

بررسی تاثیر پوشش نانو لوله های کربنی چند دیواره بر روی جاذب کلکتور

خورشیدی صفحه تخت

۱- مقدمه

مصرف سرانه انرژی در یک مقیاس جهانی ۰/۸ کیلووات است و شاخص های اقتصادی نشانگر آن است که مقدار سرانه سود ناخالص ملی به طور تصاعدی به مقدار ۲ تا ۵ درصد در سال رشد دارد و بنابراین چنانچه بازدهی تبدیل انرژی به سرمایه ملی مقدار ثابتی فرض شود، مصرف جهانی انرژی سالانه میزان ۴ الی ۸ درصد رشد خواهد داشت. این ارقام نشان می دهند که میزان مصرف انرژی جهان در قرن آینده بالا می باشد و در نتیجه روشن نیست منابع انرژی های فسیلی در قرن های آینده، جوابگوی نیاز انرژی جهان برای بقا، تکامل و توسعه خواهند بود.]] به دو دلیل محدودیت منابع سوخت های فسیلی و خطرات زیست محیط باید منابع جدید انرژی را جایگزین سوخت های فسیلی نمود.]] کتاب.]] انرژی خورشیدی به عنوان یکی از مهمترین منابع انرژی تجدیدپذیر در روی زمین می باشد که علاوه بر سازگاری با محیط زیست همیشه در قسمت 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 تهیه آبگرم برای مصارف شهری و روستایی، تهیه مطبوع ساختمان ها، و مخصوصا خشک کردن محصولات کشاورزی، تولید برق نیروگاه ها با جمع کننده خورشیدی و غیره دارا می باشد.]] انرژی خورشید را می توان توسط کلکتورهای خورشیدی به گرما تبدیل کرد. گرمای تولید شده دارای کاربردهایی نظیر گرمایش آب مصرفی ساختمان ها، استخر های شنا و گرمایش فضای ساختمان می باشند.]] کلکتور خورشیدی صفحه تخت ساده ترین و پر استفاده ترین نوع کلکتور به شمار می رود که ساختار آن به شکل یک جعبه مستطیل شکل است.]] به دلیل محدوده دمایی پایین این نوع کلکتور و راندمان پایین تر در مقایسه با انواع کلکتورها، بهینه سازی کلکتور خورشیدی صفحه تخت دارای اهمیت مضاعف می باشد. طی سالیان گذشته تحقیقات و مطالعات وسیعی در این زمینه انجام شده است که هر کدام می تواند در پیش برد استفاده بیش تر از این نوع انرژی در آینده موثر باشد.

توغدیری و همکاران از نانو پوشش های کبالت سیاه بر روی لایه های مسی و برنجی به روش آبرکاری استفاده کردند. تصاویر اسکن شده نشان دادند که فیلم های کبالت سیاه دارای شکاف های زیاد و ساختاری نفوذپذیر هستند به طوری که جذب آن بالای ۹۰ درصد می باشند. به دلیل اتلاف حرارتی پایین و جذب بالا در محدوده نور مرئی مناسب برای جاذب های کلکتور خورشیدی می باشند.]] ساو و همکاران تاثیر استفاده از نانو مواد PCM بین صفحه جاذب و عایق را بررسی کردند. کاربرد این نانو مواد به این شکل است که انرژی گرمایی دریافتی در روز را ذخیره و در شب یا شرایط آب و هوایی ابری به سیال منتقل می کنند هم چنین اتلاف حرارتی کلکتور را کاهش می دهند. در یک کلکتور با ابعاد ۱/۲×۱/۲ متر مربع استفاده از این نانو مواد، منجر به افزایش بازده کلکتور به میزان ۸/۴ درصد شد.]] ماهسواری و همکاران از نانو مواد کربن، اکسید آلومینیوم استفاده کردند. به این صورت که این نانو مواد را به همراه محلول جذبی (چسب) ترکیب کرده و محلول بدست

آمده را به صورت اسپری روی صفحه جاذب مسی پوشش دادند. نتایج نشان داد که این پوشش سبب افزایش جذب تابش خورشید و افزایش انتقال حرارت سیال در کلکتور و در نهایت بهبود بازدهی کلکتور خورشیدی می شود.]] مهران بزرگی و همکاران از نانوسیال نقره به عنوان سیال عامل در کلکتور خورشیدی استفاده کردند. با توجه به آزمایش ها و محاسبات انجام شده مشخص شد که در صورت جایگزینی این سیال با آب، توان جذب انرژی خورشید به طور قابل توجهی افزایش می یابد و باعث بهبود در بازدهی کلکتور می شود.]] اسماعیل بوستانی و همکاران استفاده از سیال آب و نانو سیال تیتانیوم دی اکسید را مورد بررسی قرار دادند. طبق آزمایش ها استفاده از این نانوسیال، سبب افزایش ۳/۷ درصدی راندمان کلکتور می شود.]]

در کار تحقیقاتی و آزمایشگاهی انجام شده بر روی کلکتور خورشیدی صفحه تخت، سعی بر انجام تغییر ساختاری بر روی کلکتور شده است. به این منظور از نانو لوله های کربنی چند دیواره برای پوشش دهی بر روی جاذب کلکتور صفحه تخت استفاده شده است. با تغییرات ساختاری در این سیستم ها علاوه بر افزایش راندمان به دلیل این تغییرات، با استفاده از تغییرات جانبی همانند استفاده از نانوسیال، افزایش ضخامت عایق و استفاده از بازتابنده ها، می توان عملکرد کلکتور را به شکل قابل توجهی افزایش داد.

۲- شرح تجهیزات و وسایل اندازه گیری آزمون

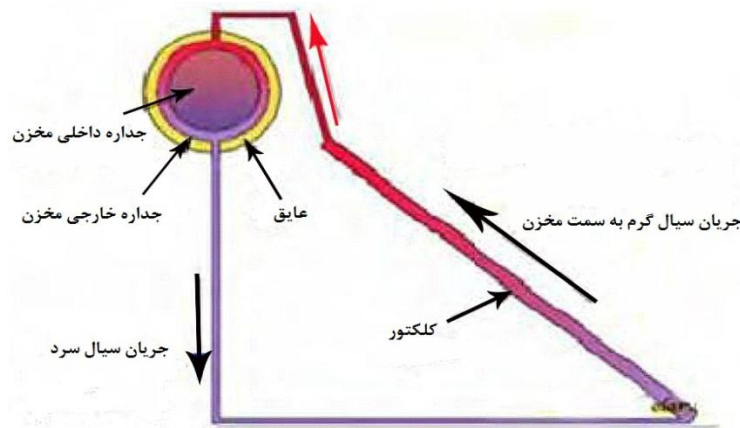
آبگرمکن خورشیدی مورد آزمایش از نوع صفحه تخت شامل دو کلکتور (صفحه) و یک مخزن ۲۰۰ لیتری می باشد که هر دو صفحه بر روی یک سازه با زاویه ۴۵ درجه نسبت افق و در راستای جنوب نصب شده اند. دو دماسنج در ورودی و خروجی صفحات و دو دماسنج دیگر در ورودی و خروجی مخزن و یک دماسنج نیز برای اندازه گیری دمای محیط استفاده شده است. همچنین یک فلومتر برای تعیین دبی مخزن و یک تابش سنج به منظور ثبت شدت تشعشع خورشیدی در زمان های مختلف مورد استفاده قرار داده شده است. هر کدام از کلکتورها شامل دو هدر افقی و شش رایزر عمودی است که به صورت موازی قرار گرفته اند. جنس جاذب کلکتورها آلومینیوم و سیال عامل، آب می باشد.



شکل ۱- ترمومتر میله ای دیجیتالی و تابش سنج



شکل ۲- تصویر بستر آزمایش آبگرمکن خورشیدی



شکل ۳- شماتیک نحوه عملکرد آبگرمکن خورشیدی

۳- نحوه انجام آزمایش

آزمایش ها طی دو مرحله انجام شدند. ابتدا در حالت مرجع و بدون پوشش انتخابی، آبگرمکن خورشیدی مورد بررسی قرار گرفت و بازدهی آن بدست آمد و در مرحله بعد با پوشش نانو مواد بر روی جاذب های صفحات، کارایی آن با حالت مرجع مقایسه شد. دماهای ورودی و خروجی مخزن و صفحات به همراه دمای محیط و شدت تشعشع خورشید از ساعت ۹/۵ صبح تا ۱۲ ظهر هر ده دقیقه ثبت شدند. به وسیله فلومتر نصب شده در ورودی مخزن و شیر فلکه های موجود در ورودی و خروجی مخزن، دبی آب در حال جریان را ۱/۵ لیتر بر دقیقه قرار داده ایم به شکلی که مقدار آب ورودی به مخزن با مقدار آب خروجی از آن برابری کند که در نتیجه دبی آب عبوری از مخزن ثابت می باشد و می توان دبی آب در حال گردش کلکتورها را بدست آورد. برای

استفاده از پودر نانولوله های کربنی چند دیواره در مرحله دوم آزمایش از محلول خاص جذبی (چسب) استفاده شده است.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- توزیع دما و تحلیل عملکرد آبگرمکن

آبگرمکن ترموسیفونی مورد آزمایش، ابتدا به منظور سیرکولاسیون طبیعی، دمای ورودی به صفحات را افزایش می دهد و بعد از حدود ۱/۵ ساعت فرایند گرمایش آب توسط کلکتورها به صورت طبیعی انجام می شود. در مرحله اول آزمایش، دمای ورودی مخزن با گذشت زمان از صبح تا ظهر در حدود ۶ درجه سانتیگراد افزایش می یابد. همین طور دمای خروجی مخزن نیز با دریافت گرما از آب در حال گردش صفحات، افزایش دما را نشان می دهد. دمای خروجی صفحات نیز بعد از حدود دو ساعت از آغاز به کار سیستم به بالای ۹۰ درجه سانتیگراد می رسد.

تغییرات دمایی در مرحله دوم مشابه مرحله اول می باشد با این تفاوت که اختلاف دمای ورودی و خروجی صفحات و مخزن در این مرحله بیش تر می باشد که در نتیجه آن باعث افزایش بازدهی می شوند.

۴-۲- راندمان آبگرمکن

به منظور تعیین دبی سیال در حال گردش صفحات، با استفاده از معادله زیر، انرژی بدست آمده از صفحات را برابر انرژی کسب شده از مخزن قرار می دهیم.

$$Q = \dot{m}c_p\Delta T \quad (1)$$

در معادله بالا، Q انرژی مفید کسب شده توسط سیال، \dot{m} دبی جرمی آب، c_p ظرفیت گرمایی ویژه آب و ΔT اختلاف دمای بین ورودی و خروجی می باشند [۳].

با استفاده از اصل موازنه انرژی، هر ده دقیقه یک بار، معادله بالا برای مخزن و صفحات برابر قرار داده می شود و در نهایت دبی جرمی آب در حال گردش در صفحات بدست می آید.

$$\dot{m}_1c_{p1}\Delta T_1 = \dot{m}_2c_{p2}\Delta T_2 \quad (2)$$

که \dot{m}_1 دبی صفحات، ΔT_1 اختلاف دمای ورودی و خروجی صفحات، \dot{m}_2 دبی مخزن (فلومتر) و ΔT_2 اختلاف دمای ورودی و خروجی مخزن می باشد.

به منظور تعیین بازده انرژی تجربی

روش اساسی برای اندازه گیری بازدهی کلکتور، مشخص نمودن عملکرد کلکتور به تابش خورشیدی و اندازه گیری دمای سیال ورودی و خروجی صفحات و شدت جریان سیال است. سپس انرژی مفید دریافتی توسط صفحات توسط رابطه زیر بدست می آید.

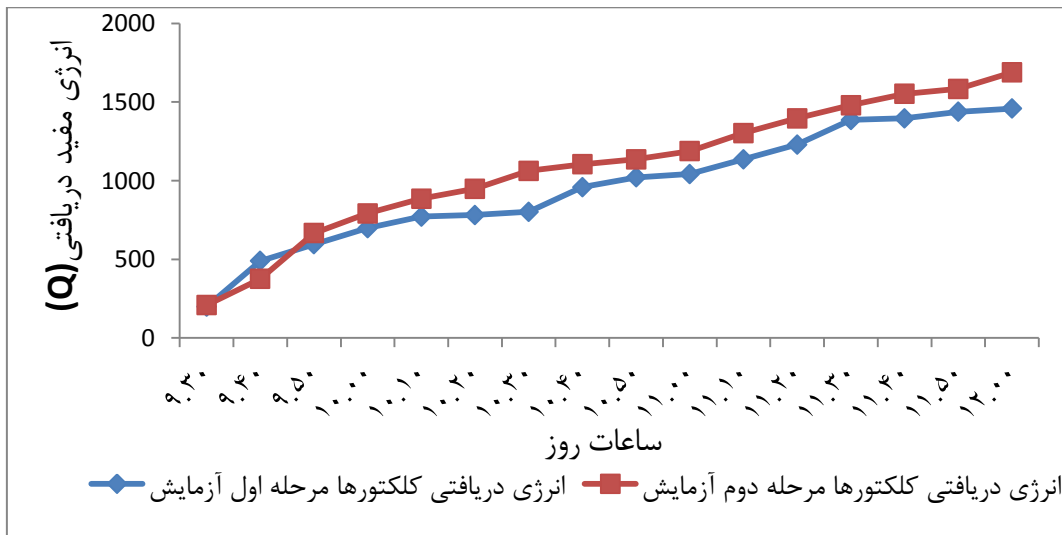
$$Q = \dot{m}c_p\Delta T \quad (3)$$

ΔT اختلاف دمای ورودی و خروجی آب در صفحات می باشد.
بنابراین بازده انرژی تجربی کلکتور صفحه تخت به صورت زیر بیان می شود:

$$\eta_i = \frac{\dot{m}c_p\Delta T}{A_c G_T} \quad (4)$$

با مقایسه نتایج مرحله اول (بدون پوشش نانو مواد) و مرحله دوم (با پوشش نانو مواد)، میزان انرژی مفید دریافتی خورشیدی (Q)، افزایش قابل توجهی را نشان می دهد که یکی از مهم ترین عوامل افزایش راندمان در کلکتور خورشیدی می باشد.

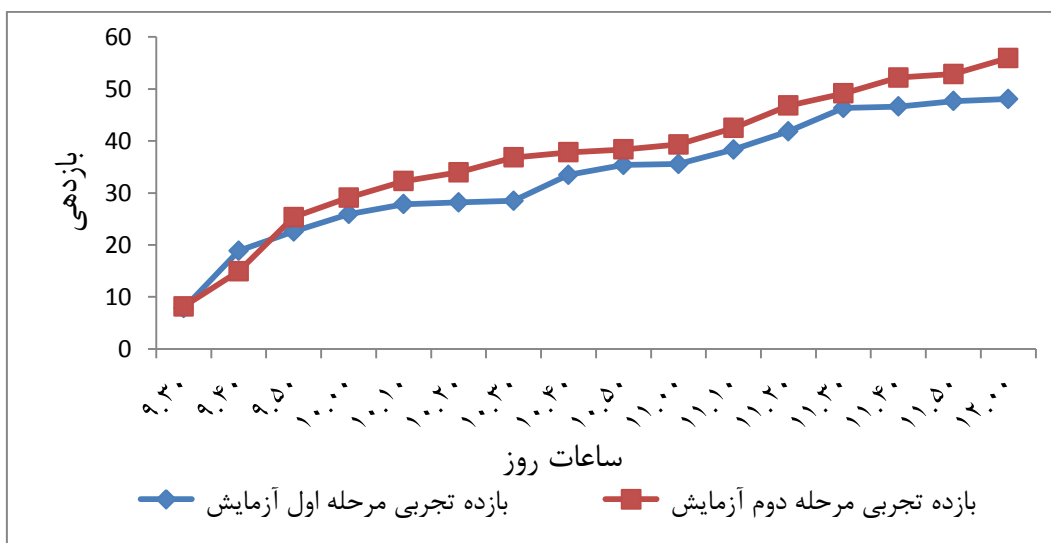
همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود بیش ترین افزایش انرژی دریافتی توسط کلکتورها پس از پوشش دهی نانو مواد در ساعت های ۱۰/۳۰ صبح و ۱۲ ظهر به ترتیب برابر ۱۰۶۲/۹۵ و ۱۶۸۸/۲۲ می باشند و در واقع اختلافی برابر با ۲۶۰/۵۳ و ۲۲۹/۲۷ نسبت به مرحله اول دارند. در ساعت ۹/۴۰ افزایش انرژی دریافتی در مرحله اول آزمایش، به دلیل اختلاف دمای بیش تر صفحات نسبت به مرحله دوم آزمایش می باشد. بررسی و تحلیل دقیق تر این پارامتر، این موضوع را نشان می دهد که در نقاط زمانی که اختلاف دمای ورودی و خروجی مخزن نسبت به سایر نقاط بیش تر است انرژی دریافتی نیز بیش تر می باشد و دلیل عمده این افزایش زیاد در برخی نقاط حاکی از این میزان اختلاف دما می باشد.



شکل ۴- میزان انرژی دریافتی کلکتورها

مقایسه راندمان تحلیل تجربی در دو مرحله، نشان دهنده افزایش بازدهی بین ۱ تا ۸ درصد می باشد. میزان افزایش این بازدهی در نقاط مختلف نیز به میزان اختلاف دمای مخزن وابسته است. همچنین در ساعت ۹/۴۰

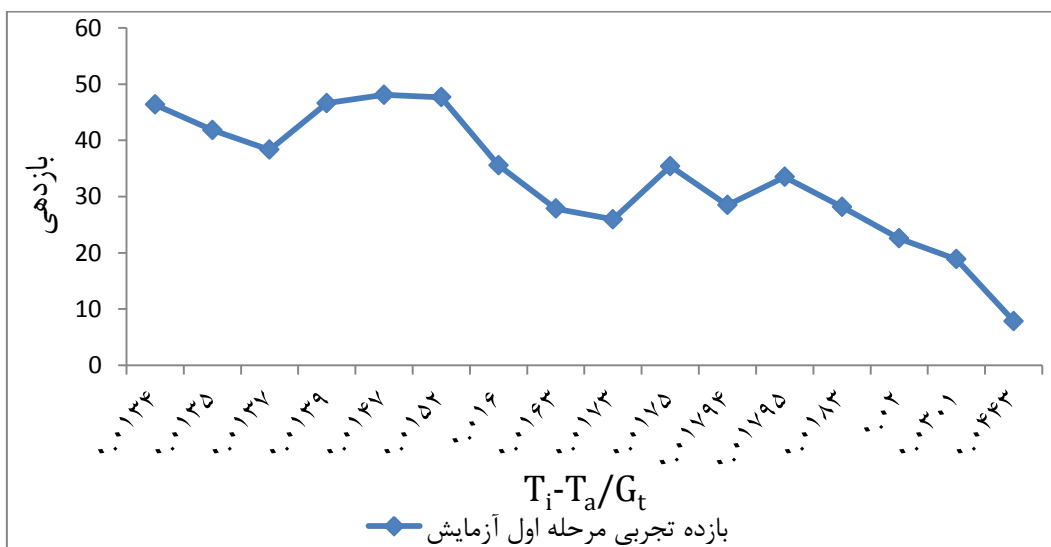
افزایش بازدهی در مرحله اول آزمایش، به علت اختلاف دمای بیش تر صفحات نسبت به مرحله دوم آزمایش می باشد.



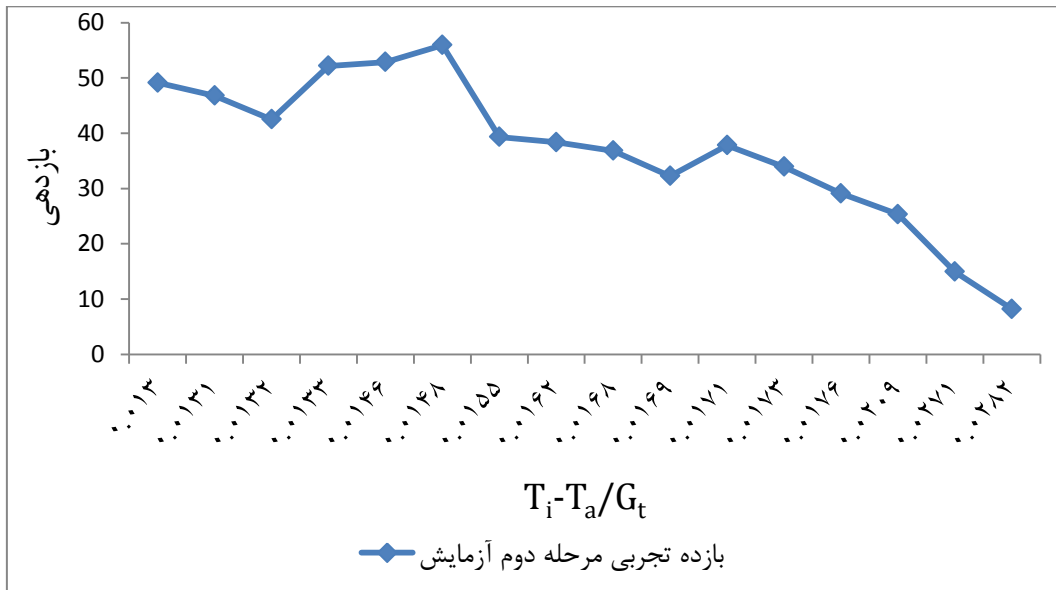
شکل ۵- بازده تحلیل تجربی

استفاده از پارامتر $T_i - T_a / G_t$ طبق استاندارد ISIRI 7129-1، در رسم نمودار بازدهی کلکتورهای خورشیدی استفاده می شود. T_i دمای ورودی به کلکتور، T_a دمای محیط و G_t شدت تشعشع خورشید در نقاط زمانی مختلف مورد آزمایش می باشد.

همان طور که در شکل ۶ و ۷ مشاهده می شود با افزایش این پارامتر، بازدهی در هر دو مرحله آزمایش کاهش می یابد. این موضوع بیان گر آن است که هر مقدار دمای ورودی به صفحات به دمای محیط نزدیک تر باشد، راندمان سیستم افزایش می یابد.

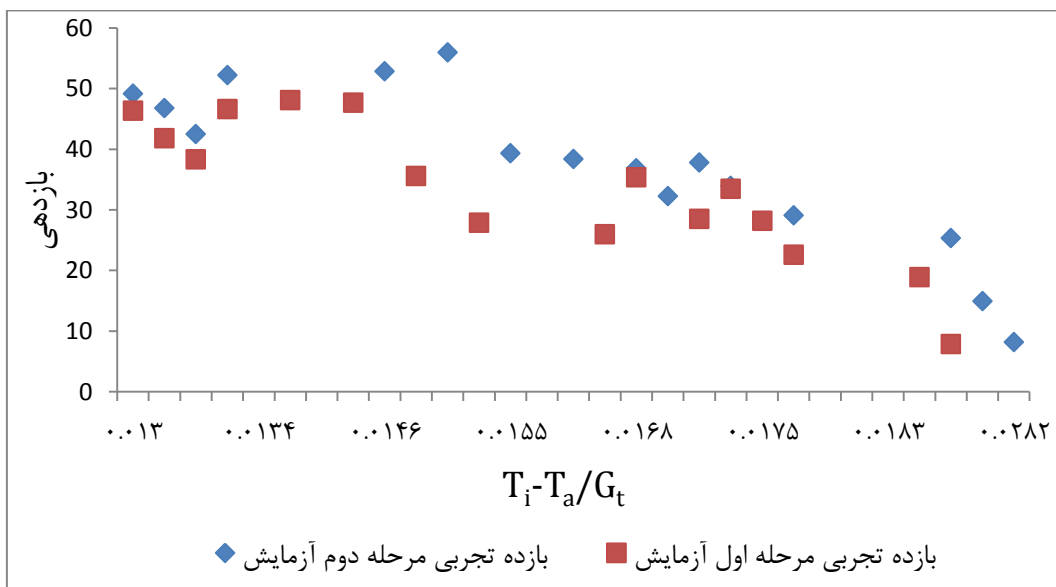


شکل ۶- بازده تحلیل تجربی بدون پوشش نانو مواد



شکل ۷- بازده تحلیل تجربی با پوشش نانومواد

در شکل ۸ نیز میزان افزایش راندمان با بهینه سازی آبگرمکن نشان داده شده است.



شکل ۸- مقایسه بازده تحلیل تجربی با استفاده از پارامتر $T_i - T_a / G_t$

۵- نتیجه گیری

هدف از این پژوهش افزایش بازدهی آبگرمکن خورشیدی صفحه تخت با پوشش دهی نانو مواد بر روی جاذب بوده است. در کار تحقیقاتی انجام شده از نانو لوله های کربنی چند دیواره برای پوشش دهی بر روی جاذب کلکتور صفحه تخت جهت افزایش میزان جذب تابش خورشید و انتقال گرما به سیال کلکتور استفاده شده است. میزان انرژی دریافتی و بازده تجربی در آزمایش ها که شامل استفاده از نانولوله های کربنی چند دیواره در مرحله دوم آزمایش می باشد، بررسی شده اند. همه پارامترها از جمله دمای ورودی و خروجی صفحات و مخزن، دمای محیط، شدت تشعشع خورشید اندازه گیری و دبی عبوری از صفحات در همه نقاط زمانی محاسبه شده است. همچنین بر خلاف بعضی از پژوهش هایی که تاکنون انجام شده است دمای ورودی صفحات و دمای محیط یکسان در نظر گرفته نشده است و از نتایج واقعی آزمایشات استفاده شده است.

میزان انرژی دریافتی (Q) توسط صفحات در مرحله دوم آزمایش افزایش قابل توجه را نشان می دهد. بررسی و تحلیل دقیق تر این پارامتر، این موضوع را نشان می دهد که در نقاط زمانی که اختلاف دمای ورودی و خروجی مخزن نسبت به سایر نقاط بیش تر است انرژی دریافتی نیز بیش تر می باشد و دلیل عمده این افزایش زیاد در برخی نقاط حاکی از این میزان اختلاف دما می باشد. مقایسه بازده تجربی در دو مرحله، نشان دهنده افزایش بازدهی بین ۱ تا ۸ درصد می باشد. میزان افزایش این بازدهی در نقاط مختلف نیز به میزان اختلاف دمای مخزن وابسته است.