******

***دانشگاه آزاد اسلامی***

***واحد تهران جنوب***

***دانشکده تحصیلات تکمیلی***

***پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد* “M.Sc”**

 ***مهندسي مکانیک – تبدیل انرژی***

***عنوان :***

***بررسی تئوری و تجربی عملکرد یک آب‌گرم‌کن خورشیدی با کلکتور صفحه تخت***

***(تحت حمایت شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور)***

***استاد راهنما :***

***استاد مشاور :***

***نگارش:***



***فهرست مطالب***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|

|  |  |
| --- | --- |
| ***عنوان مطالب*** | ***شماره صفحه*** |

 |
| *چكيده 1* |  |
| *مقدمه 2* |  |
| ***فصل اول : كليات*** | *3* |
| * *1-1) مقدمه*
 | *4* |
| * *1-2) تاریخچه*
 | *4* |
| * *1-3) کاربردهای انرژی خورشیدی*
 | *6* |
| ***فصل دوم : انواع کلکتور خورشیدی و بررسی استانداردهای مربوطه*** | *9* |
| * *2-1) مقدمه*
 | *10* |
| * *2-2) کلکتورهای صفحه تخت*
 | *9* |
| * *2-2-1) صفحه جاذب*
 | *9* |
| * *2-2-2) صفحات پوششی یا جداری*
 | *11* |
| * *2-2-3) محفظه کلکتور*
 | *11* |
| * *2-3) کلکتور لوله خلاء*
 | *12* |
| * *2-4) کلکتور سهموی*
 | *14* |
| * *2-5) زاویه شیب کلکتور خورشیدی*
 | *15* |
| * *2-6) مقایسه استاندارهای تست کلکتورهای تخت خورشیدی* 9806-1ISO*،* EN 12975-2 *و* ASHRAE 93
 | *15* |
| * *2-6-1) استاندارد* ASHRAE 93
 | *16* |
| * *2-6-1-1) تست ثابت زمانی- τ*
 | *16* |
| * *2-6-1-2) تست بازده حرارتی -*gη
 | *16* |
| * *2-6-1-3) تست اصلاح کننده زاویه تابش -* Kθb(θ)
 | *17* |
| * *2-6-1-4) توزیع دمای ورودی به کلکتور برای تست بازده حرارتی*
 | *17* |
| ***فهرست مطالب*** |
|

|  |  |
| --- | --- |
| ***عنوان مطالب*** | ***شماره صفحه*** |

 |  |
| * *2-6-1-5) مدت زمان انجام تست*
 | *17* |
| * *2-6-2) استاندارد* ISO 9806-1 *و* EN 12975-2
 | *18* |
| * *2-6-2-1) تست ثابت زمانی- τ*
 | *18* |
| * *2-6-2-2) تست بازده حرارتی -*gη
 | *18* |
| * *2-6-2-3) تست اصلاح کننده زاویه تابش -* Kθb(θ)
 | *19* |
| * *2-6-2-4) توزیع دمای ورودی به کلکتور برای تست بازده حرارتی*
 | *19* |
| * *2-6-2-5)* روش تست شبه دینامیکی استاندارد EN12975-2
 | *19* |
| * *2-7) مقایسه استاندارد ها*
 | *20* |
| ***فصل سوم : آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی و بررسی استاندارد‌های مربوطه*** | *23* |
| *3-1) مقدمه* | *24* |
| *3-2) اجزای آب‌گرم‌کن خورشیدی* | *24* |
| *3-3) شرح دستگاه آب‌گرم‌کن خورشیدی* | *25* |
| *3-4) انواع آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی* | *26* |
| * *3-4-1) سیستم گردش اجباری*
 | *27* |
| * *3-4-1-1) سیستم گردش اجباری- مدار بسته*
 | *27* |
| * *3-4-1-2) سیستم گردش اجباری- مدار باز*
 | *28* |
| * *3-4-2) سیستم با گردش طبیعی*
 | *28* |
| * *3-4-2-1) سیستم گردش طبیعی- ترموسیفون- مدار باز*
 | *30* |
| * *3-4-2-2) سیستم گردش طبیعی- ترموسیفون- مدار بسته*
 | *30* |
| *3-5) بررسی و مقایسه استانداردهای آب‌گرم‌کن خورشیدی* | *31* |
| * *3-5-1) استاندارد* ISO 9459
 | *31* |
| * *3-5-1-1) استانداردهای راندمان ( عملکرد ) سیستم*
 | *31* |
| * *3-5-1-2) روش آزمون بر اساس تست در فضای داخلی*
 | *31* |
| * *3-5-1-3) آزمون در فضای خارج برای سیستم‌های فقط خورشیدی*
 | *31* |
| * *3-5-1-4) آزمون در فضای خارجی برای سیستم‌های آب‌گرم‌کن خورشیدی با گرم‌کن کمکی با یک مخزن ذخیره*
 | *32* |
| * *3-5-2) استانداردهای اروپایی برای سیستم‌های گرمایش خورشیدی*
 | *32* |
| * *3-5-2-1) استانداردهای اروپایی جدید*
 | *32* |
| * *3-5-2-2) روش‌های تست برای سیستم‌های آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی (* EN 12976-2 *و* ENV 12977-2 *)*
 | *33* |
| * *3-5-3) استاندارد* ASHRAE 95
 | *34* |
| * *3-5-4) مقایسه استاندارد‌های تست آب‌گرم‌کن خورشیدی*
 | *35* |
| * *3-5-4-1) مقایسه سه استاندارد*9459-2 ISO ، ISO 9459-3 *و* ASHRAE 95
 | *35* |
| ***فصل چهارم : معادلات حاکم بر تعیین عملکرد کلکتور‌های صفحه تخت و حل نمونه عددی*** | *38* |
| *4-1) مقدمه* | *39* |
| *4-2) تابش خورشیدی* | *39* |
| *4-3) تشعشع جذب شده و عبور تشعشع از میان پوشش شیشه‌ای* | *40* |
| * *4-3-1) انعکاس تشعشع*
 | *40* |
| * *4-3-2) جذب پوشش شیشه‌ای*
 | *41* |
| * *4-3-3) حاصل‌ضرب ضریب های عبور – جذب (* $τα$*)*
 | *42* |
| *4-4) کلکتورهای صفحه تخت و معادلات مربوطه* | *43* |
| * *4-4-1) انرژی مفید*
 | *43* |
| * *4-4-2) توزیع دما در کلکتورهای صفحه تخت خورشیدی*
 | *43* |
| * *4-4-3) ضریب انتقال گرمای کل یک کلکتور*
 | *45* |
| * *4-4-4) توزیع دما بین لوله‌ها و ضریب بازدهی کلکتور*
 | *48* |
| * *4-4-4-1) لوله در زیر صفحه جاذب*
 | *48* |
| * *4-4-4-2) لوله در بالای صفحه جاذب*
 | *54* |
| * *4-4-4-3) لوله در وسط صفحه جاذب*
 | *56* |
| * *4-4-5) ضریب دفع گرمای کلکتور و ضریب جریان*
 | *58* |
| *4-5) تست کلکتور* | *58* |
| * *4-5-1) بازده*
 | *58* |
| *4-6) حل عددی* | *59* |
| *4-7) مشخصات تجهیزات مورد استفاده* | *59* |
| *4-8) مشخصات فنی کلکتور صفحه تخت* | *63* |
| *4-9) حل معادلات برای یک حالت نمونه* | *64* |
| ***فصل پنجم : آزمایش، نتایج و ترسیم نمودارهای مربوطه*** | *68* |
| * *5-1) مقدمه*
 | *69* |
| * *5-2) روش انجام آزمایش*
 | *69* |
| * *5-3) نتایج*
 | *70* |
| * *5-4) نمودار‌ها و تحلیل*
 | *71* |
| * *5-4-1) نمودارهای داده‌های هواشناسی*
 | *71* |
| * *5-4-2) تغییرات دمای خروجی از کلکتور بر حسب تغییرات دبی*
 | *72* |
| * *5-4-3) بررسی انرژی دریافتی مدل تئوری و تجربی*
 | *75* |
| * *5-4-4) بررسی بازده کلکتور در مدل‌های تئوری و تجربی*
 | *80* |
| * *5-4-5) نمودار‌های افت دما در مسیر آب ورودی*
 | *82* |
| * *5-5) بررسی اثر پارامترهای مختلف*
 | *84* |
| * *5-5-1) تاثیر موقعیت قرارگیری لوله و صفحه جاذب*
 | *84* |
| * *5-5-2) تاثیر زاویه کلکتور خورشیدی*
 | *85* |
| * *5-5-3) تاثیر تعداد شیشه‌های محافظ کلکتور*
 | *86* |
| * *5-5-4) تاثیر فاصله بین رایزرهای صفحه جاذب بر بازده کلکتور*
 | *86* |
| * *5-5-5) تاثیر پوشش صفحه جاذب بر بازده کلکتور*
 | *87* |
| * *5-5-6) تاثیر ضخامت عایق حرارتی بر بازده کلکتور*
 | *88* |
| * *5-5-7) تاثیر جنس عایق بر بازده کلکتور*
 | *89* |
| * *5-5-8) تاثیر نوع سیال انتقال حرارت بر بازده کلکتور*
 | *89* |
| * *5-5-9) تاثیر فشار گاز داخل کلکتور بر بازده*
 | *90* |
| ***نتیجه گیری*** | *91* |
| ***پیشنهادات برای ادامه طرح*** | *93* |
| ***منابع و ماخذ*** | *96* |
| *فهرست منابع فارسي* | *97* |
| *فهرست منابع لاتين* | *98* |
| *چكيده انگليسي* | *99* |
| *تعهدنامه اصالت پایان نامه* | *100* |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

***فهرست جدول ها***

|  |  |
| --- | --- |
| ***عنوان***  | ***شماره صفحه*** |

|  |  |
| --- | --- |
| *2-1- شرایط تست شبه دینامیکی* | *19* |
| *2-2- دمای متوسط سیال و شرایط آب و هوایی برای هر نوع روز* | *20* |
| *2-3- بیشترین دمای خروجی بر اساس نوع کلکتور* | *20* |
| *2-4- مقایسه حدود مجاز پارامتر‌های مختلف جهت دست‌یابی به شرایط یکنواخت در سه استاندارد* | *21* |
| *2-5- شرایط آب و هوایی لازم در سه استاندارد* | *21* |
| *2-6- شرایط زمانی بازه داده و پیش بازه داده برای تست در حالت کلکتور ساکن* | *22* |
| *3-1- تشابه پارامتر‌های تست آب‌گرم‌کن خورشیدی در* ISO 9459-2، ISO 9459-3 ، ASHRAE 95 | *36* |
| *3-2- تفاوت‌های پارامتر‌های تست آب‌گرم‌کن خورشیدی در* ISO 9459-2 ، ISO 9459-3، ASHRAE 95 | *36* |
| *4-1- مشخصات فنی کلکتور مورد آزمایش، ساخت شرکت دریا* | *64* |
| *4-2 - پارامترهای موثر جهت حل یک نمونه عددی* | *65* |
| *5-1 - مقادیر محاسبه شده با دبی 200 لیتر بر ساعت* | *70* |
| *5-2 - مقادیر محاسبه شده با دبی 150 لیتر بر ساعت* | *71* |
| *5-3 - مقادیر محاسبه شده با دبی 100 لیتر بر ساعت* | *71* |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

 ***فهرست شكل‌ها***

|  |  |
| --- | --- |
| ***عنوان***  | ***شماره صفحه*** |

|  |  |
| --- | --- |
| *2-1- کارکرد کلکتور صفحه تخت در حالت کلی* | *8* |
| *2-2 - کلکتور صفحه تخت به همراه اجزای آن* | *9* |
| *2-3 - صفحه جاذب* | *10* |
| *2-4 - فرآیند حرارتی یک کلکتور صفحه تخت* | *11* |
| *2-5 - کلکتورتخت، مایع و هوایی* | *12* |
| *2-6 - کلکتور لوله‌ای تحت خلاء* | *13* |
| *2-7 - انواع کلکتورهای تحت خلاء* | *14* |
| *2-8 - کلکتور سهموی* | *14* |
| *2-9 - زاویه کلکتور خورشیدی* | *15* |
| *3-1- طرح ساده‌ای از یک آب‌گرم‌کن خورشیدی* | *25* |
| *3-2- طرح کلی یک آب‌گرم‌کن خورشیدی به همراه قسمت‌های مختلف آن* | *26* |
| *3-3- سیستم اجباری- مدار بسته* | *28* |
| *3-4- سیستم اجباری- مدار باز* | *28* |
| *3-5- آب‌گرم‌کن با سیستم ترموسیفون* | *29* |
| *3-6- سیستم گردش طبیعی- ترموسیفون- مدار باز* | *30* |
| *3-7- سیستم گردش طبیعی- ترموسیفون- مدار بسته* | *30* |
| *4-1- زوایای تابش و انعکاس در محیطی با ضریب شکست های* $n\_{1}$ *و* $n\_{2}$ | *40* |
| *4-2- عبور از یک پوشش شیشه‌ای غیر جاذب* | *41* |
| *4-3- جذب تابش خورشید توسط صفحه جاذب زیر شبکه پوشش شیشه‌ای* | *42* |
| *4-4- برش عمودی از یک گردآورنده خورشیدی* | *43* |
| *4-5- توزیع دمای صفحه جاذب* | *44* |
| *4-6- شبکه گرمایی یک گردآورنده صفحه تخت با یک پوشش شیشه‌ای* | *46* |
| *4-7- شبکه گرمایی معادل* | *46* |
| *4-8-* a*- ترکیب لوله و صفحه جاذب* | *48* |
| *4-8-*b,c*- معادله انرژی صفحه جاذب* | *49* |
| *4-9- مقاومت‌های ایجاد شده در مقابل جریان گرما به سیال در حالتی‌که لوله در زیر صفحه جاذب باشد* | *52* |
| *4-10- نحوه اتصال لوله و صفحه جاذب در حالتی‌که لوله در زیر صفحه جاذب باشد* | *52* |
| *4-11- نحوه اتصال لوله و صفحه جاذب در حالتی‌که لوله در بالای صفحه جاذب باشد* | *54* |
| *4-12- مقاومت‌های ایجاد شده در مقابل جریان گرما به سیال در حالتی‌که لوله در بالای صفحه جاذب باشد* | *54* |
| *4-13- نحوه اتصال لوله و صفحه جاذب در حالتی‌که لوله در وسط صفحه جاذب باشد* | *56* |
| *4-14- مقاومت‌های ایجاد شده در مقابل جریان گرما به سیال در حالتی‌که لوله در وسط صفحه جاذب باشد* | *56* |
| *4-15- پیرانومتر و دما سنج نصب شده در سایت تست* | *60* |
| *4-16- باد سنج و ثبت کننده اطلاعات* | *60* |
| *4-17- باد سنج، ثبت کننده اطلاعات و مخزن ذخیره* | *61* |
| *4-18- سنسور دما و نمایشگر دیجیتالی* | *62* |
| *4-19- پمپ و مانومتر* | *62* |
| *4-20- شیر کنترل کننده دبی و کلکتور صفحه تخت* | *63* |
| *4-21- نمای کلی از تجهیزات نصب شده در سایت تست دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب* | *63* |
| *5-1- داده‌های ثبت شده توسط ایستگاه هواشناسی در روز 8 آگوست 2011* | *72* |
| *5-2- دمای هوا و میزان تشعشع در روز 8 آگوست 2011 برای نقاط داده برداری شده* | *72* |
| *5-3- دمای ورودی و خروجی در حالت‌های تئوری و تجربی با دبی آب 200 لیتر بر ساعت* | *73* |
| *5-4- دمای ورودی و خروجی در حالت‌های تئوری و تجربی با دبی آب 150 لیتر بر ساعت* | *73* |
| *5-5- دمای ورودی و خروجی در حالت‌های تئوری و تجربی با دبی آب 100 لیتر بر ساعت* | *74* |
| *5-6- میزان خطای اطلاعات ثبت شده از سایت تست* | *74* |
| *5-7- اختلاف دمای ورودی و خروجی برای دبی‌های مختلف* | *75* |
| *5-8- انرژی دریافتی در مدل تئوری و تجربی با دبی آب 200 لیتر بر ساعت* | *76* |
| *5-9- انرژی دریافتی در مدل تئوری و تجربی با دبی آب 150 لیتر بر ساعت* | *76* |
| *5-10- انرژی دریافتی در مدل تئوری و تجربی با دبی آب 100 لیتر بر ساعت* | *77* |
| *5-11- انرژی دریافتی در مدل تئوری و تجربی با دبی‌های آب گذرنده مختلف* | *77* |
| *5-12- مقدار انرژی کسب شده توسط کلکتور صفحه تخت* | *78* |
| *5-13- مقایسه حرارت اندازه‌گیری شده و مورد انتظار برای کلکتور با دبی 200 لیتر بر ساعت* | *79* |
| *5-14- مقایسه حرارت اندازه‌گیری شده و مورد انتظار برای کلکتور با دبی 150 لیتر بر ساعت* | *79* |
| *5-15- مقایسه حرارت اندازه‌گیری شده و مورد انتظار برای کلکتور با دبی 100 لیتر بر ساعت* | *79* |
| *5-16- بازده مدل تئوری و تجربی با دبی آب گذرنده 200 لیتر بر ساعت* | *80* |
| *5-17- بازده مدل تئوری و تجربی با دبی آب گذرنده 150 لیتر بر ساعت* | *81* |
| *5-18- بازده مدل تئوری و تجربی با دبی آب گذرنده 100 لیتر بر ساعت* | *81* |
| *5-19- مقایسه بازده مدل تئوری و تجربی با دبی‌های آب گذرنده متفاوت* | *82* |
| *5-20- مقایسه مقادیر تئوری و تجربی بازده کلکتور* | *82* |
| *5-21- افت دمای مسیر مخزن تا ورودی کلکتور با دبی 200 لیتر بر ساعت* | *83* |
| *5-22- افت دمای مسیر مخزن تا ورودی کلکتور با دبی 150 لیتر بر ساعت* | *83* |
| *5-23- افت دمای مسیر مخزن تا ورودی کلکتور با دبی 100 لیتر بر ساعت* | *84* |
| *5-24- انرژی دریافتی کلکتور صفحه تخت با توجه به موقعیت قرار گیری لوله و صفحه جاذب* | *85* |
| *5-25- انرژی دریافتی کلکتور صفحه تخت با توجه به زاویه کلکتور با سطح زمین* | *86* |
| *5-26- انرژی دریافتی کلکتور صفحه تخت با تعداد کاورهای شیشه‌ای کلکتور* | *86* |
|  *5-27- بازده کلکتور صفحه تخت با توجه به فاصله بین رایزرهای صفحه جاذب* | *87* |
| *5-28- بازده کلکتور صفحه تخت با توجه به ضریب نشر کاور شیشه‌ای کلکتور* | *88* |
| *5-29- نمودارهای بازده کلکتور خورشیدی برای ضخامت‌های مختلف عایق حرارتی* | *88* |
| *5-30- اثر جنس عایق بر بازده کلکتور خورشیدی* | *89* |
| *5-31- اثر نوع سیال انتقال حرارت بر بازده کلکتور خورشیدی* | *89* |
| *5-32- اثر فشار گاز داخل کلکتور بر بازده* | *90* |

***فهرست علائم و نشانه‌ها:***

|  |  |
| --- | --- |
| ***عنوان*** | **نشانه‌ها** |
|  |  |
| *ضریب اتلاف انتقال حرارت از بالای کلکتور (W/m2C)* | $$U\_{t}$$ |
| *ضریب اتلاف انتقال حرارت از زیر کلکتور (W/m2C)*  | $$U\_{b}$$ |
| *ضریب اتلاف انتقال حرارت از لبه‌های کلکتور (W/m2C)* | $$U\_{e}$$ |
| *ضریب اتلاف انتقال حرارت کلکتور (W/m2C)* | $$U\_{L}$$ |
| *دمای سیال (درجه سلسیوس)* | $$T\_{f}$$ |
| *دمای هوای محیط (درجه سلسیوس)* | $$T\_{a}$$ |
| *دمای آب ورودی (درجه سلسیوس)* | $T\_{i}$ |
| *دمای آب خروجی (درجه سلسیوس)* | $T\_{o}$ |
| *دمای مرکز صفحه جاذب (درجه سلسیوس)* | $$T\_{p,m}$$ |
| *دمای عرض اتصال* | $$T\_{b}$$ |
| *قطر لوله‌های صفحه جاذب (متر)* | $$D$$ |
| *قطر داخلی لوله‌های صفحه جاذب (متر)* | $$D\_{i}$$ |
| *بازده استاندارد پره* | $$F$$ |
| *ضریب بازدهی کلکتور* | $$F^{'}$$ |
| *ضریب جریان کلکتور* | $$F^{''}$$ |
| *ضریب دفع حرارت کلکتور* | $$F\_{R}$$ |
| *انرژی دریافتی (J)* | $$Q\_{u}$$ |
| *دبی حرارتی- نرخ انتقال حرارت (W)* | $$\dot{Q}$$ |
| *مساحت کلکتور ( m2****)*** | $$A\_{c}$$ |
| *تشعشع کلی خورشیدی روی سطح دهانه (W/m2)* | $$G$$ |
| *بازده حرارتی (%)* | $$η$$ |
| *ظرفیت ویژه گرمایی* | $$C\_{p}$$ |
| *دبی جرمی- نرخ انتقال جرم (kg/s)* | $$\dot{m}$$ |
| *ضریب انتقال حرارت باد* | $$h\_{w}$$ |
| *تعداد شیشه‌های محافظ کلکتور* | $$N$$ |
| *ضریب نشر صفحه جاذب* | $$ε\_{p}$$ |
| *ضریب نشر شیشه* | $$ε\_{g}$$ |
| *فاصله بین رایزها* | $$w$$ |
| *ضریب انتقال حرارت جوش* | $$C\_{b}$$ |
| *ضریب انتقال گرما بین سیال و جدار لوله* | $$h\_{fi}$$ |
| *ضریب جذب صفحه جاذب* | $$α$$ |
| *ضریب عبور شیشه* | $$τ$$ |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |

***چکيده:***

هدف از این تحقیق مقایسه تحلیل تئوری و نتایج تجربی حاصل از تست عملی بر روی یک کلکتور خورشیدی صفحه تخت، با توجه به شرایط آب و هوایی شهر تهران می‌باشد. به این منظور ابتدا یک کلکتور صفحه تخت از نظر ساختمان، بازده و سایر پارامترها بر طبق روابط انتقال حرارت به‌صورت تئوری مدل شده، پس از آن با استفاده از یک سیستم آب‌گرم‌کن خورشیدی و استفاده از یک کلکتور صفحه تخت به عنوان جاذب انرژی خورشید، داده‌های مورد نیاز به طور تجربی استخراج شده‌اند.

سیستم آب‌گرم‌کن خورشیدی مورد آزمایش که در مرکز تحقیقات انرژی خورشیدی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب مستقر است، و بر اساس استاندارد ISO 9806-1 مدل شده‌است، از یک کلکتور صفحه تخت و یک مخزن ذخیره تشکیل شده‌است. کلکتور شامل دو هدر افقی به قطر داخلی mm12 و 12 عدد رایزر عمودی می‌باشد که به‌صورت موازی قرار گرفته‌اند. صفحات جاذب از فین های مجزا تشکیل شده‌اند. جنس فین ها از آلومینیوم بوده و از شیشه معمولی به ضخامت mm4 به عنوان پوشش صفحه جاذب برای جلوگیری از اتلافات جابجایی و تابشی استفاده شده‌است. از آن‌جایی که آزمون‌ها در فصل تابستان انجام شده‌است و دمای هوا در هنگام شب به گونه‌ای نیست که باعث یخ‌زدگی آب داخل کلکتور شود، به این جهت تنها از آب (بدون ضد یخ) به عنوان سیال انتقال حرارت استفاده شده‌است. هم‌چنین دمای محیط، میزان تابش روی سطح کلکتور صفحه تخت و سرعت باد محوطه مورد آزمایش توسط یک دستگاه ثبت کننده اطلاعات ثبت شده‌اند.

بازده و انرژی مفید کسب شده توسط کلکتور به‌صورت تجربی با مقادیر حاصل از مدل تئوری مقایسه شده و بر طبق نتایج به‌دست آمده مدل تجربی با مدل تئوری مطابقت خوبی دارد. آزمایشات فوق با دبی‌های مختلف انجام گرفت و با کاهش دبی سیال عبوری از کلکتور، افزایش در انرژی مفید کسب شده و بازده کلکتور مشاهده گردید. بر اساس آزمایشات انجام شده، حداکثر بازده ممکن برای یک کلکتور خورشیدی صفحه تخت زمانی حاصل می‌شود که حتی الامکان دمای آب ورودی کلکتور به دمای هوای محیط نزدیک باشد. هم‌چنین عوامل تاثیر گذار بر بازده یک کلکتور خورشیدی صفحه تخت، از جمله فاصله بین رایزرها، نوع پوشش شیشه‌ای کلکتور، ضخامت عایق حرارتی، جنس عایق، نوع سیال انتقال حرارت و... مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و با توجه به مقایسه های انجام شده می‌توان نمودار‌های مفیدی پیرامون بازده کلکتور بر اساس پارامتر‌های تاثیرگذار رسم نمود. این نمودار‌ها علاوه بر استفاده در صنعت ساخت تجهیزات خورشیدی، می‌تواند به عنوان راهنما جهت تست سایر کلکتور‌های مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

***مقدمه:***

با درنظر گرفتن محدودیت منابع سوخت فسیلی و هم‌چنین با توجه به این‌که استفاده غیر اصولی از سوختهای فسیلی باعث آسیب دیدن محیط زیست می‌شود، لذا تحقیقات و کاربردهای انرژی‌های تجدید پذیر از اهمیت ویژه ای برخوردار گشته است.

مشکل محدودیت منابع انرژی، کم و بیش برای کلیه کشورها، اعم از صنعتی، توسعه یافته و یا در حال توسعه، مشترک می‌باشد. در کشورهای مختلف به‌طور میانگین بیش از نود درصد از مصارف انرژی در ارتباط با صنعت، حمل و نقل و ساختمآن‌ها است و بین این سه بخش ساختمآن‌ها ی مسکونی و تجاری بیش از 40٪ را به خود اختصاص داده‌اند. قابل توجه است که عمده ترین مصرف انرژی در ساختمآن‌ها در تامین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع ساختمآن‌ها در فصول سرد و گرم می‌باشد.

دراین میان انرژی خورشید، با توجه به این‌که انرژی کاملا پاک و عاری از هرگونه آلودگی بوده و پتانسیل آن در ایران بالا می‌باشد، از اهمیت بیشتری برخوردار است. *کشور ايران در بين مدارهاي 25 تا 40 درجه عرض شمالي قرار گرفته است و در منطقه‌اي واقع شده كه به لحاظ دريافت انرژي خورشيدي در بين نقاط جهان در بالاترين رده‌ها قرار دارد. ميزان تابش خورشيدي در ايران بين 1800 تا 2200 كيلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمين زده شده‌است كه البته بالاتر از ميزان متوسط جهاني است. در ايران به طور متوسط ساليانه بيش از 280 روزآفتابي گزارش شده‌است كه بسيار قابل توجه است. از این انرژی می‌توان به طرق مختلف، مثل تولید برق، گرمایش و سرمایش، تولید آب شیرین، تامین آب‌گرم و ... استفاده نمود.*

روشهای گوناگونی برای استفاده از این انرژی پاک وجود دارد، اما گرم کردن آب با استفاده از آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی، بعنوان یکی از آسانترین و اقتصادی ترین روش‌ها شناخته شده‌است. زیرا با داشتن دانش کافی در باره تابش خورشید، براحتی و به‌صورت بسیار موثرتر می‌توان انرژی خورشید را برای گرم کردن آب مصرفی منازل و حتی کاربرهای صنعتی به‌کار برد. مهم‌ترین بخش یک سیستم آب‌گرم‌کن خورشیدی کلکتور خورشیدی می‌باشد که دارای انواع مختلف است. یکی از انواع این کلکتورها که به‌علت کارایی بالا، سهولت ساخت، عدم حضور قطعات متحرک و عدم نیاز به نگهداری، کاربرد بیشتری پیدا کرده است، کلکتور صفحه تخت می‌باشد. در این تحقیق کلکتور صفحه تخت از نظر ساختمان، بازده و سایر پارامترهای انتقال حرارت به‌صورت تئوری و تجربی بررسی شده‌است.