بررسی اثر دو نوع پوشش شیشه‌ای بر کارایی حرارتی هوا گرمکن خورشیدی با جاذب متخلخل

مریم زمانیان[۱*]، علی زمردیان[۲]

۱– کارشناس ارشد رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ zamanian.87sh@yahoo.com
۲– استاد بخش مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی ، دانشگاه شیراز

چکیده

یکی از روشهای استفاده از انرژی خورشیدی استفاده از کلکتورهای خورشیدی است. در این پژوهش کلکتور مورد نظر متخلخل بوده و از دو نوع پوشش شیشه‌ای تخت و پله ای برای بررسی اثر نوع پوشش بر کارائی حرارتی کلکتور استفاده شده است. این کلکتور با پوشش شیشه ای پله‌ای و تخت و صفحه جاذب آلومینیومی متخلخل (با ضریب تخلخل ثابت ۰/۰۳۱۴ و ضخامت mm ۲/۵) در معرض مستقیم تابش خورشید مورد بررسی قرار گرفت. اثر نوع پوشش شیشه‌ای کلکتور بر کارائی حرارتی آن در محدوده دبی جرمی هوا (۰/۰۰۵۶، تا ۰/۰۳۸۵ $kgm^{-2}s^{-1}$) در شش دبی هوای ورودی مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایشات در سه تکرار در فواصل زمانی ۱۱ تا ۱۳، با متوسط شید خورشید در این فاصلهٔ زمانی برابر با ۱۰۴۰ Wm^{-2} انجام گرفت. نتایج حاصله از آزمایشات حاکی از صحت این نظریه مورد بررسی در این تحقیق است که با تغییر نوع پوشش شیشه‌ای از حالت تخت به نوع پله‌ای، راندمان حرارتی کلکتور افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج بدست‌آمده می‌توان گفت در دبی‌های پایین (دبی کمتر از ۰/۰۱ $kgm^{-2}s^{-1}$) راندمان برای دونمودار با دو پوشش متفاوت تقریباً یکی است که نتیجه می‌شود در دبی‌های پایین نوع پوشش تأثیر چندانی بر بازدهی کلکتور ندارد. اما با دقت در نمودار در می‌یابیم که در دبی‌های بالا در کلکتور با پوشش پله‌ای تغییرات راندمان کمینه و بیشینه بیشتر از حالتی است که پوشش از نوع تخت باشد. این هوا گرمکن می‌تواند در پروژه‌های خشک‌کردن محصولات کشاورزی، گرم کردن خانه‌های روستایی وشهری، فضای گلخانه‌ها و دامداریها مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کلکتور خورشیدی هوایی تخت ، جاذب فلزی متخلخل ، پوشش پله‌ای.

مقدمه

هر بخشی از زندگی انسان از فعالیت های معمول تا فرود بر سطح کره ماه، به پشتوانه انرژی صورت می گیرد. در چندین دهه اخیر سوخت های فسیلی مهمترین منبع انرژی بوده است و بدلیل ارزانی و سهولت در کاربرد، به طور وسیع مورد استفاده قرار گرفته اند. در دههٔ گذشته آلودگیهای زیست محیطی و روبه اتمام بودن سوختهای فسیلی، بشر را به فکر استفاده از انرژی های جایگزین واداشته است. استفاده از انرژی حاصل از سوختهای هسته‌ای در نیم قرن اخیر مایه بس امیدواری بود، اما به دلیل عدم قطعیت در مورد ایمنی، مسائل سیاسی و همچنین مشکل دفع پس‌ماندهای هسته‌ای بحث برانگیز شده‌است (بهادری نژاد، ۱۳۵۳). انرژی خورشید به عنوان یکی از مهمترین منابع انرژی تجدیدپذیر در روی زمین می‌باشد که علاوه بر سازگاری با محیط زیست

همیشه درقسمت اعظمی از سطح کره زمین یافت می شود و انسان همواره برای مهار این انرژی و استفاده بهینه از آن تلاش کرده است. امروزه انرژی خورشید طیف وسیعی از کاربردها را مانند تهیهٔ آبگرم برای مصارف شهری و روستایی، تهویه مطبوع ساختمانها، و مخصوصاً خشک کردن محصولات کشاورزی، تولید برق نیروگاه‌ها با جمع کننده خورشیدی و... دارا می‌باشد. یکی از روشها برای استفاده از انرژی خورشیدی، کاربرد انواع جمع‌کننده‌های خورشیدی می‌باشد. جمع کننده های خورشیدی هوایی از نظر ساخت و نگهداری ساده هستند. خوردگی مسیر عبور هوا، نشت هوا، رسانایی صفحه جاذب و یخزدگی سیال در جمع‌کننده‌های هوایی مشکل آفرین نیست و اینها از مزایای این نوع جمع‌کننده‌ها نسبت به جمع‌کننده‌های خورشیدی که از آب به عنوان سیال خنک کننده در آنها استفاده می‌شود می‌باشد. مهمترین مشکل این جمع کننده‌ها پایین بودن ضریب انتقال حرارت بین صفحه جاذب و هوا است که باعث کاهش راندمان حرارتی آن می‌شود (Mohamad, 1997). تاکنون در جمع کننده‌های هوایی خورشیدی جاذب‌های مختلفی بکار گرفته شده است از آن جمله: ۱- جاذب تخت ۲- جاذب متخلخل. از معایب اصلی جاذب‌های غیر متخلخل تخت نقصان انتقال حرارت کامل بین جاذب و سیال بوده که منجر به پایین آمدن راندمان حرارتی کلکتور می‌گردد. در حقیقت در این جمع‌کننده‌ها لایه‌های زیرین هوا که از روی صفحه جاذب عبور می‌کند در طول مسیر با هوا درتماس بوده و با بالا رفتن دمای آن در مسیر، انتقال گرما از صفحه جاذب به سیال کاهش می‌یابد. در نتیجه دمای صفحه جاذب بالا رفته و انتقال حرارت به پوشش شیشه‌ای از طریق همرفت و تابش افزایش می‌یابد که این امر موجب افت حرارتی بیشتر می‌گردد. این نوع صفحات جاذب برای استفاده در جمع‌کننده‌های با جریان طبیعی یا آزاد مناسب است، زیرا افت فشار کمی ایجاد می‌کند و مانع حرکت سیال نمی‌گردد.

در نوع دوم هوای عبوری از جمع‌کننده از میان خلل و فرج صفحه جاذب عبور کرده و باعث ارتقاء کیفیت انتقال حرارت بین جاذب و سیال می‌گردد. همچنین به خاطر تماس هوای خنک بر روی صفحه جاذب و عبور هوا تحت عامل مکش از خلل و فرج جاذب سطح جاذب عموماً خنک بوده که این مهم باعث کاهش ضایعات حرارتی به طریقهٔ جابجایی و تابشی می‌گردد (Fechner, and Bucek, 1998). صفحات جاذب متخلخلی که تاکنون در تحقیقات متفاوتی مورد بررسی قرار گرفته است عبارتند از: جاذب-های ساخته شده از ورقه‌های آلومینیومی بریده شده (Chiou *et al*., 1965)، تورهای سیمی (Beckman, 1968; Hamid and Beckman., 1971) خرده‌های شیشه (Collier, 1979) ، صفحاتی از جنس الیاف مصنوعی سیاه (Bansal, 1983)، و پارچه ضخیم کتانی سیاه (Zomorodian et al., 2001)، همچنین ورقه های فلزی سوراخدار و شیاردار می باشد سیاه (Bansal, 1983). مزیت صفحه جاذب متخلخل نسبت به غیر متخلخل این است که اتلاف انرژی حرارتی به محیط به دلیل نفوذ و جذب تابش خورشیدی در عمق صفحه جاذب کمتر است (Duffie and Beckman., 1991).

در مطالعاتی که توسط ویلیر بر روی جمع کننده‌های هوایی از نوع معمولی انجام گرفت مشخص شد که استفاده از یک لایه پوشش شفاف برای افزایش راندمان جمع کننده از لحاظ اقتصادی ضروری است، مگر اینکه ضریب انتقال حرارت بین صفحه جاذب و هوای عبوری از $۸\frac{Btu}{hr.ft^{2}.^{\circ}F}$ تجاوز کند (Whillier, 1964).

زمردیان و همکاران در پژوهشی یک کلکتور با جاذب متخلخل از جنس پارچه ضخیم کتانی سیاه را مورد استفاده قرار دادند. پوشش شیشه‌ای این کلکتور بصورت شکافدار با آرایش پله‌ای بود که فواصل عمودی بین شیشه‌ها ۳، ۵، ۷و ۹ میلیمتر در نظر گرفته شد. این تحقیق نشان از عملکرد بالای این کلکتور داشت (Zomorodian et al., 2001).

زمردیان و براتی برای بالا بردن ضریب انتقال حرارت بین صفحه جاذب و هوا از صفحه جاذب متخلخل با سه تخلخل متفاوت با ضخامت ۱/۲۵ mm از نوع صفحه سوراخدار آلومینیومی استفاده کردند و برای کاهش تلفات حرارتی از قسمت فوقانی یک لایه پوشش مورد استفاده قرار دادند نتایج حاصله از این تحقیق دو تخلخل بهتر برای صفحات جاذب را مشخص کرده است. با توجه به نتایج این تحقیق، به همین دلیل در تحقیق حاضر این دو تخلخل برای صفحات جاذب مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Zomorodian and Barati, 2010).

در این تحقیق برای بالا بردن ضریب انتقال حرارت بین جاذب و هوا از صفحه جاذب آلومینیومی متخلخل (با تخلخل ثابت ۰/۰۳۱۴) از نوع صفحه سوراخدار با ضخامت ۲/۵ mm و دو نوع پوشش شیشه‌ای از نوع تخت و پله‌ای[1] برای کاهش تلفات حرارتی از قسمت فوقانی استفاده شد. از جمله اهداف مهم در این پژوهش بررسی دبی هوای خنک کننده بر بازده حرارتی جمع کننده‌ها و تاثیر نوع پوشش شیشه‌ای بر بازده حرارتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

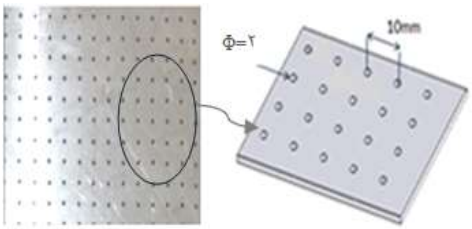
اهداف تعریف شده در این پژوهش طراحی، ساخت و ارزیابی یک کلکتور خورشیدی با جاذب متخلخل و پوشش شیشه‌ای تخت و پله‌ای بود که جریان هوا در آن به صورت اجباری و توسط یک مکنده برقرار می‌گردید. این کلکتور در بخش مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز ساخته شد و در مرداد تا مهرماه ۱۳۸۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. قسمتهای اصلی جمع-کنندهٔ خورشیدی شامل کانالهای رابط ورودی و خروجی، صفحهٔ جاذب متخلخل، سیستم تامین هوا، بدنهٔ جمع‌کننده و همچنین تجهیزات اندازه‌گیری دما، شید خورشید و دبی هوا می‌باشد.

جهت ساخت دستگاه ابتدا چارچوب نگهدارنده صفحه جاذب به عنوان بدنهٔ اصلی جمع‌کننده و کانالهای ورود و خروج هوا، از جنس الوار چوبی با ضخامت یک سانتیمتر، ساخته شدند و سپس صفحه جاذب نصب گردید. پوشش شیشه‌ای درون چارچوب ساخته شده قرار گرفت و قسمتهای مختلف دستگاه درزبندی شد و سطوح تحتانی و جانبی آن کاملاً عایق‌بندی گردید.

کانال خروجی: کانال خروجی دستگاه برای توزیع یکنواخت هوا به شکل مخروط ناقص با مقطع مستطیلی از جنس تخته سه لایی ساخته‌شده است. مقطع کوچک کانال مستطیلی به عرض ۱۲ و ارتفاع ۸ سانتیمتر و مقطع بزرگ آنها مستطیلی به عرض۷۰cm و ارتفاع۱۵cm و طول کانال ۳۸/۵cm بود و برای به حداقل رساندن تلفات حرارتی سطح آن به طور مؤثر بوسیله پشم و شیشه پوشانده شد.

[1] Slatted glass cover (Double glazing)

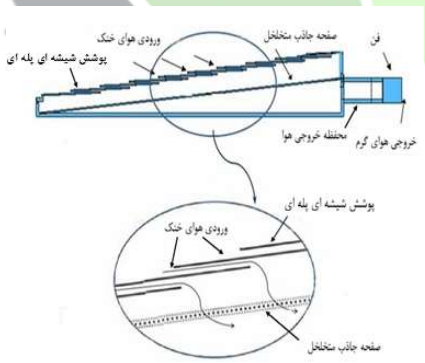
صفحه جاذب: با توجه به تحقیقات قبلی در این آزمایش از صفحه جاذب متخلخل آلومینیومی به ابعاد ۱۱۰×۷۵ cm با تخلخل P =۰/۰۳۱۴ وضخامت ۲/۵mm استفاده گردید. الگوی سوراخکاری آن بدین شکل است که قطر سوراخها ۳mm و به فاصله ۲cm (P=۰/۰۳۱۴) از یکدیگر قرار گرفته‌اند و نیز آرایش سوراخها از نوع مربعی بود (شکل۱). پس از ساخت صفحه جاذب با رنگ سیاه مات رنگ زده شد.



شکل۱. صفحه جاذب با تخلخل مورد نظر.

نصب صفحه جاذب: برای نصب صفحه جاذب برای تأمین سرعت یکنواخت هوا در طول صفحه جاذب متخلخل که هوا از سطح فوقانی وارد آن می‌شود، مساحت مقطع جریان بین صفحه جاذب و پوشش شیشه‌ای در جهت جریان هوای ورودی ثابت می باشد (شکل ۲).

صفحه جاذب بصورت مایل با چند پیچ به بدنه متصل شد. برای درزبندی لبه های صفحه جاذب با بدنه دستگاه از چسب نوار مخصوص استفاده شد (شکل۲).

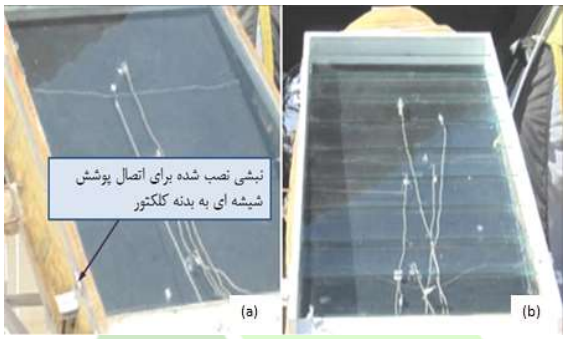


شکل ۲. نمایی جانبی از بدنه جمع‌کننده خورشیدی هوایی.

برای نصب پوشش شیشه‌ای یک قاب چوبی به شکل مستطیل به ابعاد داخلی ۷۰cm × ۱۰۵ ، ارتفاع دیواره جلو ۲cm و ارتفاع دیواره عقب ۹cm بودند. الوار مصرفی به ضخامت ۲cm مورد استفاده قرار گرفت.

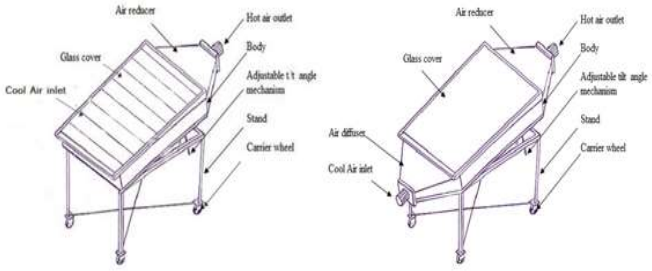
پوشش شیشه‌ای: در این تحقیق از دو نوع پوشش شیشه‌ای تخت و پله‌ای استفاده شده است که به نظر می‌رسد که در نوع پله‌ای راندمان حرارتی بیشتری حاصل می‌شود. می‌توان گفت چون هوا از فواصل بین شیشه‌ها وارد جمع کننده می گردد می‌تواند

تکه‌های شیشه را بهتر خنک کند و همچنین چون در طول جاذب هوایی با دمای یکنواخت‌تر با جاذب برخورد می‌کند بهتر می‌تواند جاذب را خنک کند. شیشه مصرفی، شیشه معمولی به ضخامت ۴mm و به اندازه‌هایی برابر ۲۰ cm × ۷۰ در نظر گرفته شد، شیشه‌ها روی نوارهای کوچک حاشیهٔ قاب چوبی با استفاده از چسب مخصوص نصب گردیدند وهمچنین اطراف آن‌ها برای جلوگیری از نشت هوا توسط چسب درزبندی شد. فاصلهٔ عمودی تکه‌های شیشه (شکافهای عبور هوا[1]) ۴ میلیمتر در نظر گرفته شد (Zomorodian et al., 2001) (شکل ۳).



شکل ۳. پوشش شیشه‌ای پله‌ای. a.نوع تخت و b. پله‌ای.

شاسی جمع‌کننده: شاسی دستگاه وظیفه نگهداری و تحمل وزن دستگاه و ایجاد امکاناتی جهت تغییر زاویه دستگاه نسبت به افق دارد. شاسی شامل قاب بدنه کلکتور برای نگهداری بدنه و کانال خروجی و یک چهارپایه با طول، عرض و ارتفاع به ترتیب ۱۰۵، ۷۰، ۶۵ سانتیمتر می‌باشد که از نبشی فلزی ساخته شد. شکل ۴ نمای کلی جمع‌کننده را نشان می‌دهد.



شکل۴. نمای کلی جمع کننده خورشیدی در دو نوع پوشش شیشه ای.

برای اندازه‌گیری دمای قسمتهای صفحه جاذب، هوای ورودی، هوای گذشته از صفحه جاذب و هوای خروجی کلکتور از ۱۱ عدد حسگر (سنسور) حرارتی هوشمند از نوع SMT- 160 با دقت ±۰/۵ درجه سانتیگراد استفاده گردید. این سنسورها به صورت

[1] Slot

مقاومت اند که با عبور جریان برق از آنها، ولتاژ دو سر سنسور تغییر کرده که این ولتاژ توسط سیستم داده‌برداری دریافت و پس از تبدیل به داده‌های دیجیتال، اطلاعات برای کامپیوتر متصل به سیستم ارسال می‌گشت.

اولین سنسور در مرکز کانال ورودی هوا برای ثبت دمای هوای ورودی به کلکتور نصب گردید. سه عدد سنسور برای ثبت دمای قسمتهای مختلف صفحه جاذب روی آن نصب گردید. بدین ترتیب که سه سنسور در روی یک خط در راستای جریان هوا (با توجه به اهمیت تغییرات دما در راستای جریان هوا) و در وسط صفحه جاذب قرار گرفتند تا بتوان تغییرات دمای صفحه در راستای جریان هوا بررسی شود. سه عدد سنسور در زیر صفحه جاذب و درست در زیر نقاط نصب سنسور بر روی جاذب قرار می‌گیرند تا دمای هوای خروجی از جاذب بررسی شود، سه عدد سنسور هم در فضای بین جاذب و پوشش شیشه‌ای نصب می‌شود تا دمای هوای روی جاذب برای بررسی اثر گلخانه‌ای بدست آید. آخرین سنسور هم در خروجی کلکتور برای بدست آوردن دمای هوای خروجی نصب شد.

اندازه‌گیری دبی جرمی جریان هوا: یکی از کمیت‌های مهم جهت محاسبه بازده حرارتی جمع‌کننده‌های خورشیدی لازم است، دبی جرمی هوا می‌باشد. برای اندازه گیری این کمیت از دبی سنج توربینی Lutron مدل YK-2001AL ساخت کشور تایوان با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه استفاده شد.

برای مکش هوای ورودی در این جمع‌کننده، مکنده گریز از مرکز Parma با دور ۱۴۰۰ و ساخت ایتالیا با سرعت ثابت مورد استفاده قرار گرفت.

تغییر دبی هوا: برای تغییر دور موتور و ایجاد دبی‌های مختلف ترانس مبدل[1] مدل N50-015SF ، ساخت کشور کره و با توان 1.5kW مورد استفاده قرار گرفت. ، بدین طریق که با تغییر فرکانس ترانس مبدل از طریق پیچ تغییر فرکانس بر روی دستگاه (ترانس مبدل از طریق کابل به موتور فن متصل شده است) دور موتور، مکش فن و سرعت هوای مکیده شده توسط فن تغییر کرده و در نتیجه سرعت‌های مختلف یا به عبارت دیگر محدوده دبی هوا فراهم شد.

دامنه این شیدسنج ۰ تا ۲۰۰۰ وات بر متر مربع می‌باشد. همچنین حساسیت آن یک میلی ولت بر وات بر متر مربع است.

اندازه‌گیری تابش خورشید: برای اندازه‌گیری تابش خورشیدی در زمان آزمایش از یک دستگاه شید سنج Cassela ساخت کشور انگلستان استفاده شد. قسمت اصلی شیدسنج مورد استفاده در این طرح حسگر می‌باشد. اساس کار این حسگر یک نورسنج سیلیکونی[2] است که در یک بدنهٔ ضد باران و باد قرار گرفته است. شید سنج مورد استفاده میزان تابش دهی کل را بر حسب وات بر متر مربع اندازه‌گیری می‌کرد. این ابزار نسبت به تابش‌دهی پخش و تابش‌دهی کل در تمامی نیم کره واکنش نشان می‌دهد. این حسگر روی یک شاسی قابل حمل نصب گردیده است. محل نصب حسگر طوری طراحی شده است که بتوان زاویه مطلوب حسگر را (برابر با زاویهٔ کلکتور) نسبت به افق تنظیم کرد.

[1] Invertor
[2] Silicon photo detector

انجام آزمایش: بعد از آماده‌سازی کلکتور و نصب تجهیزات مورد نیاز جهت داده‌برداری، از جمله سیستم اندازه‌گیری دبی جریان، فن مورد نظر برای مکش هوا، شیدسنج، سیستم اندازه‌گیری و جمع‌آوری دما، آزمایشات شروع شد. محل آزمایش محوطه دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در ۱۵ کیلومتری شیراز بود.

زاویه قرارگیری کلکتور و شیدسنج طبق فرمول زیر و با توجه به اینکه شیراز بر روی عرض جغرافیایی ۳۰ درجه نیمکره شمالی قرار دارد، ۴۵ درجه تعیین و تنظیم شد (Duffie and Beckman., 1991).

$$\alpha = \text{عرض جغرافیایی محل} + ۱۵ \qquad (۱)$$

α : زاویه قرار گیری کلکتور و شیدسنج

آزمایشات در شش دبی مختلف (۰/۰۰۵۶، ۰/۰۱۱۸، ۰/۰۱۸، ۰/۰۲۳۵، ۰/۰۲۹، ۰/۰۳۸۵ $kgm^{-2}s^{-1}$) با هر کدام از پوششهای شیشه‌ای انجام گرفت. برای تنظیم هر دبی با استفاده از ترانس مبدل دور موتور را تغییر داده، در نتیجه دور فن تغییر کرده و دبی-های مختلف فراهم شد. آزمایش هر روز با یک دبی مشخص در سه تکرار از ساعت ۱۱ تا ۱۳ صورت می‌گرفت (با فرض بر اینکه تابش خورشید و شرایط حرارتی محیط آزمایش یک ساعت قبل و بعد ازظهر شرعی دستخوش تغییرات محسوسی نمی‌گردد). فن دستگاه از ساعت ۱۰:۳۰ برای رسیدن به حالت پایدار روشن شده و هر آزمایش با توجه به ثابت زمانی کلکتور به مدت ۳۰ دقیقه انجام می‌شد.

نتایج و بحث:

پس از انجام آزمایشات، داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای بدست آوردن راندمان کلکتور از فرمول زیر و برای هر دبی آزمایشی از میانگین داده‌های سه تکرار مربوط به آن دبی استفاده شد (Biondi *et al.*, 1988). میانگین دمای هوای ورودی، دمای صفحه جاذب، و هوای گرم خروجی از آن با استفاده از ترمیستورها (حسگرها) بدست آمد.

$$\eta = \dot{m}\, c_p \frac{(T_0 - T_i)}{G_T} \qquad (۲)$$

$\dot{m}$: دبی جرمی در واحد سطح جمع‌کننده($kgs^{-1}m^{-2}$)

c_p : ظرفیت گرمایی ویژه هوا ($jkg^{-1}C^{-1}$)

G_T: میزان شار تابشی بر روی صفحه جمع‌کننده (Wm^{-2})

T_0: درجه حرارت هوای خروجی از جمع‌کننده (C)

T_i: درجه حرارت هوای ورودی به جمع‌کننده (C).

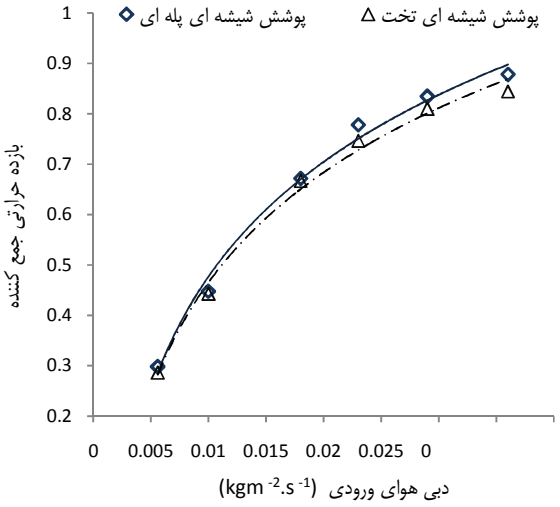
در آزمایش‌های مربوط به راندمان، اثر شش سطح دبی هوای ورودی و دو سطح پوشش شیشه‌ای اندازه‌گیری شد. برای بررسی معنی‌دار بودن هر یک از فاکتورهای بالا داده‌های بدست آمده در طرح فاکتوریل در قالب طرح‌های کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS (version 16) تحلیل شد. جدول (۱) نتایج حاصل را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که فاکتورهای دبی هوای ورودی و نوع پوشش اثر بسیار معنی‌داری بر راندمان دارند.

جدول۱. تجزیه واریانس فاکتورهای آزمایش بر راندمان حرارتی کلکتور.

متغیرها	درجه آزادی	جمع مربعات	مقدار F
دبی هوای ورودی F	۵	۱/۶۳۲	۲۵۴۰/۲۵۴**
پوشش	۱	۰/۰۰۹	۷۲/۷۹۵**
خطا	۳۶	۰/۰۰۵	

** سطح معنی‌داری ۱٪

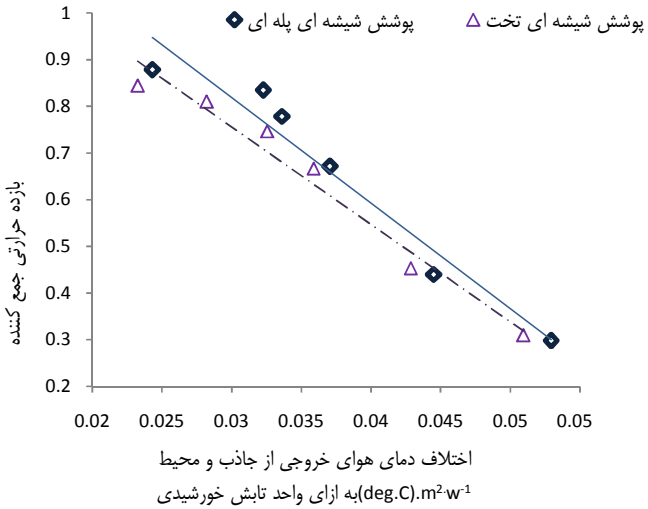
آنچه از نمودار شکل ۵ بدست آمده بیانگر این است که با افزایش دبی راندمان جمع کننده برای هر دو حالت افـزایش یافتـه است. از شیب نمودارها پیداست که افزایش راندمان در دبی‌های پایین از میزان بیشتری برخوردار بوده و با افزایش دبی بـه تـدریج شیب منحنی‌ها کاهش می‌یابد. علت افزایش راندمان در دبی‌های بالا متاثر از انتقال گرمای بهتر از جاذب به سیال به علت تمـاس حجم بیشتری از هوا با جاذب و بالا رفتن ضریب انتقال حرارت جابجایی h که باعث کاهش دمای جاذب و اخـتلاف آن بـا دمـای هوای محیط می‌گردد، می‌باشد.



شکل۵. تاثیر دبی جرمی هوای خنک کننده بر بازده حرارتی جمع کننده‌ها با دو پوشش شیشه‌ای پله‌ای

کاهش دمای جاذب باعث کاهش تلفات حرارتی از طریق تابش و همرفت می‌گردد و همین امر عامل افزایش راندمان می-باشد. از طرفی ممکن است توان لازم برای بدست‌آوردن دبی‌های بالا بیشتر از میزان گرمای اضافی بدست آمده باشد که باید در انتخاب دبی بیشینه به هر دو فاکتور راندمان بالا و توان مصرفی توجه داشت. همچنین بالاتر بودن راندمان در جمع کننده های هوایی با پوشش شیشه ای پله‌ای را می‌توان اینگونه توجیه کرد که در جمع کننده های هوایی با پوشش شیشه ای ساده هوای تازه

از محفظه ورودی، از طریق مکش هوا توسط فن، وارد جمع کننده می شود و پس از عبور از فضای بین جاذب و پوشش شیشه‌ای و از صفحه جاذب متخلخل، گرم شده، خارج می شود. در این حالت در ابتدای ورود هوا به داخل محفظه جمع کننده، هوای تازه سبب انتقال حرارت می گردد. اما به دلیل اینکه در طول محفظه، هوای واقع در بین پوشش و جاذب گرم می شود، این هوای عبوری از قسمتی از صفحه جاذب که به خروجی جمع کننده نزدیک است نسبت به هوای خنک تر ورودی (قسمتی از جاذب که به ورودی جمع کننده نزدیک است) گرمتر می باشد و به این دلیل بخوبی نمی تواند گرمای جاذب را جذب و منتقل کرده و پوشش شیشه‌ای را در خروجی جمع کننده خنک نماید لذا صفحه جاذب و پوشش شیشه‌ای در محل خروج هوا گرم شده و این گرما ، از طریق جابجایی و تابش گرمایی هدر رفته و به هوای محیط منتقل می شود و باعث کاهش راندمان می گردد. به عبارت دیگر می‌توان گفت هوا در ضمن ورود به محفظه جمع‌کننده و عبور از روی جاذب توسط مکنده، مکیده می‌شود این بدین معنی است که هوای ورودی به خاطر جهت حرکتی به طرف پائین و کانال خروجی فرصتی ندارد که بتواند گرمای جذب شده به وسیله پوشش شیشه‌ای تخت را کاملاً جذب کند و بیشتر هوای ورودی سریعاً از منافذ جاذب عبور می‌کند و به سمت خروجی جمع‌کننده می‌رود. اما در جمع کننده هوایی با پوشش شیشه‌ای پله‌ای، هوای ورودی به جمع کننده از شکافهای بین شیشه‌های پوشش شیشه‌ای وارد محفظه جمع کننده شده که هر قسمتی از هوای ورودی می‌تواند به خوبی تکه شیشه گرم شده مربوطه را خنک نماید و گرمای شیشه و هوای گرم شده بر اثر خاصیت گلخانه‌ای را منتقل کند. به عبارت دیگر می‌توان گفت بر اثر عبور هوا از فاصلهٔ کوچک بین شیشه‌ها سرعت هوای عبوری بیشتر شده و ضریب انتقال حرارت جابجایی افزایش می‌یابد. در نتیجه انتقال گرما از شیشه‌ها و هوای محبوس در فاصله بین پوشش و جاذب بیشتر گشته، اتلاف گرمایی کمتر می‌شود. همچنین در این نوع پوشش نسبت به نوع تخت می‌توان گفت هوای ورودی به جاذب در طول آن تقریبا دمای یکنواخت‌تری دارد و به طور متعادل‌تری گرمای هوا و جاذب را جذب می‌کند و از تلفات حرارتی فوقانی می‌کاهد. به طور کلی با مقایسهٔ جمع‌کننده هوایی با پوشش پله‌ای نسبت به حالتی که از پوشش تخت استفاده می‌گردد می‌توان چنین بیان کردکه اختلاف دمای هوای ورودی و جاذب در نوع پله‌ای بیشتر است که این امر سبب انتقال بهتر گرما و کاهش چشمگیر تلفات جابجایی می‌شود.



شکل۶. تاثیر افزایش درجه حرارت هوای خروجی از صفحه جاذب نسبت به دمای هوای محیط به ازای واحد تابش خورشیدی بر راندمان جمع‌کننده

به دلیل اینکه آزمایشات در شرایط کاملاً طبیعی صورت گرفته و کنترل میزان تابش خورشید امکان‌پذیر نبوده و مقدار آن در روزهای مختلف متفاوت بوده است، یکی از نمودارهای مفید برای مقایسه جمع کننده‌ها با پوشش‌های مختلف نمودار تاثیر افزایش درجه حرارت هوای خروجی از جاذب نسبت به محیط به ازای واحد تابش خورشیدی[1] بر راندمان جمع‌کننده‌ها می‌باشد که در نمودار شکل ۶ نشان داده شده است. مطابق با نمودار با افزایش اختلاف دمای هوای خروجی از صفحه جاذب و محیط به ازای واحد تابش خورشیدی، مقدار راندمان حرارتی در جمع‌کننده‌ها کاهش یافته‌است.

با افزایش دبی جرمی هوا اختلاف درجه حرارت هوای خارج شده از صفحه جاذب نسبت به دمای هوای محیط در همه جمع‌کننده‌ها کاهش یافته که منجر به کاهش اختلاف دمای هوای خروجی از صفحه جاذب و محیط به ازای واحد تابش خورشیدی و افزایش راندمان حرارتی کلکتور می‌گردد.

با توجه به شکل ۵ می‌توان گفت جمع‌کننده با پوشش شیشه‌ای پله‌ای راندمان بیشتری نسبت به پوشش شیشه‌ای نوع تخت دارد که همین امر در نمودار شکل ۶ نیز مشاهده می‌شود در واقع این دو نمودار کاملا همدیگر را تایید می‌کنند. همچنین پس از بررسی نتایج هر دو جمع‌کننده می‌توان گفت که در دبی بیشینه جمع‌کننده با پوشش پله‌ای راندمان ۰/۸۷ و با پوشش شیشه‌ای تخت راندمان ۰/۸۴ را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی:

با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان گفت با افزایش دبی جرمی هوای ورودی راندمان جمع‌کننده برای هر دو حالت افزایش یافت. همچنین با بررسی اثر پوشش شیشه‌ای پله‌ای و مقایسه با آزمایشات گذشته مشاهده می‌شود که در پوشش

[1] Normalized Temperature

شیشه‌ای پله‌ای به دلیل عبور هوا از فواصل بین شیشه‌ها تلفات حرارتی جاذب و شیشه‌ها کمتر شده و اثر مثبتی در افزایش راندمان به منظور کاربرد در خشک‌کن‌های خورشیدی داشته است.

منابع:

۱- بهادری نژاد، م. "استفاده از انرژی خورشیدی"، کانون فارغ التحصیلان دانشگاه شیراز ، ۱۳۵۳.

2- Mohamad, A. A., 1997. ''High efficiency solar air heater,'' Solar Energy, 60(2):71-76.

3- Fechner, H. and O. Bucek., 1998. ''Investigations on several series produced collectors,'' Renewable Energy, 28:293-302.

4- Chiou, J. P., J. A., Duffie and M. M. El-Wakil., 1965. ''A slit and expanded aluminum foil matrix solar collector,'' Solar Energy, 9:73-90.

5- Beckman, W. A., 1968. ''Radiation and convection heat transfer in a porous bed'' ASME J. Eng. For Power., 90:51-54.

6- Hamid, Y.H. and W.A. Beckman., 1971. ''Performance of air- cooled radatively heated''.

7- Collier, R.K., 1979. ''The characterization of crushed glass as a transpired air heating solar collector material'', In: Proc. I.S.E.S., Silver Jubilee Congress, Atlanta, GA, 1, pp. 264–268.

8- Bansal, N. K., A., 1983. ''Bottcher and R. Uhleman., ''Performance of plastic solar air heating collector with a porous absorber'', Energy Research 7:375-384.

9- Zomorodian, A. A., J. L. Woods and M. H. Raoufat., 2001.''Performance characteristics of a transpired solar air heater'', Iran Agricultural Research, 20: 139-154.

10- Duffie, J.A. and W.A. Beckman., 1991.''Solar Engineering of Thermal Processes'', John Wiley & Sons, New York, 918p.

11- Whillier, A., 1964.''Performance of black-painted solar air heaters of conventional design'', Solar Energy, 8(1):31-37.

12- Zomorodian A. and M. Barati., 2010.''Efficient Solar Air Heater with Perforated Absorber for Crop Drying'', J. Agr. Sci. Tech, 12:569-577.

13- Biondi, P., L. Cicala and G. Farina., 1988. ''Performance analysis of solar air heater of conventional design'', Solar Energy 3:55-64.

Investigating The Effect of Collector Cover Type on a Solar Air Heat Performance With porous metal absorber

Maryam Zamanian[1]* and Ali Zomorodian[2]

1- Postgraduate student, Department of Agricultural Machinery, Shiraz University
zamanian.87sh@yahoo.com
2- Professor, Department of Agricultural Machinery, Shiraz University

Abstract

Applying solar collectors is one of the most popular methods for using solar energy. In this work a flat plate solar air collector was investigated under direct solar radiation consisted of slatted and flat plate glass cover, perforated absorber aluminum sheets (porosity 0.0314 and absorber thickness of 2.5 mm). The effect of cover type on absorber efficiency of collector was evaluated. Six levels of air mass flow rates (0.0056 to 0.0385 kg m^{-2} s^{-1}) were adopted. The tests were conducted in three replications on very clear sky days during 11 to 13 O´clock (average solar energy was reported to be 1040 Wm^{-2} during this interval). The experimental results show the validity of this theory that thermal efficiency of collector increases by Changing the type of glass cover from flat cover to slatted one. The experimental results showed that thermal efficiency of collector is approximately equal for two species of cover at lower air mass flux (less than 0.01 kg m^{-2} s^{-1}) which result in cover type does not affect on thermal efficiency in this rate of air mass flux. Minimum and maximum efficiency variation on solar collector with slatted glass cover is more than it on flat cover at higher air flow rates. This solar air heater can be effectively used for drying agricultural products, heating urban and rural homes, space of greenhouse an livestock areas.

Keywords: Flat plate solar air collector, porous metal absorber, slatted cover.