله تا آنجاست که دستیابی به منابع انرژی پاک و غیر مخرب اکنون به یکی از دغدغه های دائمی دانشمندان، صاحبان صنعت و تکنولوژی و حتی دولت مردان در آمده است و تامین انرژی شکل اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی به خود گرفته است. انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع تمام نشدنی، تمیز و ارزان می تواند به یکی از منابع مهم انرژی در آینده ای نزدیک تبدیل شود. استفاده از انرژی خورشیدی تا نیم قرن اخیر تنها به خشک کردن مواد غذایی در زیر نور آفتاب و یا استخراج نمک و همچنین به طور غیر مستقیم در سوخت های فسیلی یا گیاهان محدود بوده است. در سال های اخیر در کشورهای

پیشرفته از این منبع انرژی به صورت نسبتاً گسترده ای برای تولید انرژی حرارتی و برق استفاده شده است. این موضوع هم در کشور ما با توجه به پتانسیل های گوناگون استفاده از منابع تجدید پذیر انرژی در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از میان این منابعف استفاده از انرژی خورشیدی با توجه به تکنولوژی شناخته شده و نسبتا ساده آن و همچنین تعداد ساعت های آفتابی بالا با تشعشع مناسب در اکثر نقاط ایران بیش از سایر موارد قابل توجیه می باشد.

در نیم قرن اخیر با توجه به مسائلی که عنوان شد، روش های جدیدی برای به کار گیری انرژی خورشیدی در کاربردهای صنعتی و مسکونی ابداع شده است تا این انرژی را به یکی از صورت های حرارتی، الکتریکی و یا شیمیایی تبدیل نموده و مورد استفاده قرار دهند. تبدیل انرژی خورشیدی به حرارتی از متداول ترین این روش ها بوده و شامل طرح هایی مانند گرداورنده های تخت[1]، آب شیرین کن، کرداورنده های مقعر، کوره های خورشیدی و ... می گردند. طراحی گرداورنده های تخت که شامل آب گرم کن و هوا گرمکن های تخت می باشند، آسان تر بوده و به نگهداری کمتری نیاز دارند. مسائلی نظیر یخ زدگی، خوردگی و نشتی که در آب گرم کن ها وجود دارد در هوا گرمکن وجود ندارد. اما به دلیل پایین بودن ضریب انتقال حرارت جابجایی بین هوا و صفحه جاذب، میزان دریافت انرژی مفید و در نتیجه بازده حرارتی آنها پایین تر است. به همین دلیل بالا بردن ضریب انتقال حرارت جابجایی در طراحی هوا گرم کن ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. میزان هوای گرم خروجی از دستگاه نیز در طراحی هواگرم کن اهمیت ویژه ای دارد. امروزه استفاده از این نوع هوا گرم کن ها برای گرمایش منازل و نیز ایجاد تهویه مطبوع در ساختمان در بسیاری از کشورها مرسوم شده است.

این پایان نامه شامل پنج فصل می باشد. در فصل اول به بیان مقدمه ای درباره انرژی خورشیدی و کاربردهای آن پرداخته می شود. همچنین انواع سیستم های انرژی خورشیدی به طور مختصر در این فصل توضیح داده می شود. در فصل دوم پیشینه تحقیقات مرتبط با دستگاه هواگرم کن بیان شده است. در فصل سوم روابط و مفاهیم پایه در محاسبه انرژی خورشیدی بحث شده است. در فصل چهارم نحوه ساخت دستگاه مورد آزمایش، اجزاء مختلف دستگاه و نحوه آزمایش شرح داده شده است. فصل پنجم داده های بدست آمده از آزمایش بررسی و نتایج مورد نیاز به دست آمده است.

[1] Flat plate Collector