

بهاره طباطبایی

موضوع : مروری بر پارامترهای تاثیرگذار بر عملکرد آب شیرین کن های خورشیدی در حالت های مختلف

یکی از پارامترهای تاثیرگذار بر عملکرد آب شیرین کن های خورشیدی مواد تغییر فاز دهنده هستند.

اساس شیرین سازی آب شور در خلاء بدین صورت میباشد که جوشش آب در فشار کمتر از اتمسفر و در نتیجه دمای بسیار پایین تر از حد نرمال اتفاق می افتد. دلیل آن این است که جوشش یک مایع زمانی اتفاق می افتد که فشار بخار برابر فشار محیط باشد. در نتیجه فشار بخار با دما افزایش می یابد. بنابراین به دلیل کاهش درجه حرارت انرژی گرمایی ذخیره میشود. در این تحقیق، مشخصات طراحی، بهره وری، و همچنین تحلیل مقایسه ای از آب شیرین کن های خورشیدی با سیستم ذخیره سازی گرمای نهان که در دهه گذشته مورد بررسی قرار گرفته است را پوشش میدهد. نتایج نشان داده است که عملکرد آب شیرین کن های خورشیدی با مواد ذخیره سازی گرمای نهان چه در سیستم های فعال و چه غیرفعال باعث افزایش بهره وری در طول شب میشود و کارایی بهتری نسبت به آب شیرین کن های خورشیدی بدون مواد ذخیره سازی گرمای نهان دارند، هرچند بهره وری آب شیرین کن های خورشیدی فعال بیشتر از آب شیرین کن های خورشیدی غیرفعال می باشند.

مواد تغییر فاز دهنده (PCM)

این مواد ترکیبات آلی یا معدنی هستند که قابلیت جذب و ذخیره نهان مقادیر زیادی از انرژی گرمایی را درون خود دارند. ذخیره انرژی گرمایی در این مواد، در طی فرآیند تغییر فاز (تغییر حالت از جامد به مایع یا بالعکس)

اتفاق می افتد. این مواد به هنگام تغییر فاز از جامد به مایع یا از مایع به جامد، این گرما را از محیط جذب نموده و یا به محیط پس می دهند. ماده تغییر فاز دهنده قابلیت آن را دارد که این انرژی نهفته گرمایی را بدون هیچ گونه تغییری حتی پس از هزاران چرخه تغییر فاز، درون خود حفظ نماید. این مواد در صورت استفاده در آب شیرین کن های خورشیدی، از طریق چرخه های متوالی ذوب و انجماد در تغییرات شدید دمای هوا (مثلا بین شب و روز)، مقادیر زیادی گرما را با محیط تبادل نموده و از این طریق دمای سیستم را در نبود تابش خورشیدی تأمین می کند.

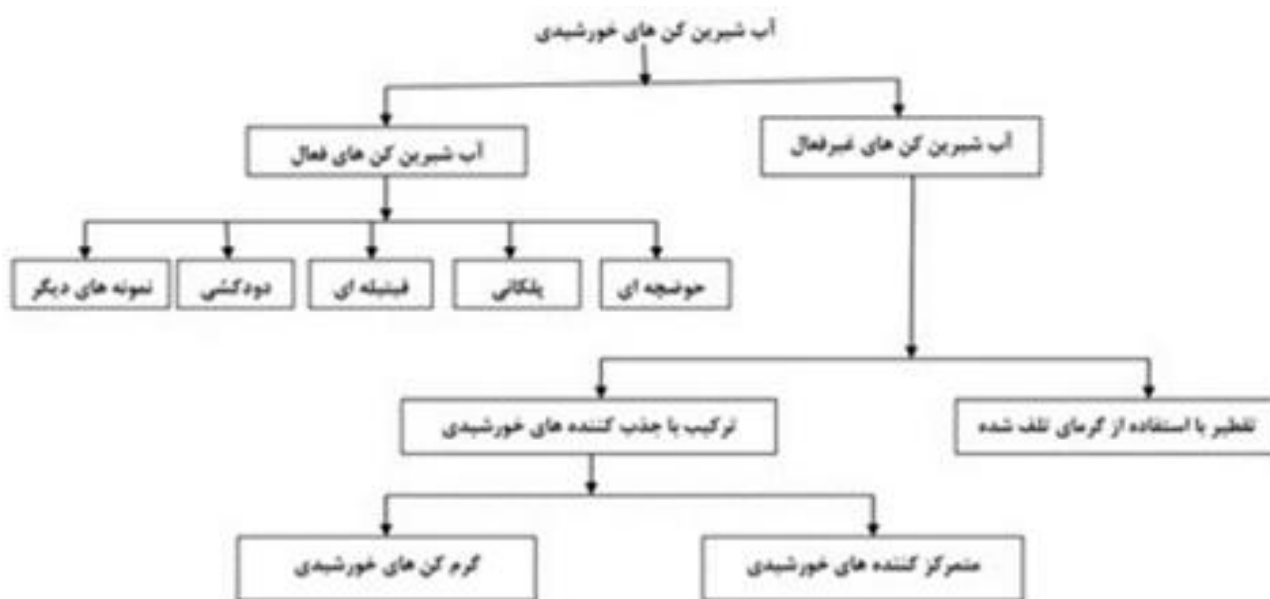
بررسی آب شیرین کن خورشیدی با ذخیره سازی گرمای نهان

آب شیرین کن های خورشیدی بر اساس طراحی و ساختار طبقه بندی می شوند. آب شیرین کن های خورشیدی به دو نوع سیستم های فعال و غیرفعال تقسیم بندی می شوند. سیستم های فعال به منابع تورهای خورشیدی، متصل می شوند، سیستم های غیرفعال از خارجی، مانند گرمادایی از صنایع و کل گرمای داخلی برای تبخیر استفاده می کنند. بررسی انواع مختلف آب شیرین کن های خورشیدی فعال و غیر فعال با ذخیره سازی گرمای نهان در ادامه شرح داده می شود.

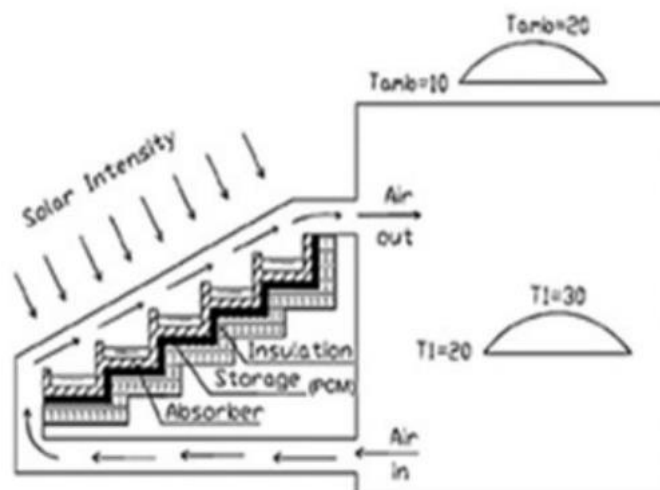
1. آب شیرین کن خورشیدی غیرفعال با ذخیره سازی گرمای نهان

آب شیرین کن های خورشیدی غیرفعال، به سیستم هایی گفته می شود که مستقیم از گرمای نور خورشید برای تبخیر آب و سپس بخار آب میعان استفاده می شود. در چرخه ی باران این فرایند به صورت طبیعی انجام می شود. این روند فقط توسط انرژی خورشید صورت می گیرد. ساختار اینگونه سیستم ها همانند روند تولید ابر و باران در طبیعت است. گرمای خورشید آب درون محفظه سیستم را گرم و بخار کرده و در حین بخار سازی، نمک ، آلودگی و دیگر مواد اضافه از ملکول های آب جدا می شوند. آب شیرین کن های غیرفعال به دو گونه حوضچه ای و شیب دار گروه بندی می شوند.

شکل 1 _ طبقه بندی فرایند آب شیرین کن های خورشیدی

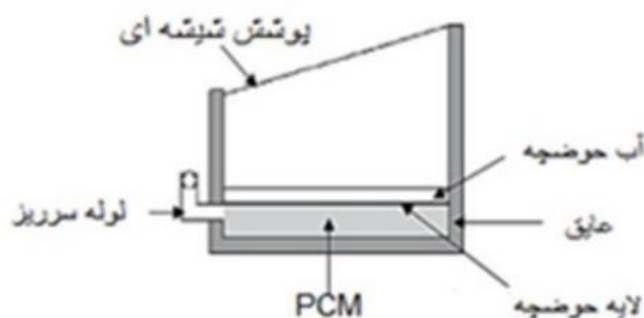


در ادامه چند نمونه از آب شیرین کن های خورشیدی غیرفعال با و بدون مواد تغییر فاز دهنده را بررسی و مقایسه می کنیم. آب شیرین کن خورشیدی پلکانی با ذخیره انرژی حرارتی نهان، برای گرم کردن و رطوبت از گلخانه های کشاورزی در مناطق دور افتاده، توسط رادهاوان و همکاران طراحی و ساخته شده است، که در شکل ۲ نشان داده شده است. آب شیرین کن خورشیدی شامل پنج پله حوضچه ای با پوشش بر روی لایه پارافین (ماده تغییر فاز ۲ شیشه ای شیبدار پوشیده شده است و در قسمت پایین آن عایق دهنده) قرار دارد که به عنوان یک رسانه ذخیره سازی انرژی حرارتی عمل می کند. عملکرد آب شیرین کن خورشیدی با ذخیره انرژی گرمای نهان مورد بررسی قرار گرفته و نتایج با موردی که آب شیرین کن خورشیدی بدون ذخیره انرژی گرمای نهان می باشد مقایسه شده است. سیستم کارایی ۵۷ درصد و عملکرد روزانه آن ۴,۶ لیتر بر متر مربع است. مشخص شد که رطوبت نسبی هوا در گردش تقطیرساز درحال بهبود است و همیشه در شرایط اشباع قرار می گیرد. نتایج نشان داد که کاهش سرعت جریان هوا تأثیر ناچیزی بر بازده تقطیرساز دارد در حالی که افزایش گرما در گلخانه ها کاهش می یابد. برای انتخاب طراحی و پارامترهای عملیاتی، تقطیرساز قادر به تأمین حرارت گلخانه برای ۲۴ ساعت / روز است. این یافته بسیار قابل توجه است، زیرا گرما را می تواند شبانه روز در گلخانه و زمانی که بیشتر مورد نیاز است، قرار داد.



شکل 2_ پیکربندی کلی از آب شیرین کن خورشیدی با سیستم ذخیره سازی انرژی حرارتی نهان (غیر فعال)

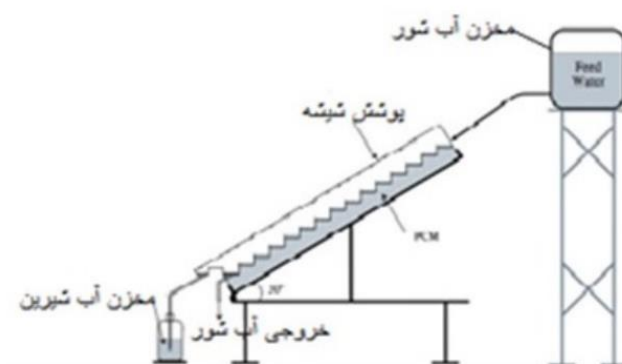
یک مدل ریاضی گذرا توسط سبایی و همکاران برای یک آب شیرین کن خورشیدی از نوع حوضچه ای تک شیب، همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، با و بدون ذخیره سازی گرمای نهان در قسمت زیرین آب شیرین کن حوضچه ای توسعه یافته است. اسید استئاریک به عنوان ماده تغییر فاز دهنده برای محاسبه عددی در روزهای معمول تابستان و زمستان در جده عربستان سعودی مورد استفاده قرار گرفت. مشخص شد که بهره وری روزانه با افزایش جرم ماده تغییر فاز دهنده کاهش می یابد اما بازده یک شبه به طور قابل توجهی با افزایش جرم ماده تغییر فاز دهنده به علت افزایش مقدار حرارت موجود در ماده تغییر فاز دهنده افزایش می یابد. ضریب انتقال حرارت به علت انتقال از حوضچه آبریز به آب حوضچه در طول فرایند تخلیه ماده تغییر فاز دهنده دو برابر شده است. بنابراین، ضریب انتقال حرارت تبخیری با استفاده از ۳,۳ سانتی متر اسید استئاریک در زیر سطوح حوضچه، ۲۷ درصد افزایش یافت. از این رو در روز تابستان ارزش روزانه ۹,۰۰۵ (کیلوگرم بر مترمربع در روز) با بهره وری روزانه ۸۵,۳ درصد در مقایسه با نرخ ۴,۹۹۸ (کیلوگرم بر متر مربع در روز) در زمانی که تقطیرساز بدون ماده تغییر فاز دهنده عمل می کرد، به دست آمده است.



شکل 3_ آب شیرین کن خورشیدی تک شیب حوضچه ای با مواد تغییر فاز دهنده

تبریزی و همکاران دو عدد آب شیرین کن خورشیدی پلکانی با و بدون سیستم ذخیره سازی گرمای نهان را که در شکل ۴ نشان داده شده است ساختند موم پارافین به عنوان ماده تغییر فاز دهنده انتخاب شده است که به عنوان ذخیره سازی گرمای نهان عمل می کند. برای افزایش زمان ماندن آب بر روی هر حوضچه از لبه سرریز استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، بازده کل تقریباً برای هر دو آب شیرین کن ها برای یک روز آفتابی معمولی یکسان است. با این حال، برای یک روز نیمه ابری، بهره وری آب شیرین کن با ذخیره ساز گرمای نهان به میزان قابل توجهی بالاتر است.

بنابراین، آب شیرین کن بدون ذخیره سازی گرمای نهان برای مناطق آفتابی به دلیل سادگی آن و هزینه های ساخت و ساز کم، در حالی که آب شیرین کن با ذخیره سازی گرمای نهان به علت بهره وری بالاتری برای مناطق نیمه ابری، مورد توجه قرار گرفته است.



شکل 4- نمایش مقطعی از یک آب شیرین کن خورشیدی پلکانی با ماده تغییر فاز دهنده

یک نوع آب شیرین کن خورشیدی پلکانی، با سیستم ذخیره سازی انرژی حرارتی نهان، برای افزایش بهره وری آب شیرین توسط دشتبان و تبریزی طراحی و ساخته شده است. با استفاده از یک سیستم ذخیره سازی انرژی حرارتی نهان با وزن ۱۸ کیلوگرم (دارای ضخامت ۲ سانتی متر) از موم پارافین در زیر صفحه جذب، دمای کار را به اندازه کافی بالا نگه می دارد تا تولید آب شیرین را در هنگام غروب آفتاب، به ویژه در شب، نگه دارد. علاوه بر این، مدل های نظری برای آب شیرین کن خورشیدی با و بدون ماده تغییر فاز دهنده توسعه داده شد، و نتایج به دست آمده با داده های تجربی برای مدل سازی حرارتی توسعه یافته مقایسه شد.

تحقیقات نظری برای محاسبه سطح آب بر روی صفحه جذب و فاصله بین آب و سطح شیشه ای انجام شده است که بر عملکرد سیستم آب شیرین کن تاثیر می گذارد. عملکرد مداوم با استفاده از ماده تغییر فاز دهنده و بدون آن در یک روز معمولی در زاهدان، ایران مورد مطالعه قرار گرفت. بهره وری روزانه آب شیرین کن خورشیدی به صورت تئوری، ۶٫۷ و ۵٫۱ کیلوگرم بر مترمربع در روز با و بدون ماده تغییر فاز دهنده به ترتیب محاسبه شده است، و مشاهده شد که آب شیرین کن خورشیدی با ماده تغییر فاز دهنده بهره وری ۳۱ درصد بالاتر از سیستم آب شیرین کن خورشیدی بدون ماده تغییر فاز دهنده دارد. یک تحقیق تجربی در رابطه با آب شیرین کن خورشیدی با اسید لوریک به عنوان ماده تغییر فاز

توسط الحمدانی و شولا برای بررسی تأثیر هردو جرم ماده تغییر فاز دهنده و آب حوضچه بر تولید روزانه آب شیرین کن و کارایی سیستم در شرایط بیرونی انجام شد. بررسی آزمایش مورد استفاده در این مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است. معادلات تعادل انرژی برای پیش بین دمای آب و شیشه، بهره وری روزانه آب شیرین کن و بازدهی لحظه ای سیستم آب شیرین کن خورشیدی تنها با ماده تغییر فاز دهنده استفاده شد. نتایج نشان داد که جرم بالاتری از ماده تغییر فاز دهنده با یک مقدار کم آب در حوضچه آب شیرین کن خورشیدی، بهره وری روزانه را بالاتر می برد، و کارایی و بهره وری آب شیرین کن در زمان شب و روز برای آب شیرین کن خورشید با ماده تغییر فاز دهنده افزایش ۱۲۷ درصد و ۳۰-۳۵ درصد نسبت به آب شیرین کن خورشیدی بدون ماده تغییر فاز دهنده دارد.



شکل ۵- آب شیرین کن با ماده تغییر فاز دهنده (سمت راست) آب شیرین کن خورشیدی بدون ماده تغییر فاز دهنده (سمت چپ)

کانتش یک آب شیرین کن خورشیدی با شیب دوگانه با ذخیره سازی انرژی حرارتی نهان طراحی و ساخته شده است همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است، برای بررسی اثر استفاده از ماده تغییر فاز دهنده در آب شیرین کن خورشیدی برای افزایش بهره وری از آب شور است. این مطالعه بر روی استفاده از ماده تغییر فاز دهنده (قیر) برای ذخیره انرژی حرارتی خورشیدی در قالب حرارت نهان تمرکز دارد که ظرفیت ذخیره انرژی گرمایی را در واحد حجم و در واحد جرم ارائه می دهد. انرژی ذخیره شده را می توان برای هدف شیرین سازی آب شور در شب استفاده کرد.

از تحقیقات تجربی، کارایی آب شیرین کن خورشید بدون ماده تغییر فاز دهنده حدود ۲۵,۱۹٪ و در حضور ماده تغییر فاز دهنده (قیر) ۲۷٪ می باشد.



شکل 6- آب شیرین کن خورشیدی باشیب دوگانه همراه با ماده تغییر فاز دهنده

سازیمورفی و همکاران روش بهبود افزایش عملکرد آب شیرین کن خورشیدی هرمی مثلثی شکل ۷ را با و بدون ماده تغییر فاز دهنده ارائه کرد. برای مقایسه بهره وری از آب شیرین کن خورشیدی با و بدون سیستم ذخیره سازی حرارت نهان، آب شیرین کن خورشیدی هرمی مثلثی طراحی و ساخته شده است. با استفاده از موم پارافین به عنوان ذخیره سازی انرژی حرارتی، آزمایش ها در محیط گرم و مرطوب چنای، هند انجام شد. در طول روزهای آفتابی، بهره وری ساعتی در مقایسه با آب شیرین کن خورشیدی بدون ذخیره سازی انرژی حرارتی، کمی بالاتر بود. از نتایج بدست آمده مشخص شده است که تولید آب شیرین از آب شیرین کن خورشیدی با ذخیره سازی انرژی حرارتی نهان تا ۳۵٪ در مقایسه با آب شیرین کن خورشیدی بدون ماده تغییر فاز دهنده افزایش می یابد. علاوه بر این از نتایج بدست آمده مشخص شده است که در ساعات غروب آفتاب، بهره وری آب شیرین کن خورشیدی با ذخیره گرمای نهان در مقایسه با آب شیرین کن خورشیدی بدون ذخیره انرژی گرمایی، بالاتر است. در تابستان و زمستان، میزان بهره وری آب شیرین کن خورشیدی ۴٫۵ لیتر بر مترمربع در روز و ۳٫۵ لیتر بر مترمربع در روز، به ترتیب، می باشد. بازده روزانه آب شیرین کن خورشیدی با و بدون ماده تغییر فاز دهنده، ۳٫۴ لیتر بر مترمربع در روز و ۲٫۳ لیتر بر مترمربع در روز، به ترتیب، می باشد.

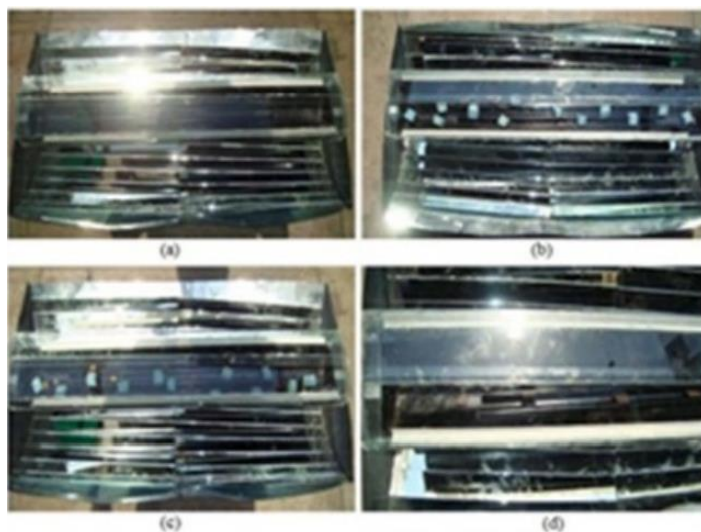
-7-



2. آب شیرین کن خورشیدی فعال با ذخیره سازی انرژی حرارتی نهان

مشکل اصلی آب شیرین کن های خورشیدی غیرفعال دریافت تابش مستقیم خورشید توسط حوضچه آب شور، که تنها منبع برای افزایش دمای آب می باشد برای رفع این مشکل سیستم های آب شیرین کن خورشیدی فعال توسعه پیدا کردند. این نوع سیستم ها با یک منبع گرمایی اضافی توسط یک منبع خارجی به سیستم اضافه شده است. این منابع گرمایی اضافی بیشتر در کف حوضچه ها قرار می گیرند به دلیل اینکه میزان تابش جذب شده توسط حوضچه های پایینی کمتر از حوضچه های بالاتر از آن است. در این نوع سیستم ها بیشتر از یک پوشش شیشه ای وجود دارد. در ادامه چند نمونه از این سیستم ها را با و بدون مواد تغییر فاز دهنده بررسی و مقایسه خواهیم کرد. چندر و همکاران چهار نوع مختلف آب شیرین کن خورشیدی را توسعه دادند که در شکل ۸ نشان داده است. در این تحقیق، آب شیرین کننده با متمرکز انرژی حرارتی خورشیدی از طریق یک غلاف سهمی وار و موم پارافین به عنوان ذخیره سازی انرژی حرارتی برای بهبود سرعت تبخیر از سیستم انجام شد. به منظور بهبود تبخیر بیشتر از حوضچه هایی با عمق کم استفاده شده است. منطقه تبخیر و همچنین نرخ تبخیر با استفاده از اسفنج ها به علت اقدام مویرگی افزایش یافته است. با اضافه کردن سنگریزه ها، بهره وری آب شیرین کن، به علت ظرفیت گرمایی بیشتر سنگریزه، همچنان افزایش می یابد. بولت های فولادی ملایم دارای هدایت گرمایی بالا میباشند که باعث افزایش ظرفیت ذخیره سازی گرما در حوضچه می شود. اندازه گیری های بهره وری خارج از میل ۲ لیتر در بین ساعت ۱۰ قبل از ظهر و ۵ بعد از ظهر انجام شد و ثبت شده است که بهره وری آب شیرین کن تا ۵۴٪ بهبود یافته است.

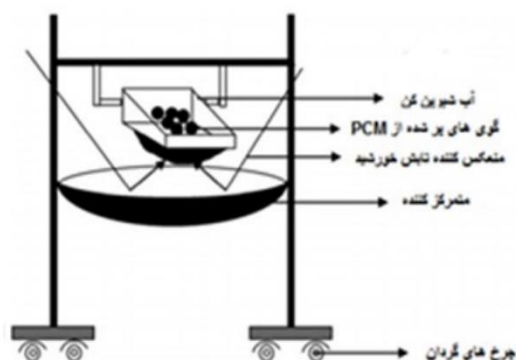
-8-



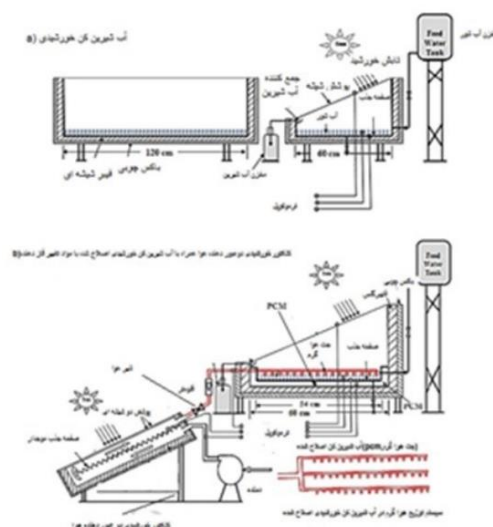
شکل 8- شماتیک آب شیرین کن خورشیدی: a- آب شیرین کن خورشیدی با پارافین و اکس b- آب شیرین کن خورشیدی با موم پارافین و اسفنج ها c- آب شیرین کن خورشیدی با واکس پارافین و سنگریزه d- آب شیرین کن خورشیدی با موم پارافین و بیلس های استیل

به منظور افزایش کارایی و عملکرد آب شیرین کن با متمرکز کننده همراه با آب شیرین کن خورشیدی نوع حوضچه نیمکره ای، مواد تغییر فاز دهنده توسط ارونکومار و همکاران اضافه شده است. دو حالت عملیاتی به صورت تجربی مورد بررسی قرار گرفتند: یک. آب شیرین کن خورشیدی تک شیب دار بدون اثر ماده تغییر فاز دهنده و دو. آب شیرین کن خورشیدی تک شیب دار با اثر ماده تغییر فاز دهنده. تنظیم آزمایش و گوی های پر شده از ماده تغییر فاز دهنده در شکل ۹ نشان داده شده است. دمای آب، دمای ماده تغییر فاز دهنده، دمای هوا، دمای پوشش داخلی، دمای پوشش خارجی، اندازه گیری شد. نتایج تجربی نشان می دهد که اثر ذخیره ساز حرارتی در متمرکز کننده همراه با آب شیرین کن خورشیدی حوضچه نیمکره ای همچنان تولید را ۲۶٪ افزایش میدهد. به این نتیجه رسیدیم که بهره وری به طور قابل ملاحظه ای به دلیل اینکه آب شیرین کن با ماده تغییر فاز دهنده یکپارچه شده است، افزایش می یابد. دو عبورکننده کلکتور خورشیدی هوا همراه با آب شیرین کن خورشیدی اصلاح شده با ماده تغییر فاز دهنده همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، آزمایش های تجربی برای غنی سازی بهره وری آب شیرین توسط کیبل و همکاران مورد مطالعه قرار گرفته است. اثر هوای تزریق شده از کلکتور خورشیدی هوا بر عملکرد آب شیرین کن خورشیدی اصلاح شده با استفاده از ماده تغییر فاز دهنده مورد بررسی قرار گرفت.

این آزمایش ها در همان شرایط جوی با هوای گرم تزریق شده به آب شیرین کن خورشیدی انجام شد. از این آزمایش یافتیم که بهره وری آب شیرین تقریباً به ۹/۳۶ (لیتر بر مترمربع در روز) برای دو عبورکننده کلکتور خورشیدی هوا به آب شیرین کن خورشیدی اصلاح شده با ماده تغییر فاز دهنده، هر چند بهره وری آن ۴/۵ (لیتر بر مترمربع در روز) برای آب شیرین کن خورشیدی بدون کلکتور هوا و ماده تغییر فاز دهنده می باشد. علاوه بر این یافتیم که بهره وری آب شیرین از دو عبورکننده خورشیدی همراه با آب شیرین کن خورشیدی اصلاح شده با ماده تغییر فاز دهنده بطور متوسط ۱۰۸٪ بالاتر از حد متعارف آب شیرین کن است. این درصد در طول دوره ژوئن تا ژوئیه ۲۰۱۵ تحت شرایط هواشناسی مصر به دست آمده است.



شکل 9- مشخصات فیزیکی: الف) متمرکزکننده همراه با آب شیرین کن خورشیدی تک شیب با حوضچه نیم کره ای ب) گوی های مسی پر شده از ماده تغییر فاز دهنده



شکل 10- شماتیک دو عبورکننده کلکتور خورشیدی هوا همراه با آب شیرین کن خورشیدی اصلاح شده با ماده تغییر فاز دهنده و آب شیرین کن خورشیدی متمرکز شده

تصاویر بیشتر





