

اصلاح عملکرد انرژی‌یائی کلکتور هوائی صفحه تخت خورشیدی با بکاربردن دو نوع زائده در جهت ورود هوا

سید هادی جاهد^۱، یحیی عجب‌شیرچی^{۱*} و حسین غفاری^۱

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۶

۱- گروه آموزشی مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: yajabshir@tabrizu.ac.ir

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت جهان و تغییر الگوی مصرف، تقاضای انرژی در حال افزایش است و بیشترین مقدار آن از انرژی‌های فسیلی که هم دارای مسائل زیست‌محیطی و هم در حال اتمام است تامین می‌شود. یکی از انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی می‌باشد که در تمام کشورها با استفاده از تکنولوژی‌های گوناگون از آن استفاده می‌شود. کلکتورهای تخت هوائی یکی از این تکنولوژی‌ها است که در فعالیتهای مختلفی نظیر گرمایش خانه، گلخانه، خشک کردن موادغذائی و صنعتی از آن استفاده می‌گردد. در این پژوهش، به منظور ارزیابی و افزایش کارائی آن سه کلکتور هوائی تخت طراحی و ساخته شدند. در دو کلکتور از دو زائده مختلف، V شکل و تخت که با زاویه ۴۵ درجه بر روی یک صفحه چوبی از جنس MDF که ذیل صفحه جاذب و به فاصله چهار سانتی‌متر از آن قرار گرفته نصب شدند. عرض هر بال زائده V شکل و تخت هر کدام ۵ سانتی‌متر و ارتفاعشان ۳/۲ سانتی‌متر بودند. کلکتور سوم که بدون زائده بود، به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری دما در نقاط مختلف صفحه جاذب و صفحه زائده‌دار در هر کدام از کلکتورها از ۱۸ عدد حسگر LM35 استفاده گردید. دبی جرمی هوای ورودی که توسط یک فن آماده می‌شد ۰/۰۳۲ کیلوگرم بر ثانیه بود. نتایج نشان دادند که بازده کلکتور با زائده تخت بیشتر از دو کلکتور دیگر است. این افزونی در ظهر خورشیدی (حدود ساعت ۱۳) نسبت به کلکتور ساده و کلکتور با زائده V شکل به ترتیب ۲۰ و ۱۱/۷ درصد و اضافه بازده کلکتور با زائده V شکل نسبت به کلکتور ساده ۷/۳ درصد حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: بازده کلکتور، کلکتور تخت خورشیدی هوائی، کلکتور زائده‌دار

۱- مقدمه

موردنظر در اختیار گرفت. یکی از این تکنولوژی‌ها که امروزه به طور فراوان در اکثر کشورهای جهان به کار گرفته می‌شود کلکتورهای خورشیدی دما پائین است که برای تهیه آب‌گرم و هوای گرم خانه، کارگاه‌های کوچک، گلخانه‌ها و خشک کردن موادغذائی و صنعتی به کار برده می‌شود. کلکتور خورشیدی نوعی مبدل حرارتی هست که انرژی تابشی خورشید را به انرژی گرمائی تبدیل کرده و آن را به سیال حامل گرما انتقال می‌دهد.

کلکتورها به علت محاسنی که دارند، از جمله: سادگی، قیمت پائین و عدم سایش، به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. امروزه تحقیقات زیادی در جهت افزایش هر چه بیشتر عملکرد کلکتورها صورت می‌گیرد که می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. کریم و هاوالادیر^۱ (۲۰۰۴) یک نمونه از کلکتورهای صفحه تخت و صفحه پره‌دار را مورد آزمایش قرار دادند. نتایج نشان دادند که کارائی کلکتورهای صفحه تخت پائین‌تر از کلکتورهای پره‌دار است.

برای تمام فعالیتهای موجودات زنده روی زمین، انرژی به صورت‌های مختلف مورد نیاز است. با رشد جمعیت روی زمین و تغییر الگوی مصرف انسان‌های تکنولوژیکی، نیاز به مصرف انرژی در تمام زمینه‌ها افزایش یافته و باز در حال افزایش است. درصد بیشتر این انرژی از سوخت‌های فسیلی به دلیل اینکه: راحت به دست می‌آیند، دارای دانسیته انرژی بالا هستند، به راحتی حمل و نقل شده و تکنولوژی بهره‌برداری مناسب آن‌ها وجود دارد به دست می‌آید. متأسفانه این سوخت‌ها غیرقابل تجدید بوده و مسائل زیست‌محیطی بیشتری از جمله افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن زمین را به همراه دارد. بدین علت است اکثر کشورهای جهان، استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر را یکی از اولویتهای مهم برنامه‌های ملی خود قرار داده‌اند. یکی از این انرژی‌های تجدیدپذیر که در تمام کشورها وجود دارد انرژی خورشیدی است که فراوان‌ترین و در دسترس‌ترین نوع، به دو حالت مستقیم و غیرمستقیم وجود دارد و با به کاربردن تکنولوژی‌های مناسب می‌توان آن را برای مقاصد

¹Karim and Hawlader

افزایش قابل توجهی را در انتقال حرارت مشاهده کردند، البته ضریب اصطکاک نیز افزایش یافت. آبن و همکاران^۹ (۲۰۰۸) مطالعه‌ای تجربی که شامل یک شبیه‌سازی از انرژی خورشیدی بود را با هدف افزایش بازده حرارتی روی کلکتور با انواع زائده انجام دادند. مشاهده شد که زائده‌ها یک جریان متلاطم و در نتیجه کاهش فضای مرده در داخل کلکتور ایجاد می‌کنند. رومدهان‌بنسلاما^{۱۰} (۲۰۰۶) در بررسی دو نوع تیغه با شکل ظاهری متفاوت نشان داد که ابعاد و ویژگی‌های تیغه می‌تواند تلاطم را تحریک کند. به عبارتی تیغه‌ها زمان ماند را افزایش نمی‌دهند بلکه سرعت عبور هوا و در نتیجه عدد رینولدز که نشان دهنده میزان تلاطم است را افزایش می‌دهند.

در این تحقیق به منظور امکان افزایش دمای خروجی هوا و اصلاح عملکرد انرژی‌بائی خورشید و افزایش دمای خروجی هوا، از سه کلکتور تخت هوایی خورشیدی که در دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز طراحی و ساخته شده‌اند استفاده گردید.

ساختمان و طرز کار کلکتور تخت هوایی

کلکتورهای هوایی تخت در واقع یک نوع مبدل حرارتی هستند که می‌توانند تابش‌های مستقیم^{۱۱} و پخش^{۱۲} خورشید را گرفته و آن را به انرژی گرمائی تبدیل کنند. دامنه طول موج خورشید از ۰/۲ تا ۳ میکرومتر متغیر است. بنابراین تحلیل گردآورنده‌های خورشیدی مشکلات زیادی را از نظر شارهای متغیر و پائین انرژی و اهمیت نسبتاً بزرگ تابش را همراه دارد. یک کلکتور تخت که در مجموع به صورت یک مکعب مستطیل با طول، عرض و ارتفاع معین ساخته می‌شود شامل قسمت‌های ذیل است (شکل ۱).

پوشش شفاف، که ممکن است از شیشه یا حتی از پلاستیک‌های شفاف استفاده شود. پوشش شفاف باید امکان ورود پرتوهای طول موج کوتاه منتشره از خورشید به داخل کلکتور را فراهم کرده ولی از خروج پرتوهای طول موج بلند صادره از صفحه جاذب مانع به صورت عمل آورد. بعلاوه پوشش شیشه‌ای از تلفات حرارتی به صورت کنوکسیون جلوگیری می‌نماید.

زیر پوشش شیشه‌ای، صفحه جاذب قرار گرفته است. صفحه جاذب باید ضریب جذب^{۱۳} بالا و ضریب انتشار^{۱۴} پائین داشته باشد تا بتواند بخش بیشتر تابش‌های خورشیدی را جذب و آن را به صورت گرما به سیال حامل گرما انتقال دهد. ضریب جذب به رنگ صفحه و زاویه برخورد تابش بستگی دارد. رنگ سیاه مات رنگ مناسب برای جذب بیشتر تابش‌های خورشیدی می‌باشد. در زیر صفحه جاذب، کانال یا کانالهائی برای جریان هوا وجود دارد. نظر به اینکه ظرفیت

اسان^۱ (۲۰۰۸) برای آنالیز حرارتی کلکتورهای صفحه تخت، آن‌ها را در دو حالت بدون زائده و با زائده به منظور افزایش سطح انتقال حرارت مورد بررسی قرار داد و دریافت که کلکتور بدون زائده دارای بازدهی پائین است. کارلی^۲ (۲۰۰۷) با مقایسه چهار نوع کلکتور که فقط یکی از آن‌ها بدون زائده بود تفاوت معنی‌داری را بین آن‌ها مشاهده کرد و این نتیجه حاصل شد که کمترین بازده مربوط به نوع بدون زائده است.

مومی و همکاران^۳ (۲۰۰۴) برای بهبود عملکرد حرارتی کلکتورهای خورشیدی و افزایش بازده، یک جریان متلاطم بین صفحه جاذب و صفحه زائده‌دار ایجاد کردند. نتایج به دست آمده نشان دهنده عملکرد بهتر نوع زائده‌دار بود. به این ترتیب می‌توان بیان نمود که افزایش عدد رینولدز و داشتن جریان آشفته‌تر بازدهی را افزایش می‌دهد.

وارون و سینگال^۴ (۲۰۰۷) در مطالعات خود دریافتند بازده حرارتی کلکتورهای خورشیدی هوا پائین است که با استفاده از افزایش ضریب انتقال حرارت می‌توان آن را بهبود بخشید. دو روش برای رسیدن به این هدف وجود دارد: ۱- افزایش سطوح انتقال حرارت با استفاده از موج‌دار کردن صفحه جاذب ۲- افزایش انتقال حرارت کنوکسیون با استفاده از ایجاد جریان متلاطم به وسیله قرار دادن زائده‌ها در صفحه زیرین صفحه جاذب.

آلتا و همکاران^۵ (۲۰۱۰) در مقایسه انواع کلکتورها به این نتیجه رسیدند که بیشترین بازده و بهترین عملکرد به ترتیب مربوط به کلکتور زائده‌دار با شیشه دوجداره، کلکتور زائده‌دار با شیشه یک جداره و کلکتور بدون زائده با پوشش تک جداره است. همچنین نوع جریان هوا در داخل کلکتور به مراتب نقش مهمتری را نسبت به تعداد پوشش‌های شیشه‌ای ایفا می‌کند. آکپینار و کسایجیت^۶ (۲۰۱۰) در آنالیز عملکرد یک کلکتور جدید با انواع تیغه‌ها و زوایای مختلف و مقایسه با انواع بدون زائده دریافتند که بازدهی کلکتورهای خورشیدی به طور چشمگیری به مقدار تابش خورشید، هندسه سطح کلکتور و مسیر و نرخ جریان هوا بستگی دارد. گوپتا^۷ و همکاران (۱۹۹۷) با بررسی زوایای شیب ۶۰ و ۷۰ درجه برای زائده‌ها به ترتیب ۲/۷، ۱/۸ برابر افزایش در ضریب انتقال حرارت را مشاهده کردند. هانس و همکاران^۸ (۲۰۱۰) بیان کردند که لایه نازک هوا در مجاورت صفحه جاذب، مانع انتقال حرارت به لایه‌های زیرین می‌شود. به این منظور با به کاربردن انواع تیغه‌های V شکل و تکرار آن در عرض و طول کانال هوا، شرایط تخریب این لایه را فراهم کرده و

¹Esen

²Karli

³Moummi

⁴Varun and Singal

⁵Alta

⁶Akpinar and Kocyigit

⁷Gupta

⁸Hans

⁹Abene

¹⁰Roumdhan Benslama

¹¹Direct

¹²Diffuse

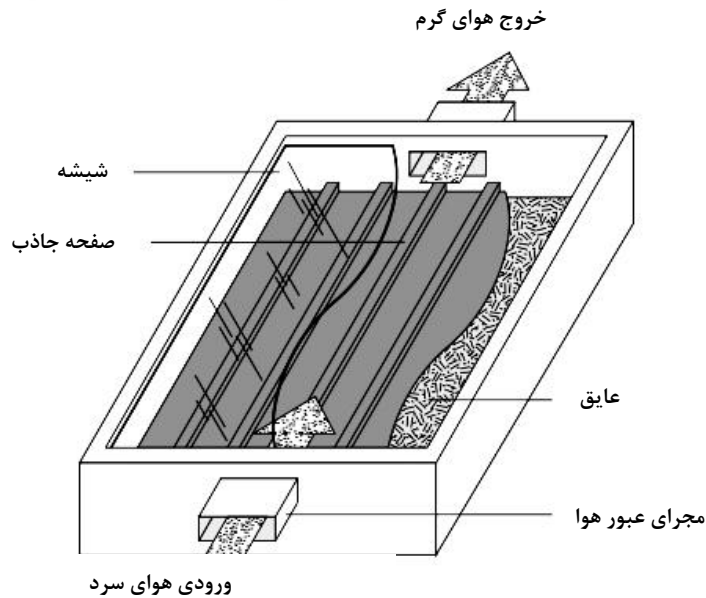
¹³Absorption

¹⁴Emissivity

برخوردار باشند. مجموعه قطعات فوق‌الذکر روی یک شاسی سوار می‌شوند.

هوا ضمن جریان در داخل مجاری هوا، به علت تماس با رویه زیری صفحه جاذب گرمای آن را اخذ و به خارج از کلکتور هدایت می‌نماید.

گرمائی هوا کمتر است لذا سطح مقطع مجاری هوا باید بزرگتر از مجاری آب انتخاب شوند. برای جلوگیری از افت‌های حرارتی از پشت کلکتور، از عایق‌هایی با ضریب هدایت حرارتی کمتر (مانند پشم شیشه، پشم سنگ و ...) استفاده می‌شود. جداره‌های جانبی کلکتور نیز جهت جلوگیری از تلفات حرارتی حتماً باید از عایق‌بندی خوبی



شکل ۱- قسمت‌های مختلف کلکتور خورشیدی هوایی

۳- تلفات حرارتی به روش تابش و کنوکسیون از قسمت پشت کلکتور قابل اغماض هستند.

۴- مشخصات مواد^۷ ثابت بوده و مستقل از شرایط جوی است.

۵- دمای شیشه و صفحه جاذب یکنواخت^۸ است.

۶- ساختمان کلکتور یکنواخت است.

تحت شرایط بالا عملکرد^۹ یک کلکتور خورشیدی توسط بیلان انرژی‌یابی^{۱۰} به صورت ذیل بیان می‌شود:

$$Q_n = Q_u + Q_p + Q_s \quad (1)$$

با صرف‌نظر کردن از Q_s (شار گرمایی انبار شده در قطعات مختلف کلکتور یعنی اینرسی حرارتی) رابطه ۱ به صورت ذیل در می‌آید:

$$Q_n = Q_u + Q_p \quad (2)$$

برای به دست آوردن Q_p (W/m^2) یعنی شار گرمائی تلف شده از کلکتور لازم است تلفات حرارتی کلکتور با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شود.

تحلیل گرمایی گردآورنده خورشیدی

حل معادلات تحلیلی حاکم بر انتقال گرما و سیال عامل در یک گردآورنده خورشیدی بدون ساده‌سازی مشکل است (کوفی و همکاران^۱، ۲۰۰۸). در طراحی و محاسبه کاربردی گردآورنده خورشیدی غالباً به ساده‌سازی معادلات پرداخته می‌شود (دوفی و بکمن^۲، ۱۹۹۱). برای ساده‌سازی مطالعه گرما در کلکتور خورشیدی، روش آنالیز کلی^۳ به کار می‌رود (اودجیدی و همکاران^۴، ۲۰۰۸). در این روش فرض می‌شود:

۱- تغییرات اینرسی حرارتی عناصر^۵ کلکتور نسبت به زمان خیلی کم است $(\dot{m}c_p \frac{dT}{dt} \approx 0)$. در این حالت می‌توان فرض نمود که کلکتور در حالت شبه تعادلی کار می‌کند (یعنی رژیم برای هر بازه زمانی ۱۵ دقیقه پایدار^۶ می‌باشد).

۲- ضریب جذب شیشه قابل اغماض است $(\alpha \approx 0.05)$.

¹Koffi

²Duffie and Beckman

³Global analysis method

⁴Oudjedi

⁵Components

⁶Stationary

⁷Material

⁸Uniform

⁹Performance

¹⁰Energetic

صفحه جاذب به ضخامت ۱/۱۵ میلی‌متر که به منظور افزایش ضریب جذب آن با رنگ سیاه مات رنگ آمیزی گردید، پوشش شیشه‌ای از جنس شیشه معمولی به ضخامت ۴ میلی‌متر و صفحه چوبی زائده‌دار که از جنس MDF به ضخامت ۸ میلی‌متر انتخاب گردید. یکی از این صفحات بدون زائده و روی دو صفحه دیگر دو زائده به شکل‌های V و تخت قرار گرفته بودند. به منظور حداقل نمودن تلفات حرارتی، زیر صفحه زائده‌دار عایقی از جنس پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتی‌متر قرار داده شد. همچنین جداره‌های جانبی کلکتور به صورت دوجداره از جنس چوب MDF به ضخامت ۸ میلی‌متر ساخته شدند. فاصله صفحه چوبی زائده‌دار از صفحه جاذب ۴ و فاصله صفحه جاذب از پوشش شیشه‌ای ۳ سانتی‌متر انتخاب گردید. زائده‌ها روی ردیف‌های صفحات چوبی به گونه‌ای قرار گرفته بودند که هم‌پوشانی کامل ایجاد شود. شکل ۲ دو نوع صفحه زائده‌دار مختلف را نشان می‌دهد. یک دمنده (فن) جهت جریان دادن هوا با سرعت ۱ m/s از روی صفحه زائده‌دار، به کار گرفته شد. مجموعه قطعات فوق‌الذکر روی یک شاسی پایه‌دار نصب شدند. شکل ۳ اجزاء تشکیل دهنده کلکتور را نشان می‌دهد. عرض هر زائده تخت و هر بال V شکل ۵ سانتی‌متر و ارتفاع آن‌ها ۳/۲ سانتی‌متر بودند که با زاویه ۴۵ درجه روی صفحه چوبی نصب شدند. در زائده‌های V شکل فاصله دو لبه در انتها ۵ سانتی‌متر بود. در هر کلکتور از ۱۸ عدد حسگر دما از نوع LM35 استفاده گردید که از این تعداد شش عدد برای صفحه چوبی زائده‌دار و ۱۲ عدد برای صفحه جاذب در نظر گرفته شدند. شکل‌های ۴ و ۵ طرز قرار گرفتن حسگرها بر روی صفحه چوبی زائده‌دار و صفحه جاذب را نشان می‌دهند.

برای راحتی، کلکتورها با نمادهای HC210، HC211 و HC212 به ترتیب برای نشان دادن کلکتور بدون زائده، کلکتور با زائده تخت و کلکتور با زائده V شکل در نظر گرفته شدند.

با فرض متقارن بودن جریان هوا روی صفحه چوبی زائده‌دار نسبت به خط میانی صفحه، حسگرها به صورتی که در شکل ۴ ملاحظه می‌شوند روی صفحه جاذب نصب شدند. در شکل ۵ حسگر A به عنوان حسگر دمای ورودی و دو حسگر F و E به عنوان حسگرهای خروجی در نظر گرفته شدند.

داده‌برداری‌ها به مدت هفت روز در تاریخ‌های ۹۲/۴/۱۰، ۹۲/۴/۱۱ و ۹۲/۴/۲۰ لغایت ۹۲/۴/۲۴ از ساعت ۹ صبح تا ۶ بعد از ظهر در محوطه ساختمان شماره ۲ دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام گرفتند. در تمامی ساعات آزمایش، تابش خورشید با استفاده از تابش سنج TES 1333 و با تفکیک پذیری (زرو لوسیون) 1 W/m^2 و سرعت هوای خروجی توسط سرعت‌سنج از نوع سیم داغ (Hot Wire) مدل yk-2004AH (با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه) انجام گرفتند.

$$U_L = U_t + U_e + U_b \quad (۳)$$

که U_t و U_e و U_b به ترتیب تلفات حرارتی از جلو، از کناره‌ها و از پشت کلکتور می‌باشند. با استفاده از روابطی که در ادبیات فن وجود دارند می‌توان مقادیر پارامترهای فوق را محاسبه نمود. Q_n شار گرمائی مفید جذب شده توسط صفحه جاذب را می‌توان از رابطه ذیل حساب کرد:

$$Q_n = G_t \tau \alpha \quad (۴)$$

که G_t تابش خورشیدی فرودی روی پوشش شفاف، τ ضریب عبور از پوشش شفاف و α ضریب جذب صفحه جاذب می‌باشند.

در نهایت می‌توان، شار گرمائی مفید کلکتور را از رابطه ذیل محاسبه نمود.

$$Q_U = A_c [G_t \tau \alpha - U_L (T_p - T_a)] = \dot{m} c_p (T_o - T_i) \quad (۵)$$

با وارد کردن ضریب برداشت گرما (F_R) می‌توان رابطه ۵ را به صورت ذیل نوشت (چاجی، ۱۳۹۲).

$$Q_U = A_c F_R [G_t \tau \alpha - U_L (T_i - T_a)] \quad (۶)$$

در این روابط (k) T_i, T_o, T_a, T_p به ترتیب دمای متوسط صفحه جاذب، دمای محیط، دمای خروج سیال از کلکتور و T_i دمای ورود سیال به کلکتور، A_c (m^2) سطح کلکتور، \dot{m} (kg/s) جرمی سیال ورودی می‌باشند. F_R از نوع سیال و دبی آن و همچنین از مشخصات کلکتور تاثیرپذیر است.

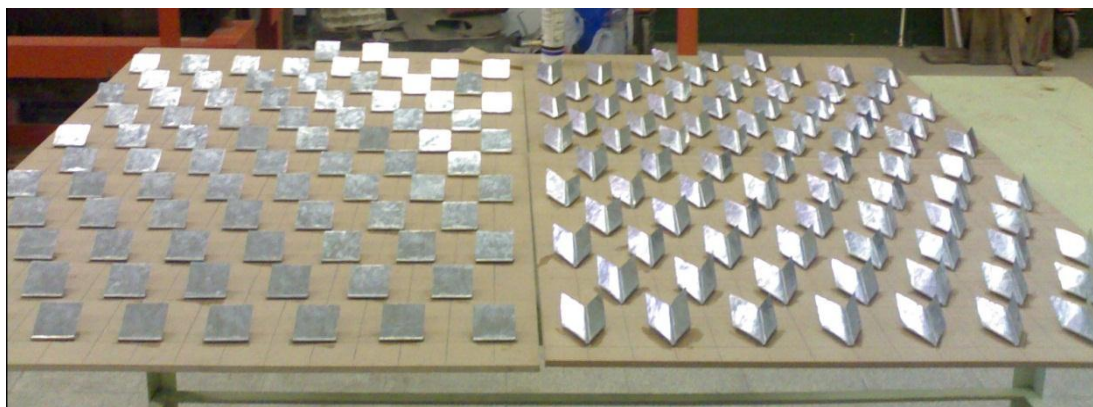
راندمان یک کلکتور خورشیدی طراحی شده برای تبدیل انرژی تابشی خورشیدی به انرژی حرارتی بستگی به شکل، تکنولوژی‌ها و روش‌هایی که جهت کاهش افت‌های گرمائی انتخاب شده‌اند دارد. بازده براساس تعریف، به صورت گرمای مفید کسب شده توسط سیال حامل گرما به انرژی خورشیدی فرودی به کلکتور بیان می‌شود.

$$\eta = \frac{Q_U}{Q_s} = \frac{\dot{m} c_p (T_o - T_i)}{G_t \times A_c} \quad (۷)$$

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی تاثیر زائده‌ها (که در مسیر جریان هوا قرار گرفته‌اند) بر روی پارامترهای عملکردی از دو کلکتور زائده‌دار و یک کلکتور بدون زائده که به عنوان شاهد در نظر گرفته شده بود استفاده گردید.

با استفاده از نرم‌افزار Solidworks کار طراحی تمام قسمت‌های کلکتور انجام گرفت. سطح کلی هر کلکتور که یک متر مربع (1×1 متر) بود شامل قسمت‌های ذیل می‌باشد.



برای کلکتور HC211

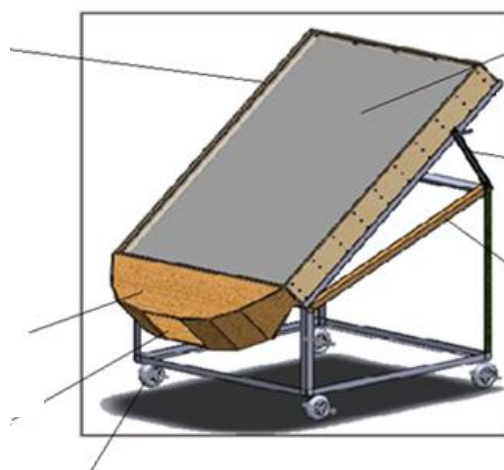
شکل ۲- دو نوع زائده

برای کلکتور HC212

چهارچوب کلکتور

مجرای ورود هوا

محل دمنده

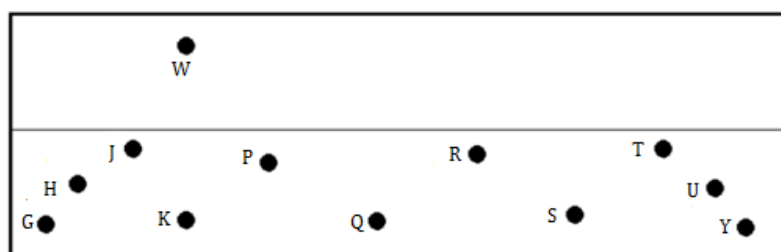


شیشه

بازوی نگهدارنده کلکتور

چرخ

شکل ۳- شکل طرحواره‌ای کلکتور ساخته شده

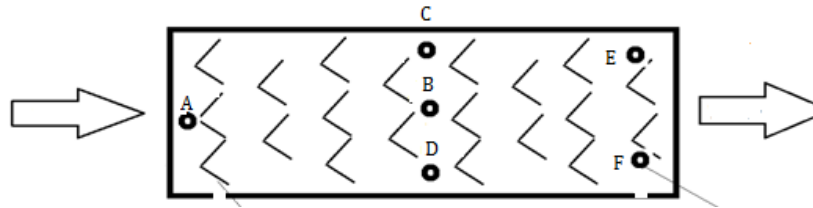


شکل ۴- طرز قرار گرفتن حسگرها روی صفحه جاذب

ارزیابی قرار گرفتند. در تمام آزمایش‌ها دبی کلکتورها ثابت و مقدار آن $0.37 \text{ m}^3/\text{s}$ بود.

۳- نتایج و بحث

بر اساس مطالب گفته شده در مبحث مواد و روش‌ها سه عدد کلکتور به صورتی که در شکل ۶ دیده می‌شوند ساخته شده و مورد



شکل ۵- محل قرار گرفتن حسگرها روی صفحه چوبی زائنده‌دار



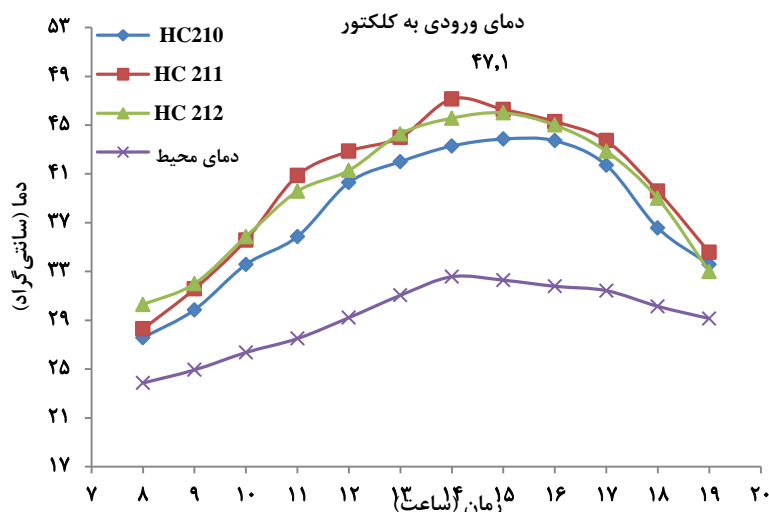
شکل ۶- کلکتورهای ساخته شده جهت اجرای آزمایش

کلکتور دیگر بیشتر است و این حالت مربوط به تماس کمتر هوا با رویه زیری صفحه جاذب نسبت به دو کلکتور دیگر است و این حالت با توضیحات مربوط به شکل ۸ هم‌آهنگی دارد.

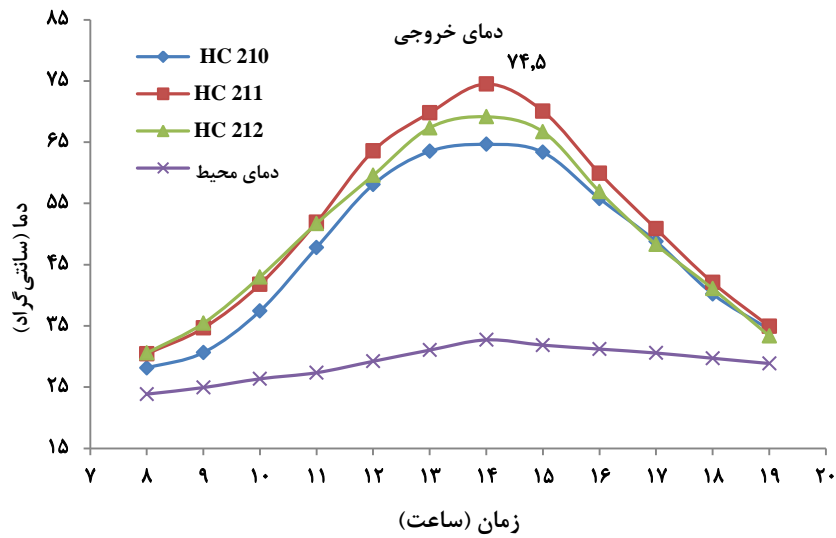
شکل ۱۰ دمای متوسط صفحه بدون زائده و صفحه‌های زائنده‌دار را برای هر سه کلکتور تابعی از ساعات روز نشان می‌دهد. به طوری که از شکل ملاحظه می‌شود دمای صفحه زائنده‌دار در مورد کلکتور HC211 تقریباً در تمام ساعات روز بیشتر از دمای صفحه کلکتور HC210 و در اغلب ساعات روز بیشتر از دمای صفحه کلکتور HC212 می‌باشد. علت این پدیده به طوری که توضیح داده شد مربوط به حرکت توربولانت بیشتر با زائده‌های تخت می‌باشد که هوا بهتر می‌تواند گرمای رویه زیری صفحه جاذب را بگیرد.

شکل‌های ۷ و ۸ به ترتیب تغییرات دمای هوای ورودی و خروجی از کلکتورها از ساعت ۹ صبح تا ساعت ۱۸ را نشان می‌دهند. به طوری که از شکل‌ها دیده می‌شود دمای هوای خروجی با کلکتور HC211 تقریباً در تمام ساعات روز بیشتر از کلکتورهای HC212 و HC210 می‌باشد. دلیل این حالت جذب بیشتر گرما توسط زائده‌های تخت می‌باشد. یعنی زائده‌های تخت بهتر از زائده‌های V شکل و حالت بدون زائده حرکت توربولانت ایجاد می‌کنند، که به علت تماس بهتر هوا با رویه زیری صفحه جاذب می‌باشد که منجر به افزایش دمای ورودی و دمای خروجی هوا می‌گردد.

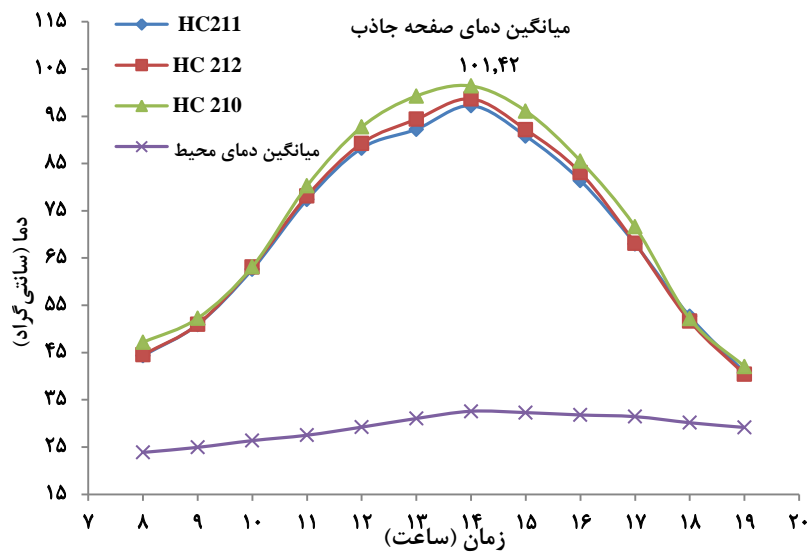
شکل ۹ دمای متوسط صفحه جاذب را برای هر سه کلکتور به صورت تابعی از ساعات روز نشان می‌دهد از شکل ملاحظه می‌شود که دمای صفحه جاذب در کلکتور HC210 از ساعت ۱۱ تا ۱۶ از دو



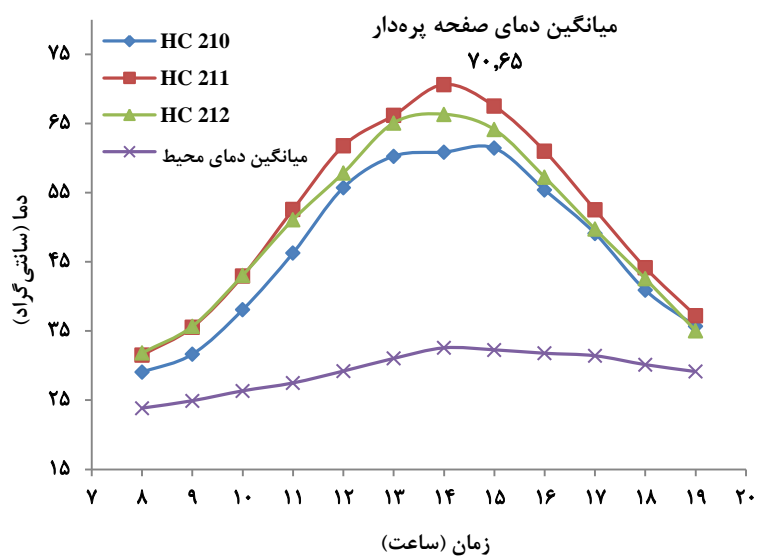
شکل ۷- تغییرات دمای محیط و دمای ورودی کلکتورها به صورت تابعی از زمان (ساعت)



شکل ۸- تغییرات دمای محیط و دمای خروجی کلکتورها بر حسب زمان (ساعت)



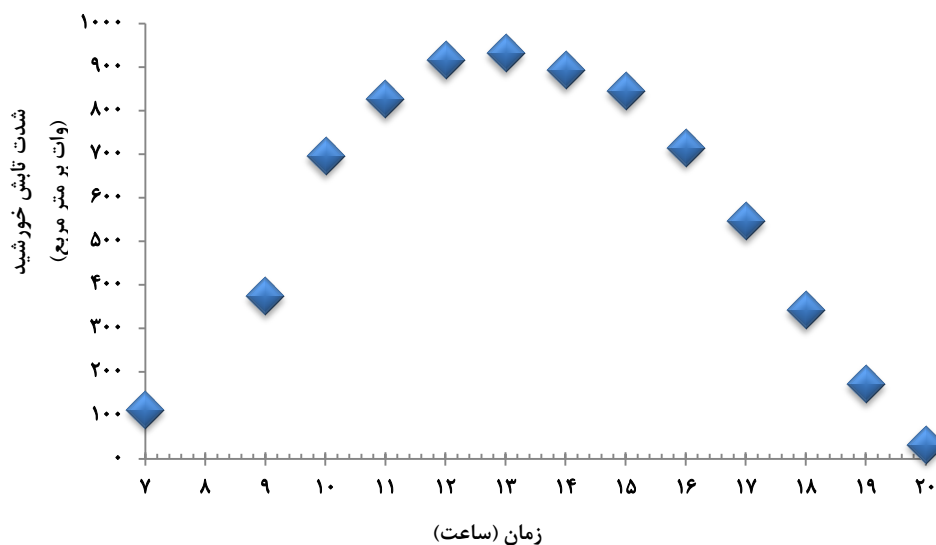
شکل ۹- تغییرات دمای محیط و دمای صفحه جاذب بر حسب زمان (ساعت)



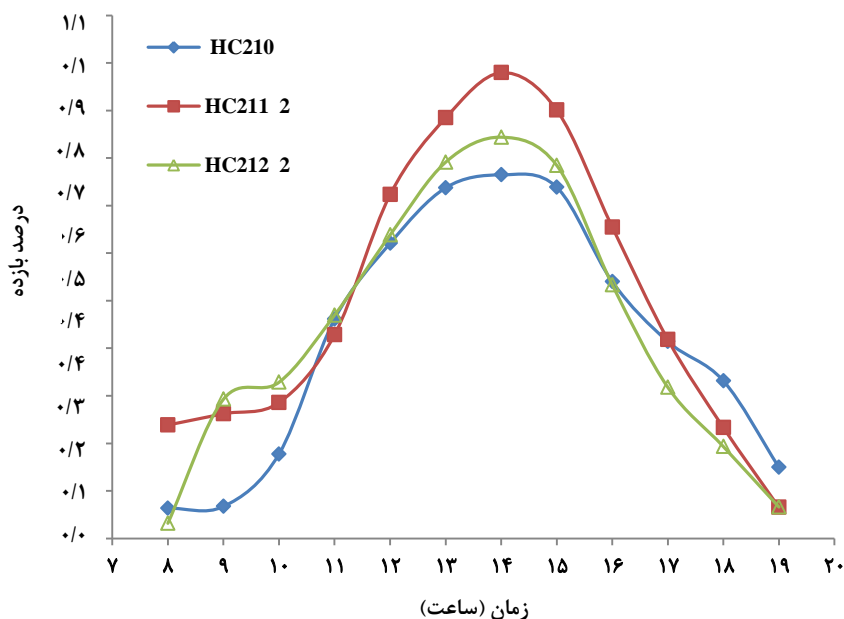
شکل ۱۰- تغییرات دمای محیط و دمای صفحه‌های بدون زائده و زائده‌دار بر حسب زمان (ساعت)

شکل ملاحظه می‌شود شار تابش در ظهر خورشیدی به میزان 933 W/m^2 نیز می‌رسد.

تغییرات شار تابش در طول روزهای آزمایش به صورت تابعی از ساعات روز در شکل ۱۱ نشان داده شده است. به طوری که از



شکل ۱۱- تغییرات متوسط تابش خورشید در طول هفت روز آزمایش بر حسب زمان (ساعت)



شکل ۱۲- تغییرات بازده سه کلکتور تابعی از زمان

و کسایجیت^۱ (۲۰۱۰)، و کارلی^۲ (۲۰۰۷)، مومی و همکاران^۳ (۲۰۰۴) هم‌خوانی دارند.

شکل ۱۲ تغییرات بازده هر سه کلکتور را نشان می‌دهد. از این شکل ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار بازده تقریباً در تمام ساعات روز با کلکتور HC211 و سپس با کلکتور HC212 حاصل می‌شود. این پدیده با در نظر گرفتن رابطه ۵، ناشی از بالا بودن دمای خروجی کلکتور HC211 می‌باشد. قابل ذکر است این نتایج با یافته‌های اوزتوپ‌هاکان و همکاران (۲۰۱۳)، آکپینار

^۱Akpınar and Kocyyigit

^۲Karlı

^۳Moumami

۴- نتیجه گیری نهایی

در مدت هفت روز آزمایش داده‌های زیادی از کلکتورها جمع‌آوری گردید و نتایج ذیل به دست آمدند:

۱- دمای هوای خروجی با کلکتور HC211 بیشتر از دو کلکتور دیگر است.

۲- دمای متوسط صفحه چوبی زائده‌دار با کلکتور HC211 به علت بهتر بودن سطح جریان توربولانت (متلاطم) از دو کلکتور دیگر بیشتر است.

۳- می‌توان نقش زائده‌ها و چیدمان آن‌ها را در میزان افزایش بازده حرارتی کلکتورها نوآوری مقاله در نظر گرفت.

۴- چون بازده کلکتور HC211 از دو کلکتور دیگر بیشتر است بدین جهت یک راه حل مناسب برای کاربردهای عملی پیشنهاد می‌گردد.

نمادها

$A_c (m^2)$ سطح کلکتور

$C_p (J/kgK)$ گرمای مخصوص در فشار ثابت

F_R فاکتور برداشت گرما

α ضریب جذب

τ ضریب عبور

η بازده کلکتور

$G_t (W/m^2)$ تابش فرودی خورشید روی پوشش شیشه‌ای

$\dot{m} (kg/s)$ دبی جرمی سیال حامل گرما

$Q_n (W/m^2)$ انرژی مؤثر کلکتور

$Q_p (W/m^2)$ تلفات انرژی کلکتور

$Q_u (W/m^2)$ انرژی مفید کلکتور

$Q_s (W/m^2)$ انرژی انبار شده کلکتور

$T_a (K)$ دمای محیط

$T_i (K)$ دمای ورودی سیال حامل گرما

$T_p (K)$ دمای متوسط صفحه جاذب

$T_o (K)$ دمای خروجی سیال حامل گرما

$U_b (W/m^2K)$ اتلاف گرما از قسمت پشت کلکتور

$U_e (W/m^2K)$ اتلاف گرما از دیواره‌های جانبی کلکتور

$U_1 (W/m^2K)$ اتلاف گرمای کلی کلکتور

$U_t (W/m^2K)$ اتلاف گرما از قسمت جلوی کلکتور

منابع مورد استفاده

چاچی ح، ۱۳۹۲. ارایه مدل مناسب جهت پیش بینی بازده گرمای آبگرمکن خورشیدی با کاربرد نانوسیال. رساله دکتری، گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

Abene, A., V. Dubois, M. Le Ray and A. Ouagued. 2008. **Study of a Solar Air Flat Plate Collector: Use of Obstacles and Application for the Drying of Grape.** Journal of Food Engineering. 65(1): 15-22

Akpınar, E.K., F. Kocyigit. 2010. **Experimental Investigation of Thermal Performance of Solar Air Heater Having Different Obstacles on Absorber Plates.** International Communications in Heat and Mass Transfer. 37(4):416-421.

Alta, D., E. Bilgili, C. Ertekin and O. Yaldiz. 2010. **Experimental Investigation for Three Different Solar Air Heaters: Energy and Exergy Analysis.** Applied Energy. 87(10): 2953-2973.

Duffie, J. A. and W. A. Beckman. 1991. **Solar Engineering of Thermal Processes.** Wiley Publications.

Esen, H. 2008. **Experimental Energy and Exergy Analysis of a Double Flow Solar Air Heater Having Different Obstacles on Absorber Plates.** Building and Environment. 43: 1046-1054.

Gupta, D., S. C. Soltanki and J. S. Saini. 1997. **Thermodynamic Performance of Solar Air Heaters with Roughened Plates.** Solar Energy. 61: 32-44.

Hans, V. S., R. P. Saini and J. P. Saini. 2010. **Heat Transfer and Friction Factor Correlations for a Solar Heater Duct Roughened Artificially with Multiple V-Ribs.** Solar Energy. 84(6): 898-911.

Karli, S. 2007. **Performance Analysis of New Design Solar Air Collectors For Drying Applications.** Renewable Energy. 32(10):1645-1660.

Karim, M. A. and M. N. A. Hawlader. 2004. **Development of Solar Air Collectors for Drying Applications.** Energy Conversion and Management. 45(3): 329-344.

- Koffi, P. M. E., H. Y. Andoh, P. Gbaha, S. Toure and G. Ado. 2008. **Theoretical and Experimental Study of Solar Water Heater with Internal Exchanger Using Thermo-Siphon System.** Energy Conversion and Management. 49(8): 2279-2290.
- Moumami, N., S. Y. Ali and G. Y. Desmon. 2004. **Energy Analysis of Solar Air Collector with Rows of Fin.** Renewable Energy. 29(13): 2053-2064.
- Oudjedi, S., A. Boubghal, W. B. Chaouch, T. Chergui, and A. Belhamri. 2008. **Etude Theorique et Experimentale d'un Capteur Solaire a' Air Destine'au sechage (parti:1).** Revue des Energies renouvelables SMSTS 08Alger. 237-248.
- OztopHakan, F., F. Bayrak, and A. Hepbarsli. 2013. **Energetic and Exergetic Aspects of a Solar Air Heating (Solar Collector) Systems.** Renewable and Sustainable Energy Review. 21:59-83.
- Romdhane, B. S. 2007. **The Air Solar Collectors: Comparative Study, Introduction of Baffles to favor the Heat Transfer.** Solar Energy. 81(1): 139-149.
- Varun Saini, R.P. and S. K. Singal. 2007. **A Review on Roughness Geometry Used in Solar Air Heater.** Solar Energy. 81(11): 1340-1350.

Energetic Performance Improvement of Air-Type Flat Plate Solar Collector Using Two Types of Obstacles Located in the Air Inlet

S.H. Jahed¹, Y. Ajabshirchi^{1*} and H. Ghaffari¹

Received: 6 Jan 2015

Accepted: 25 Jul 2015

¹Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

*Corresponding author: yajabshir@tabrizu.ac.ir

Abstract

Increasing world population and changes in consumption patterns have increased energy demand. Most of this energy is provided by fossil fuels which not only they cause environmental issues but also are depleting. One of these renewable energy resources is solar energy. Therefore, different technologies are used to take advantage of solar energy. One of the useful technologies is air-type flat plate solar collectors used for heating houses and greenhouses and drying food or industrial materials. In this research in order to evaluate and optimize solar energy usage, three air-type flat plate solar collectors were designed and fabricated. In two of these collectors, two flat and V-shape obstacles were mounted on a MDF plate with an angel of 45 degree and these plates were fixed at 4 cm under absorber plate. In addition, the obstacles had 5 cm width and 3.2 cm height. The third collector had no obstacle. For measuring the temperature in different parts of absorber plates and each collector obstacles plate, eighteen LM35 sensors were used. Inlet air mass flow rate prepared by a fan with a flow rate of 0.032 kg/s. Results showed that collector efficiency for the flat obstacles was more than that of two other collectors. The peak efficiency at solar noon (around 1 pm) in the flat type collector in comparison with the simple and V-shaped collectors were more than 20% and 11.2%, respectively. In addition, the peak efficiency of the V-shaped type collector was more than 7.3%, compared to simple type collector.

Keywords: Air solar collector, Collector efficiency, Collector with obstacles