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 مهندسی مکانیک
گرایش تبدیل انرژی

عنوان پایان نامه:

بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی با ردیفی از موانع واقع برروی صفحه جاذب

استاد راهنما:
دکتر حبیب اله صفرزاده

نگارش:
شهرام یاری

شهریور ماه ۱۳۹۲

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

دانشجو :
شهرام یاری

تحت عنوان:

بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی با ردیفی از موانع واقع برروی صفحه جاذب

در تاریخ ۱۳۹۲/۶/۳۱ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه به تصویب نهایی رسید .

۱-استاد راهنما	دکتر حبیب اله صفرزاده	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۲- استاد داور داخل گروه	دکتر فرزاد ویسی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۳-استاد داور داخل گروه	دکتر اکرم خدایاری	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء

چکیده:

در مطالعه پیش رو دو دستگاه هواگرمکن خورشیدی هر یک با مساحت موثر(سطح کلکتور) ۱/۱۲۵ متر مربع ساخته شد و در دانشکده فنی مهندسی دانشگاه رازی در زاویه قرارگیری ثابت معادل عرض جغرافیایی شهر کرمانشاه (۳۴/۳۳ درجه) و روبه جنوب در طول روز های از خردادماه از ساعت ۸:۳۰ تا ۱۷:۳۰ و در گسترده دبی جرمی ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ کیلو گرم بر ثانیه هوای ورودی، به صورت تجربی بررسی شد. این بررسی که برای ۸ حالت با آرایش موانع(۴ حالت آرایش موانع ثابت و ۴ حالت آرایش موانع متحرک) برروی صفحه جاذب و یک حالت بدون آرایش موانع انجام شد. دمای شیشه، صفحه جاذب، هوای ورودی و خروجی، سرعت جریان هوای خروجی و تابش خورشید اندازه گیری و ثبت شد و سپس بازده حرارتی از دیدگاه قوانین اول و دوم ترمودینامیک بررسی شد. علاوه بر این رفتار جریان برروی صفحه جاذب در ۹ حالت بررسی شده به صورت تجربی، در محیط نرم افزاری به صورت عددی شبیه سازی شده است.

نتایج نشان می دهد که آرایش موانع در حالت کلی به دلیل افزایش سطح انتقال حرارت، کاهش فضای مرده با هدایت جریان به تمامی سطح صفحه جاذب و فضای کانال عبور هوا، افزایش میزان آشفتگی جریان و متناسب با آن افزایش ضریب انتقال حرارت جابجایی و کاهش تلفات حرارتی از پوشش شفاف با جذب بخش قابل توجه ای از امواج باز تابیده شده از سمت صفحه جاذب توسط موانع، عملکرد حرارتی هواگرمکن بهبود می یابد. براساس نتایج بدست آمده با افزایش توان ورودی به هواگرمکن با نزدیک شدن به ظهر خورشیدی عملکرد حرارتی(بازده انرژی و بازده اگزرژی) هواگرمکن افزایش می یابد و بیشترین بازده در ظهر خورشیدی مشاهد شد از طرفی با دورشدن از ظهر خورشیدی و نزدیک شدن به غروب آفتاب و کاهش توان ورودی، عملکرد حرارتی هواگرمکن کاهش می یابد. افزایش متوسط دمای روازنه ی هوای ورودی در بهترین حالت نسبت به حالت مرجع ۸۲/۲۳٪ بهبود می یابد و متناسب با بهبود افزایش متوسط دمای روازنه ی هوای ورودی، متوسط بازده انرژی روزانه در بهترین حالت نسبت به حالت مرجع ۸۰٪ افزایش داشته است از طرفی اگزرژی تخریب شده نسبت به حالت مرجع در مناسب ترین حالت ۵۲٪ کاهش می یابد و متناسب با کاهش تلفات اگزرژی تخریب شده، بازده اگزرژی افزایش معادل ۷۴/۴٪ را نسبت به حالت مرجع تجربه نموده است.

در چیدمان های یکسان از چینش موانع ثابت و متحرک، در دبی جرمی پایین که در آرایش های مختلف، متفاوت می باشد چینش های موانع متحرک از عملکرد حرارتی (بازده انرژی و بازده اگزرژی) پایین تری بر خوردار می باشند ولی با افزایش نرخ جریان جرمی هوای ورودی عملکرد حرارتی چیدمان های موانع متحرک با نرخ بیشتری نسبت به چیدمان های موانع ثابت افزایش می یابد. با افزایش نرخ دبی جرمی بازده انرژی و بازده اگزرژی در تمامی ۹ حالت بررسی شده افزایش می یابد و از طرفی نرخ افزایش بازده کاهش می یابد با این توصیف که نرخ کاهش افزایش بازده در حالت مرجع نسبت به حالت های دارای چینش موانع بیشتر می باشد.همچنین در کلیه حالت های بررسی شده شامل آرایش موانع برروی صفحه جاذب و در حالت مرجع بازده انرژی هواگرمکن نسب به بازده اگزرژی هواگرمکن بیشتر می باشد

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱:معایب گرمایش به روش های مرسوم..... ۲

۱-۲: هواگرمکن های خورشیدی..... ۴

۱-۳: گرمایش و سرمایش ساختمان..... ۵

۱-۳-۱: سیستم گرمایش خورشیدی غیرفعال..... ۵

الف) ورود مستقیم نور خورشید به داخل اتاق از طریق پنجره ها ۶

ب) استفاده از دیوار ذخیره کننده انرژی خورشیدی(دیوار ترومب) و دیوار آبی..... ۶

پ) استفاده از گلخانه مجاور، استفاده از گلخانه مجاور همراه با دیوار ترومب و استفاده از گلخانه مجاور همراه با دیوار آبی ورود مستقیم..... ۷

ت)استفاده از گیرنده مسطح قائم با جریان طبیعی هوا..... ۷

ث)استخر یا حوضچه روی بام..... ۷

ج)حیاط مرکزی..... ۸

چ) بالکن های شفاف..... ۹

ح)دیوار های خورشیدی..... ۱۰

۱-۳-۲: سیستم گرمایش خورشیدی فعال..... ۱۲

۱-۴: خشک کردن محصولات کشاورزی..... ۱۳

۱-۴-۱: خشک کن های خورشیدی..... ۱۳

الف) خشک کردن به روش باز-OSD..... ۱۶

ب) خشک کردن مستقیم خورشیدیDSD ۱۷

پ) خشک کردن غیر مستقیم خورشیدی-ISD..... ۱۸

ث)خشک کردن های ترکیبی خورشیدی- HBD..... ۱۹

۱-۴-۲: انواع خشک کن های خورشیدی..... ۱۹

الف) خشک کن غیر فعال..... ۱۹

الف-۱)خشک کن های غیر مستقیم-غیر فعال..... ۲۰

الف-۲)خشک کن های مستقیم-غیر فعال..... ۲۱

الف-۳) خشک کن های گلخانه ای با گردش طبیعی هوا..... ۲۱

ب)خشک کن فعال..... ۲۲

ب-۱) خشک کن های غیر مستقیم- فعال..... ۲۲

ب-۲) خشک کن های مستقیم- فعال..... ۲۳

فصل دوم:مروری بر کار های گذشته

فصل سوم: تئوری مسئله

۳-۱: دینامیک سیالات..... ۵۲

۳-۲- مدل ریاضی هواگرمکن خورشیدی.....۵۳
۳-۲-۱: معادله موازنه انرژی در پوشش شفاف.....۵۴
۳-۲-۲: معادله موازنه انرژی بری هوای درون کانال.....۵۵
۳-۲-۳- معادله موازنه انرژی صفحه جاذب.....۵۷
۳-۳- بازده حرارتی هوا گرمکن از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک.....۵۸
۳-۴- بازده حرارتی هوا گرمکن از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک(اگزرژی).....۵۸
فصل چهارم: مدل آزمایش
۴-۱- ساخت دستگاه.....۶۳
۴-۱-۱ بدنه دستگاه.....۶۵
۴-۱-۲- آب بندی هواگرمکن.....۶۶
۴-۱-۳- عایق بندی.....۶۶
۴-۱-۴- ترمو کوپل ها ۶۷
الف: کالیبره نمودن ترموکوپل ها.....۶۸
ب: ترموکوپل روی صفحه جاذب.....۶۹
پ: ترموکوپل های روی پوشش شیشه ای.....۷۰
ت: ترموکوپل های نصب شده بروی اتصالات ورودی و خروجی هوا ۷۰
۴-۱-۵- شیر های مکانیکی کنترل جریان.....۷۰
۴-۱-۶ : دمنده هوا.....۷۱
۴-۱-۷- موانع.....۷۱
الف) موانع ثابت.....۷۲
ب: موانع متحرک.....۷۳
۴-۲: آرایش دادن موانع بروی صفحه جاذب.....۷۴
۴-۳: روش آزمایش.....۷۹
فصل پنجم: بررسی نتایج از دیدگاه قانون اول (تحلیل انرژی)
۵-۱: شرایط محیطی.....۸۱
۵-۲: بررسی تغییرات دمای اجزاء هواگرمکن.....۸۱
۵-۳: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن.....۸۳
۵-۳-۱: بررسی افزایش دمای هوای ورودی با چیدمان موانع ثابت بروی صفحه جاذب.....۸۳
۵-۳-۲: بررسی افزایش دمای هوای ورودی با چیدمان موانع متحرک بروی صفحه جاذب.....۸۷
۵-۴ مقایسه تغییرات دمایی بین هوای ورودی و خروجی از هواگرمکن، در آرایش های یکسان موانع ثابت و متحرک.....۹۰
۵-۴-۱ :مقایسه تغییرات دمایی ، در آرایش های خطی و پیکانی موانع.....۹۰
۵-۴-۲ : مقایسه تغییرات دمایی بین هوای ورودی و خروجی از هواگرمکن، در آرایش های بافل های عرضی.....۹۲
۵-۴-۳: بررسی تغییرات متوسط روزانه، اختلاف دمای هوای خروجی و ورودی به هواگرمکن، بر حسب دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن.....۹۴

۵-۵: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی.....۹۶
۵-۵-۱: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی با چیدمان موانع ثابت بروی صفحه جاذب.....۹۶
۵-۵-۲: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی با چیدمان موانع متحرک بروی صفحه جاذب.....۹۹
۵-۶ مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن از دید قانون اول، برای آرایش های یکسان موانع ثابت و متحرک.....۱۰۳
۵-۶-۱ :مقایسه عملکرد آرایش های خطی و پیکانی موانع.....۱۰۳
۵-۶-۲ : مقایسه عملکرد آرایش های بافل های عرضی.....۱۰۵
۵-۶-۳: بررسی کاهش تلفات حرارتی از پوشش شفاف هوا گرمکن خورشیدی.....۱۰۸
۵-۶-۴: بررسی تغییرات متوسط روزانه، بازده حرارتی بر حسب دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن.....۱۰۹
۵-۷: بررسی عملکرد حرارتی برحسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی.....۱۱۱
۵-۸: شبیه سازی رفتار جریان در نزدیکی صفحه جاذب.....۱۱۵
فصل ششم: بررسی نتایج از دیدگاه قانون دوم (تحلیل اگزرژی)
۶-۱: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی از دیده قانون دوم ترمودینامیک.....۱۲۱
۶-۱-۱: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی با چیدمان موانع ثابت بروی صفحه جاذب.....۱۲۱
۶-۱-۲: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن خورشیدی با چیدمان موانع متحرک بروی صفحه جاذب...۱۲۴
۶-۲ مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن از دید قانون دوم، برای آرایش های یکسان موانع ثابت و متحرک.....۱۲۷
۶-۲-۱ :مقایسه عملکرد آرایش های خطی و پیکانی موانع.....۱۲۷
۶-۲-۲ : مقایسه عملکرد آرایش های بافل های عرضی.....۱۳۰
۶-۳: بررسی روند تغییرات بازده قانون دوم نسبت به دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن.....۱۳۲
۶-۴: بررسی روند تغییرات اگزرژی تخریب شده بدون بعد نسبت به دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن.....۱۳۴
۶-۵: بررسی روند تغییرات پتانسیل بهبود یافته، نسبت به دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن.....۱۳۵
فصل هفتم: نتیجه گیری
۷-۱: نتیجه گیری.....۱۳۸
۷-۲: پیشنهادات.....۱۳۹
پیوست.....۱۴۰
منابع.....۱۴۲

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱: خروج هوای گرم به دلیل طبقه بندی حرارتی و ورود هوای سرد به دلیل ایجاد فشار منفی[۱].....۳
شکل۱-۲: استفاده از هواگرمکن های خورشیدی به منظور گرمایش ساختمان[۲].....۵
شکل۱-۳: گرمایش ساختمان با ورود مستقیم نور خورشید به داخل اتاق[۲].....۶
شکل۱-۴: حالت های مختلف قرارگیری دیواره آبی، به منظور گرمایش ساختمان[۲].....۶
شکل۱-۵: استفاده از دیواره ذخیره کننده انرژی (دیوار ترمب)، برای گرم کردن ساختمان[۲].....۷
شکل۱-۶: استفاده از گلخانه مجاور همراه با دیوار ترومب [۲].....۷
شکل۱-۷: استفاده از گلخانه مجاور همراه با دیوار آبی ورود مستقیم[۲] ۷
شکل۱-۸: بهره گیری از استخر یا حوضچه ی روی بام به منظور تهویه ساختمان در زمستان و تابسنان[۲] ۸
شکل۱-۹: شمای از حیاط مرکزی به کارگرفته شده در ساختمان به منظور تهویه مطبوع [۳].....۹
شکل۱-۱۰: طراحی بالکن های شفاف در ساختمان به منظور تهویه مطبوع [۳].....۹
شکل۱-۱۱: به کارگیری دیواره های خورشیدی به منظور گرمایش [۱].....۱۰
شکل۱-۱۲: نمونه های از استفاده دیواره های خورشیدی در صنایع مختلف [۱].....۱۱
شکل۱-۱۳: بهره گیری مناسب از دیواره های خورشیدی در جهت زیبا سازی معماری ساختمان [۱].....۱۱
شکل ۱-۱۴: گرمایش ساختمان به روش فعال [۵].....۱۲
شکل۱-۱۵: خشک کردن محصولات کشاورزی به روش باز [۸و۶] ۱۶
شکل۱-۱۶: خشک کردن محصولات کشاورزی به روش خشک کردن مستقیم خورشیدی [۶].....۱۷
شکل۱-۱۷: خشک کردن محصولات کشاورزی به روش غیرمستقیم خورشیدی [۶].....۱۸
شکل۱-۱۸: خشک کردن محصولات کشاورزی به روش ترکیبی خورشیدی [۸].....۱۹
شکل۱-۱۹: بهرگیری از اثر دودکش در خشک کن های غیر مستقیم- غیر فعال [۶].....۲۰
شکل۱-۲۰: بهره گیری از اثر دودکش در خشک کن های مستقیم- غیر فعال [۶].....۲۱
شکل۱-۲۱: خشک کن گلخانه ای با گردش طبیعی هوا [۶].....۲۲
شکل۱-۲۲: بهره گیری از فن در خشک کن های غیر مستقیم- فعال [۶].....۲۳
شکل۱-۲۳: خشک کن های گلخانه ای با گردش اجباری هوا [۶].....۲۳
شکل ۲-۱: آرایش دادن دندانه های مختلف روی صفحه جاذب[۹].....۲۶
شکل۲-۲: عملکرد هواگرمکن بر حسب عدد رینولدز[۹].....۲۶
شکل ۲-۳: دندانه های گوه ای شکل [۱۱].....۲۷
شکل ۲-۴: دندانه v شکل چند تکه ای[۱۳].....۲۸
شکل ۲-۵: آرایش قرارگیری دندانه های مایل و مایل دارای بریدگی[۱۴].....۲۸
شکل ۲-۶: a شمای کلی هواگرمکن b- نمای کلکتور از جلو[۱۵].....۲۹
شکل ۲-۷: چیدمان فین های طولی در نماهای مختلف[۱۶].....۳۰
شکل۲-۸: عملکرد هواگرمکن برحسب نرخ جریان جرمی[۱۶].....۳۰
شکل ۲-۹: عملکرد هواگرمکن دارای فین های طولی در ساعات مختلف روز [۱۶].....۳۱
شکل ۲-۱۰: شماتیک هواگرمکن [۱۷].....۳۱

شکل ۲-۱۱آرایش قرارگیری فین های طولی [۱۷]..... ۳۲
شکل۲-۱۲: عملکرد هواگرمکن بر حسب بازیاب[۱۷]..... ۳۲
شکل ۲-۱۳: شمای کلی هواگرمکن و آرایش قرارگیری فین های طولی و بافل های متصل به آن [۱۸]..... ۳۳
شکل ۲-۱۴: آرایش قرارگیری فین ها و بافل های متصل به آن [۱۹]..... ۳۴
شکل ۲-۱۵: چیدمان فین های طولی در دوطرف صفحه جاذب[۲۰]..... ۳۴
شکل ۲-۱۶: عملکرد هواگرمکن برحسب ارتفاع و تعداد فین ها[۲۰]..... ۳۵
شکل ۲-۱۷: چیدمان فین ها و بافل ها در هواگرمکن تک کاناله [۲۱]..... ۳۵
شکل ۲-۱۸: عملکرد تئوری و تجربی هواگرمکن برحسب نسبت طول به عرض [۲۱]..... ۳۶
شکل۲-۱۹: a- هواگرمکن نوع۱ مانع های مثلثی شکل b- هواگرمکن نوع ۲مانع های برگی شکل c- هواگرمکن نوع۳ مانع های مستطیلی شکل d- هواگرمکن نوع۴ صفحه جاذب فاقد مانع[۲۳]..... ۳۷
شکل ۲-۲۰: چیدمان موانع و هواگرمکن به کار گرفته شده[۲۴]..... ۳۸
شکل ۲-۲۱: عملکرد هوا گرمکن در دبی های ۰/۰۰۷۵و ۰/۰۰۵۴ کیلوگرم بر ثانیه[۲۳و۲۴]..... ۳۹
شکل ۲-۲۲: شماتیک هواگرمکن و چیدمان فین ها [۲۵]..... ۴۰
شکل۲-۲۳: a- نصب فین های طولی بر روی صفحه جاذب b- صفحه جاذب موجی v شکل[۲۶]..... ۴۰
شکل۲-۲۴: شمای کلی از هواگرمکن[۲۶]..... ۴۱
شکل۲-۲۵: بازده حرارتی بر حسب دبی جرمی[۲۶]..... ۴۱
شکل۲-۲۶: شمای کلی هواگرمکن، آرایش موانع و محل قرارگیری صفحه جاذب [۲۷]..... ۴۲
شکل ۲-۲۷: موقعیت های قرارگیری صفحه جاذب [۲۷]..... ۴۲
شکل۲-۲۸: بازده انرژی در ساعات مختلف روز [۲۷]..... ۴۳
شکل۲-۲۹: آرایش قرار گیری موانع بر روی صفحه جاذب [۲۸]..... ۴۴
شکل۲-۳۰: عملکرد هواگرمکن در فصل تابستان [۲۸]..... ۴۵
شکل۲-۳۱: عملکرد هواگرمکن در فصل زمستان [۲۸]..... ۴۵
شکل ۲-۳۲: a- آریش قرارگیری موانعOT b- مانع دماغه ای شکل c- آرایش قرارگیری موانعOIF d- موانع دماغه ای شکل با شیب e- آرایش قرارگیری موانع WT f- موانع به شکل زانوای [۲۹]..... ۴۶
شکل ۲-۳۳: a-آرایش قرارگیری موانع WDL b-موانع مثلثی شکل c–آرایش قرارگیری موانع دماغه ای به طوری که پایه ها در پشت قرارگرفتهWOL [۲۹]..... ۴۷
شکل۲-۳۴: آرایش قرارگیری لوله ها بر روی صفحه جاذب، a- نوع۱ b-نوع۲ c-نوع۳ [۳۰]..... ۴۸
شکل۲-۳۵: شمای هواگرمکن [۳۰]..... ۴۹
شکل۲-۳۶: بازده انرژی در ساعات روز برای هر سه نوع هواگرم کن در دبی های ثابت [۳۰]..... ۵۰
شکل۴-۱: شمای کلی set up..... ۶۳
شکل ۴-۲ : شماتیک دستگاه هواگرمکن ساخته شده..... ۶۴
شکل۴-۳: الف-بدنه چوبی هواگرمکن ب- نمای پشت هواگرمکن با قرارگیری صفحه جاذب در شیار تعبیه شده پ- نمای روبه روی هوا گرمکن با رنگ آمیزی صفحه جاذب..... ۶۵
شکل ۴-۴: آب بندی پشت هوا گرمکن ها..... ۶۶
شکل ۴-۵: عایق پشم شیشه نصب شده در زیر صفحه جاذب..... ۶۷
شکل ۴-۶: ترموکوپل با طول سیم بلند..... ۶۷

شکل۴-۷ : ارائه تابع اصلاح، جهت تصحیح دما های خوانده شده توسط ترموکوپل ها.....۶۸
شکل ۴-۸: (الف) ترمومتر (ب) کالیبر نمودن ترموکوپل ها.....۶۹
کل ۴-۹: الف- محل قرارگیری ترموکوپل ها روی صفحه جاذب و فاصله آن ها از یکدیگر ب- شیار تعبیه شده در صفحه جاذب برای اتصال بهتر ترموکوپل و صفحه جاذب.....۶۹
شکل۴-۱۰: الف)اتصالات ورودی جریان ب)لوله خروجی جریان.....۷۰
شکل۴-۱۱: شیرهای گازی جهت تنظیم جریان هوای ورودی.....۷۰
شکل۴-۱۲: دمنده سانتریفوژ.....۷۱
شکل۴-۱۳: مانع متحرک پره ای دوار ، که آزادانه می تواند حول محور خود دوران نمایند.....۷۳
شکل۴-۱۴: آرایش مرجع- بدون چیدمان موانع بروی صفحه جاذب.....۷۴
شکل۴-۱۵: آرایش خطی موانع ثابت با گام تکرار ثابت.....۷۵
شکل۴-۱۶: آرایش پیکانی موانع ثابت با گام تکرار ثابت.....۷۵
شکل۴-۱۷: آرایش بافل های عرضی با خروجی های با سطح مقطع ثابت، در حضور موانع ثابت.....۷۶
شکل۴-۱۸: آرایش بافل های عرضی با خروجی های با سطح مقطع متغییر، در حضور موانع ثابت.....۷۶
شکل۴-۱۹: آرایش خطی موانع متحرک(پره ای دوار) با گام تکرار ثابت.....۷۷
شکل۴-۲۰: آرایش پیکانی موانع متحرک(پره ای دوار) با گام تکرار ثابت.....۷۷
شکل۴-۲۱: آرایش بافل های عرضی با خروجی های با سطح مقطع ثابت، در حضور موانع متحرک.....۷۸
شکل۴-۲۲: آرایش بافل های عرضی با خروجی های با سطح مقطع متغییر، در حضور موانع متحرک.....۷۸
شکل ۵-۱: شرایط محیطی.....۸۱
شکل۵-۲: بررسی تغییرات دمایی اجزای هواگرمکن در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلو گرم بر ثانیه.....۸۲
شکل۵-۳: بررسی تغییرات دمایی اجزای هواگرمکن در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلو گرم بر ثانیه.....۸۲
شکل۵-۴: بررسی تغییرات دمایی اجزای هواگرمکن در دبی جرمی۰/۰۳ کیلو گرم بر ثانیه.....۸۳
شکل۵-۵: بررسی تغییرات دمایی اجزای هواگرمکن در دبی جرمی۰/۰۴ کیلو گرم بر ثانیه.....۸۳
شکل۵-۶: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۴
شکل۵-۷: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۵
شکل۵-۸: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۵
شکل۵-۹: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۶
شکل۵-۱۰: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۷
شکل۵-۱۱: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۷
شکل۵-۱۲: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۸

شکل۵-۱۳: بررسی افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۸
شکل۵-۱۴: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۰
شکل۵-۱۵: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۰
شکل۵-۱۶: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۱
شکل۵-۱۷: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۱
شکل۵-۱۸: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۲
شکل۵-۱۹: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۳
شکل۵-۲۰: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۳
شکل۵-۲۱: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۴
شکل۵-۲۲: بررسی تغییرات متوسط روزانه، اختلاف دمای هوای خروجی و ورودی به هواگرمکن برای چیدمان های مختلف موانع ثابت برحسب دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن.....۹۵
شکل۵-۲۳: بررسی تغییرات متوسط روزانه، اختلاف دمای هوای خروجی و ورودی به هواگرمکن برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) برحسب دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن.....۹۵
شکل۵-۲۴: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۷
شکل۵-۲۵: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۷
شکل۵-۲۶: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۸
شکل۵-۲۷: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۹۸
شکل۵-۲۸: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع متحرک(پرهای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۰
شکل۵-۲۹: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع متحرک(پرهای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۰
شکل۵-۳۰: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع متحرک(پرهای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۱

شکل۵-۳۱: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع متحرک(پرهای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۱
شکل۵-۳۲: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۳
شکل۵-۳۳: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۳
شکل۵-۳۴: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۴
شکل۵-۳۵: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۴
شکل۵-۳۶: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۵
شکل۵-۳۷: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۶
شکل۵-۳۸: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۶
شکل۵-۳۹: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون اول ترمودینامیک برای چیدمان بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۷
شکل۵-۴۰: متوسط بازتابش از سطح صفحه جاذب در حالت های چیدمان موانع بروی صفحه جاذب.....۱۰۸
شکل۵-۴۱: بررسی تغییرات متوسط روزانه، عملکرد حرارتی هواگرمکن برای چیدمان های مختلف موانع ثابت برحسب دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن ۱۰۹
شکل۵-۴۲: بررسی تغییرات متوسط روزانه، عملکرد حرارتی هواگرمکن برای چیدمان های مختلف موانع متحرک برحسب دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن ۱۰۹
شکل ۵-۴۳: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز برحسب نسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۱
شکل ۵-۴۴: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز برحسب نسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۱
شکل ۵-۴۵: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز برحسب نسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۲
شکل ۵-۴۶: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز برحسب نسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۲
شکل ۵-۴۷: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز برحسب نسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی برای چیدمان های مختلف موانع متحرک در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۳
شکل ۵-۴۸: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز برحسب نسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی برای چیدمان های مختلف موانع متحرک در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۳

شکل ۵-۴۹: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز برحسب نسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی برای چیدمان های مختلف موانع متحرک در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۴
شکل ۵-۵۰: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز برحسب نسب اختلاف دمای آنی بر شدت تابش دریافتی برای چیدمان های مختلف موانع متحرک در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۴
شکل ۵-۵۲: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در چینش خطی موانع ثابت.....۱۱۶
شکل ۵-۵۱: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در حالت مرجع.....۱۱۶
شکل ۵-۵۳: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در چینش پیکانی موانع ثابت.....۱۱۶
شکل ۵-۵۴: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در حالت چینش خطی موانع متحرک.....۱۱۷
شکل ۵-۵۵: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در حالت چینش پیکانی موانع متحرک.....۱۱۷
شکل ۵-۵۶: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در حالت چینش بافل های عرضی با خروجی های باسطح مقطع متغیر در حضور موانع ثابت.....۱۱۷
شکل ۵-۵۷: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در حالت چینش بافل های عرضی با خروجی های با سطح مقطع ثابت در حضور موانع ثابت.....۱۱۸
شکل ۵-۵۸: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در حالت چینش بافل های عرضی با خروجی های باسطح مقطع متغیر در حضور موانع متحرک.....۱۱۸
شکل ۵-۵۹: بررسی رفتار جریان در نزدیکی صفحه در حالت چینش بافل های عرضی با خروجی های با سطح مقطع ثابت در حضور موانع متحرک.....۱۱۸
شکل۶-۱: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۱
شکل۶-۲: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۲
شکل۶-۳: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۲
شکل۶-۴: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع ثابت در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۳
شکل۶-۵: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۴
شکل۶-۶: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۴
شکل۶-۷: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۵
شکل۶-۸: بررسی عملکرد حرارتی هواگرمکن در طول روز از دیدگاه قانون دوم ترمودینامیک برای چیدمان های مختلف موانع متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۵
شکل۶-۹: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن از دید قانون دوم در طول روز برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۷

شکل۶-۱۰: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن از دید قانون دوم در طول روز برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۸
شکل۶-۱۱: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن از دید قانون دوم در طول روز برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۸
شکل۶-۱۲: مقایسه عملکرد حرارتی هواگرمکن از دید قانون دوم در طول روز برای چیدمان های خطی و پیکانی موانع ثابت و متحرک (پره ای دوار) در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۸
شکل۶-۱۳: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۱ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۳۰
شکل۶-۱۴: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۲ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۳۰
شکل۶-۱۵: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۳ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۳۱
شکل۶-۱۶: مقایسه افزایش دمای هوای ورودی به هواگرمکن در طول روز برای چیدمان های بافل های عرضی در دبی جرمی ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۳۱
شکل۶-۱۷: تغییرات بازده اگزرژی برحسب دبی جرمی هوای ورودی، برای آرایش موانع ثابت.....۱۳۲
شکل۶-۱۸: تغییرات بازده اگزرژی برحسب دبی جرمی هوای ورودی، برای آرایش موانع متحرک.....۱۳۳
شکل۶-۱۹: تغییرات اگزرژی تخریب شده برحسب دبی جرمی هوای ورودی، برای آرایش موانع ثابت.....۱۳۴
شکل۶-۲۰: تغییرات اگزرژی تخریب شده برحسب دبی جرمی هوای ورودی، برای آرایش موانع متحرک.....۱۳۴
شکل۶-۲۱: تغییرات پتانسیل بهبود یافته، برحسب دبی جرمی هوای ورودی، برای آرایش موانع ثابت.....۱۳۵
شکل۶-۲۲: تغییرات پتانسیل بهبود یافته، برحسب دبی جرمی هوای ورودی، برای آرایش موانع متحرک.....۱۳۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۴-۱:مشخصات دما های اندازه گیری شده به وسیله ترموکوپل و ترمو متر.....۶۸
جدول۴-۲: موانع ثابت که برروی صفحه جاذی نصب می شوند.....۷۲
جدول۵-۱: اختلاف دمای متوسط روزانه بین هوای ورودی و خروجی از هواگرمکن برای چیدمان های متفاوت از آرایش موانع بروی صفحه جاذب در گسترده دبی ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۸۹
جدول۵-۲: ثابت های معادله تغییرات دمایی بین هوای ورودی و خروجی از هواگرمکن، برحسب دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن..... ۹۶
جدول۵-۳: عملکرد حرارتی متوسط روزانه هواگرمکن برای چیدمان های متفاوت از آرایش موانع بروی صفحه جاذب در گسترده دبی ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۰۲
جدول۵-۴: ثابت های معادله بازده حرارتی برحسب دبی جرمی هوای ورودی به هواگرمکن.....۱۱۰
جدول۵-۵: نسبت اختلاف دما بر شدت تابش متوسط روزانه هواگرمکن برای چیدمان های متفاوت از آرایش موانع بروی صفحه جاذب در گسترده دبی ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۱۵
جدول۶-۱متوسط بازده اگزرژی هواگرمکن برای چیدمان های متفاوت از آرایش موانع بروی صفحه جاذب در گسترده دبی ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۶
جدول۶-۲متوسط اگزرژی تخریب شده بدون بد هواگرمکن برای چیدمان های متفاوت از آرایش موانع بروی صفحه جاذب در گسترده دبی ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ کیلوگرم بر ثانیه.....۱۲۷
جدول۶-۳: ثابت های معادله درجه دوم عبور داده شده برای حالت های مختلف.....۱۳۳

فهرست اعلائم

مساحت پوشش شفاف (m^2)	A_g
مساحت مقاطع ورودی و خروجی کانال عبور هوا (m^2)	A_O, A_i
سطح مؤثر صفحه جاذب (m^2)	A_c
مساحت صفحه جاذب (m^2)	A_w
محیط کانال عبور هوا (m^2)	c
ظرفیت گرمایی مخصوص (J/kgK)	C_P
نرخ اگزرژی اتلاف شده (kW)	$\dot{\mathrm{E}}\mathrm{X}_{\mathrm{dest}}$
نرخ اگزرژی ورودی و خروجی (kW)	$\dot{E}_{in}, \dot{\mathrm{E}}_{\mathrm{out}}$
ضریب تفتیک حرارتی	F_R
ضریب بازده	$\dot{F}$
شتاب گرانش (m/s^2)	g
تابش دریافتی (W/m^2)	G_{T}
انتالپی هوای محیط (kJ/kg)	h_a
ضریب انتقال حرارت هدایت از شیشه $(W/m^2.k)$	h_{c}
ضریب انتقال حرارت جابجایی میان پوشش شفاف و هوای درون کانال $(W/m^2.k)$	h_g
انتالپی هوای ورودی و خروجی (kJ/kg)	$\mathrm{h}_{\mathrm{in}}, \mathrm{h}_{\mathrm{out}}$
ضریب انتقال حرارت تابشی از پوشش شفاف به آسمان $(W/m^2.k)$	h_{rs}
ضریب انتقال حرارت تشعشع میان صفحه جاذب و پوشش شفاف$(W/m^2.k)$	h_{rwg}
ضریب انتقال حرارت جابجایی میان صفحه جاذب و هوای درون کانال $(W/m^2.k)$	h_w
ضریب انتقال حرارت جابجای توسط باد$(W/m^2.k)$	$\mathrm{h}_{\mathrm{wind}}$
عمق کانال عبور هوا(m^2)	H
انرژی جنبشی (kJ)	K
ضریب انتقال حرارت هدایت سیال(هوا) $(W/m.K)$	K_f
ضریب رسانندگی حرارتی عایق پشت صفحه جاذب $(W/m.K)$	K_{ins}
طول پوشش شفاف (m^2)	L_{g}
طول دیوار هوا گرمکن (m^2)	L_{w}
نرخ جریان جرم (kg/s)	$\dot{m}$
عدد ناسلت	Nu
فشار هوای ورودی و خروجی (kPa)	$\mathrm{p}_{\mathrm{in}}, p_{out}$
عدد پرانتل	pr
توان حرارتی انتقال یافته به سیال (هوا) (W/m^2)	Q_{u}
ثابت گاز ها (kJ/kgK)	R
انتروپی هوای پیرامون(kJ/kg)	s_{a}
تابش رسیده به پوشش شفاف(W/m^2)	s_{g}

s_{gen}	انتروپی تولید شده (kJ/kg)
$\mathrm{s_{in}}, s_{out}$	انتروپی هوای ورودی و خروجی از هواگرمکن (kJ/kg)
s_{k}	اتلاف انرژی جنبشی (kJ)
$\mathrm{s_u}$	اتلاف مومنتوم در جهت محور x ها (kJ)
s_{v}	اتلاف مومنتوم در جهت محور y ها (kJ)
s_{w}	اتلاف مومنتوم در جهت محور z ها (kJ)
s_{W}	اتلاف انرژی حرارتی (kJ)
s_{ε}	تلفات انرژی (kJ)
s_{w}	تابش رسیده به صفحه جاذب (w/m^2)
t	زمان
$\mathrm{T_a}$	دمای محیط پیرامون $(\mathrm{°C})$
T_{f}	میانگین دمای هوای درون $(\mathrm{°C})$
$T_{\mathrm{f,i}}$	دمای هوای ورودی به هواگرمکن $(\mathrm{°C})$
$T_{\mathrm{f,o}}$	دمای هوای خروجی از هواگرمکن $(\mathrm{°C})$
T_{g}	میانگین دمای پوشش شفاف $(\mathrm{°C})$
T_m	دمای متوسط $(\mathrm{°C})$
T_{s}	دمای معادل خورشید (K)
T_{sky}	دمای معادل آسمان $(\mathrm{°C})$
T_{w}	میانگین دمای دیواره $(\mathrm{°C})$
u	سرعت در جهت محور x ها (m/s)
u_{wind}	سرعت وزش باد (m/s)
U_{b}	ضریب تلفات حرارتی از صفحه جاذب به محیط پیرامون $(W/m^2 . K)$
U_{e}	ضریب تلفات حرارتی از محیط جانبی هواگرمکن به محیط پیرامون $(W/m^2 . K)$
U_t	ضریب تلفات حرارتی از پوشش شفاف به محیط پیرامون $(W/m^2 . K)$
v	سرعت در جهت محور y ها (m/s)
w	سرعت در جهت محور z ها (m/s)
$\dot{v}$	نرخ جریان حجمی (m^3/s)
Δw_{ins}	ضخامت عایق پشت صفحه جاذب (m)
τ	ضریب عبور
μ	ویسکوزیته $kg/\mathrm{m.s}$
ϑ_T	ویسکوزیته جریان آشفته $kg/\mathrm{m.s}$
η	بازده انرژی
η_{Π}	بازده اگزرژی
ρ	چگالی kg/m^3
α_{g}	ضریب جذب پوشش شفاف

ضریب جذب صفحه جاذب	α_w
ثابت استفان بولتز من$(5.67 \times 10^{-8}\, W/m^2K^4)$	σ
ضریب گسیل	ε
ضریب تقریب دمای توسط	γ
اگزرژی جریانی ورودی و خروجی (kW)	ψ_{in}, ψ_{out}

فصل اول

مقدمه