

طراحی آب شیرین کن خورشیدی اضطراری

مهدی برومند نسب*

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مجتبی دهقان منشادی

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۶

چکیده

اهمیت وجود آب شیرین کن در حیات و تمدن بشری بر کسی پوشیده نیست. هفتاد درصد از مساحت کره زمین از آب پوشیده شده است، این در حالی است که آب اقیانوسها و دریاها با دربرداشتن حدود ۳۵ درصد وزنی املاح مختلف برای استفاده مستقیم در کاربردهای شرب، بهداشتی، کشاورزی و صنعتی مناسب نیست. در ایران، با توجه به شرایط اقلیمی کشور، نیاز به تولید آب شرب در ظرفیت‌های پایین، برای مناطق کم جمعیت و دورافتاده، موضوعی است که تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در حالی که در مناطق خشک و کویری، که وسعت زیادی در مناطق مرکزی ایران دارند، از یک طرف نیاز به آب شیرین به عنوان یکی از مشکلات اساسی مردم این مناطق به شمار می‌آید و از طرف دیگر، انرژی خورشید با شدت تابش مناسب در این مناطق در دسترس است. تاکنون روش‌های مختلفی جهت جداسازی املاح از آب شور و تولید آب شیرین ابداع شده که از میان آنها روش‌های تقطیری قابلیت بالایی جهت به کارگیری انرژی خورشیدی دارند. آب شیرین کن اضطراری مزایایی نسبت به آب شیرین کن‌های معمولی دارند که از آن جمله می‌توان به قابل حمل بودن، کم هزینه بودن و قابلیت استفاده در سفر اشاره کرد. در این مقاله به طراحی سه مدل برای آب شیرین کن اضطراری می‌پردازیم.

واژگان کلیدی: آب شیرین کن، آب شیرین کن اضطراری، انرژی خورشیدی

۱. مقدمه

به علت محلول بودن نمک‌ها، خصوصاً نمک طعام غیر قابل استفاده است. از طرف دیگر، با توجه به پایان پذیر و هزینه‌بر بودن منابع انرژی فسیلی در سراسر دنیا اقبال عمومی به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی است. در فرایند شیرین سازی آب شور نیز

در دهه‌های نخستین قرن ۲۱ میلادی، بحران آب یکی از مهم‌ترین بحران‌های کشورها خواهد بود. بیش از هفتاد درصد از سطح کره زمین را آب پوشانده است؛ با وجود چنین حجم عظیمی، تنها ۲/۵ درصد از آب‌های کره زمین شیرین و قابل شرب هستند و مابقی آب شور است که



بادوام‌ترین و اقتصادی‌ترین روش استفاده از انرژی خورشید است. در این میان، آب‌شیرین‌کن‌های اضطراری به دلیل ساختار ساده، هزینه کم و قابلیت حمل و نقل و جابه‌جایی اهمیت ویژه‌ای دارند. در این مقاله به طراحی سه مدل برای آب‌شیرین‌کن اضطراری می‌پردازیم.

۲. تعریف آب‌شیرین‌کن خورشیدی

آب‌شیرین‌کن خورشیدی از جمله دستگاه‌هایی است که بر پایه استفاده از انرژی خورشیدی به صورت پویا ساخته شده است. این دستگاه آب آشامیدنی لازم، که غلظت نمک و مواد مضر سلامتی و بهداشت آن کم باشد، را با استفاده از انرژی اشعه خورشید تأمین می‌کند. مهندسان مکانیک آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی را با نام سولار استیل^۱ می‌شناسند. تاکنون تحقیقات زیادی درباره آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی انجام شده است. این ادوات در هندسه‌های چون آب‌شیرین‌کن خورشیدی تشکی^۲ و آب‌شیرین‌کن خورشیدی لوله‌ای^۳ برای مطالعات نظری و تجربی ساخته شده‌اند و دانشمندان در جهت افزایش هرچه بیشتر تولید و متعاقباً بازده دستگاه در تلاش می‌باشند. ساختمان این آب‌شیرین‌کن‌ها بسیار ساده است و غالباً از یک پوشش شفاف شیشه‌ای جهت تقطیر بخار آب و نگهداری هوای مرطوب داخل آب‌شیرین‌کن و ظرف نگهداری آب شور، برای نگهداری آب شور و جذب تابش خورشید ساخته می‌شوند. ناگفته نماند دانشمندان برای افزایش تولید از دستگاه‌های دیگری، با عنوان دستگاه جانبی، استفاده می‌کنند؛ مثلاً برای کاهش فشار روی سیال (آب) از مکنده‌ای استفاده کرده و با این کار سبب افزایش بخیر آب شور و متعاقباً افزایش تقطیر و تولید آب شیرین می‌شوند. برای جذب حداکثر انرژی خورشید و کاهش اتلاف حرارتی در آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی باید نکات ذیل را مد نظر قرار داد:

۱. سرپوش پلاستیکی یا شیشه‌ای آب‌شیرین‌کن باید نور خورشید را به خوبی عبور دهد.

۲. از تشکیل بلورهای نمک در دستگاه جلوگیری شود.
۳. فاصله بین آب‌های تشک و سرپوش آب‌شیرین‌کن به حداقل برسد.
۴. تشک آب شور تیره باشد تا انرژی خورشید را بهتر جذب کند.
۵. آب‌شیرین‌کن با محیط خارج ارتباط نداشته و محیط آن باید کاملاً بسته باشد.

۳. ضرورت آب‌شیرین‌کن خورشیدی

شرایط خشک‌سالی، به خصوص در سالیان اخیر در مناطق مختلف ایران و به‌ویژه در جنوب کشور، منجر به کاهش دسترسی به آب آشامیدنی شده است. در این مناطق، عموماً آب شیرین به صورت جاری وجود ندارد و تأمین آب از طریق حفر چاه‌های عمیق امکان‌پذیر است. این موضوع علاوه بر صرف هزینه‌های گزاف، مشکل غیربهداشتی و شور بودن آب‌های زیرزمینی را نیز در بر دارد. از طرفی، تأمین آب آشامیدنی از طریق انتقال آب از شهرهای بزرگ به مناطق محروم نیز مشکلات دیگری چون هزینه بالای انتقال و احداث شبکه آبرسانی را در پی دارد که این امر را غیراقتصادی می‌کند. روش متداولی که برای تأمین آب شرب در مناطق خشک به کار گرفته می‌شود، استفاده از سیستم‌های معمول آب‌شیرین‌کن است که مشکلات تأمین انرژی و سوخت مورد نیاز و فناوری بالا در این‌گونه سیستم‌ها، هزینه بالای سوخت و تعمیر و نگهداری، ظرفیت بالا و عدم کاربری آن برای مناطق با جمعیت محدود سبب می‌شود که استفاده از این‌گونه سیستم‌ها در روستاها امری غیرممکن باشد. اساساً در تأمین آب شیرین برای چنین مناطقی باید نکات ذیل مد نظر قرار گیرد:

۱. اقتصادی بودن سیستم آب‌شیرین‌کن
۲. به‌کارگیری آب‌شیرین‌کن‌هایی با قدرت تصفیه آب شور و جداسازی انواع نمک‌ها، ریزجاندارها، باکتری‌ها، انگل‌ها و فلزات سنگین از آب
۳. استفاده از منابع انرژی رایگان

۴. سادگی سیستم و قابلیت استفاده آسان برای روستاهای محروم

۵. هزینه‌های پایین ساخت و تعمیر و نگهداری راحت بررسی‌ها نشان می‌دهد تنها سیستمی که بتواند حائز تمامی شرایط فوق باشد، سیستم‌های آب‌شیرین‌کن خورشیدی می‌باشد. اساس کار این‌گونه سیستم‌ها بر مبنای سیکلی است که در طبیعت طی می‌شود؛ یعنی آب شور به واسطه انرژی حرارتی خورشید تبخیر و پس از سرد شدن تقطیر می‌شود و قطرات حاصل عاری از هرگونه نمک یا مواد معدنی و ریزجاندار می‌باشد. اما باید به این نکته توجه داشت که مشکل عمده آب‌شیرین‌کن‌های معمولی، ظرفیت پایین و نیاز به فضای بسیار در آنها می‌باشد.

۴. تاریخچه استفاده

با توجه به اینکه انرژی خورشیدی به‌عنوان منبعی رایگان، در مناطقی که به آب شیرین نیاز دارند، با شدت تابش مناسب در دسترس است، استفاده از این منبع انرژی از جمله مناسب‌ترین گزینه‌ها برای تولید غیرمتمرکز آب شیرین است. استفاده از آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی پیشینه تاریخی زیادی دارد و شاید بتوان گفت که نخستین آب‌شیرین‌کن‌های ساخته دست بشر از نوع خورشیدی بوده است. این آب‌شیرین‌کن‌ها از نوع تقطیرکننده‌های خورشیدی مستقیم بوده‌اند که در آنها از انرژی خورشیدی مستقیماً برای تقطیر آب شور و استحصال آب شیرین استفاده می‌شده است. مشکلات عمده این سیستم‌ها، بازده کم، ظرفیت پایین، اشغال فضای نسبتاً زیاد و عدم امکان ذخیره‌سازی انرژی خورشید است. البته در سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای برای افزایش کارایی این روش صورت گرفته است. نوع دیگر آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی با نام آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی غیرمستقیم شناخته می‌شوند؛ در این گونه، ابتدا در یک بخش انرژی خورشید با تکنیک‌های مختلف جمع‌آوری و سپس در بخش دیگری تقطیر و شیرین‌سازی آب با استفاده از انرژی جذب‌شده

انجام می‌شود. به‌طور کلی، استفاده از آب‌شیرین‌کن‌ها در مناطق خشک و بیابانی مانند خاورمیانه و شمال آفریقا توسعه بیشتری داشته است. ایران نیز به دلیل شرایط اقلیمی خاص در سال‌های اخیر شاهد توسعه استفاده از آب‌شیرین‌کن‌ها بوده است. تا سال ۲۰۲۵ م حدود ۵۰ کشور به مجموعه کشورهای که در حال حاضر با بحران کم‌آبی مواجه‌اند اضافه خواهند شد. در این میان، کشورهای زیادی که دارای نواحی ساحلی طولانی هستند به چشم می‌خورد. کشورهایی چون کویت، قطر، بحرین، عربستان و امارت از جمله کشورهای هستند که در معرض این مشکل می‌باشند. با توجه به نفت‌خیز بودن این کشورها و درآمد حاصل از فروش نفت حدود ۹۵ درصد آب شیرین مصرفی این کشورها توسط تقطیر آب دریاها با استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. اما با توجه به افزایش قیمت نفت و آلودگی حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی جهت تأمین انرژی مورد نیاز آب شیرین، بسیاری از این کشورها توجه زیادی به تقطیر خورشیدی به‌عنوان گزینه‌ای امیدبخش و سازگار با محیط زیست داشته‌اند و با این روش میزان تولید آب تازه مورد نیاز خود را افزایش داده‌اند. این کشورها با استفاده از انرژی خورشیدی به دلیل ارزان بودن این فناوری و ساده بودن آن بخشی از آب تمیز مورد نیاز خود را در مقیاس کم یا متوسط تولید می‌کنند. با این حال تقطیر خورشیدی حداکثر ۱۵ درصد بازده سوخت‌های فسیلی را دارد، اما استفاده از آن می‌تواند تا حدودی کمبود آب را جبران کند.

۵. شبیه‌سازی آب‌شیرین‌کن اضطراری

در این بخش سه مدل آب‌شیرین‌کن انفرادی مورد بحث قرار می‌گیرد. هر سه مدل مذکور با استفاده از نرم‌افزار سالی‌دورکس^۴ شبیه‌سازی شده‌اند.

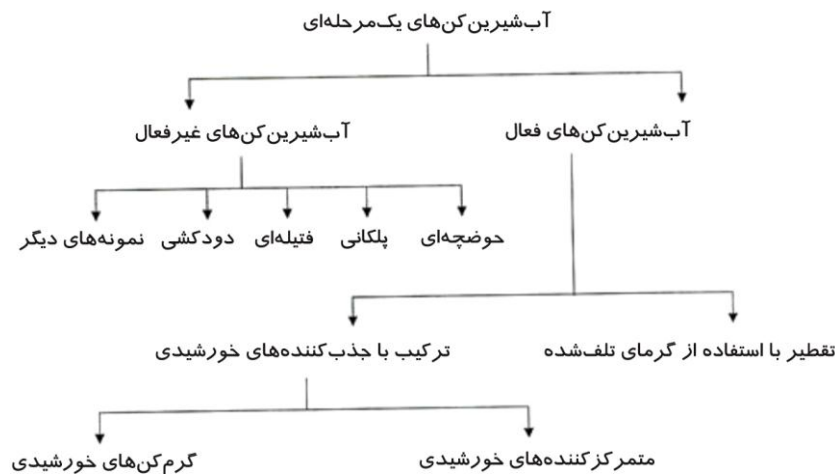
۵-۱. مدل اول

این مدل به شکل یک چادر می‌باشد. در این مدل صفحه جاذب یا سطح تیره که نور را جذب می‌کند به شکل یک

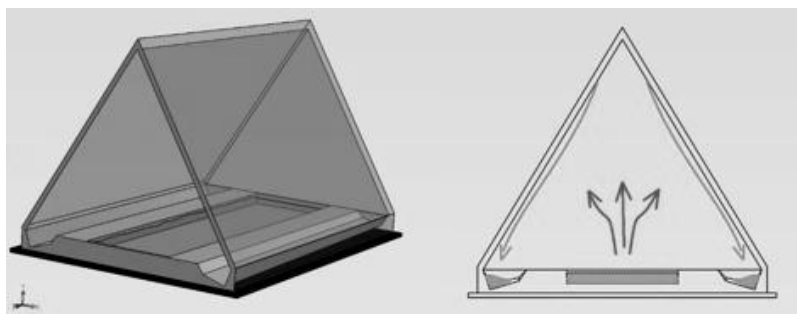


چادر است. بهترین ماده‌ای که هم نور را به خوبی جذب می‌کند و هم از لحاظ وزن بهینه است، پلاستیک می‌باشد که می‌توان آن را به عنوان صفحه جذب به کار برد. از طرفی، فرم پلاستیک‌های فشرده به گونه‌ای است که می‌توان آنها را به شکل‌های مورد نظر درآورد. در قسمت داخلی و کف این آب‌شیرین‌کن چسبیده به سطح داخلی یک کانال می‌باشد که آبی که روی بدنه می‌نشیند داخل آن جمع و از طریق مجرای خروجی خارج می‌شود. روش کار این آب‌شیرین‌کن به این شکل است که آب شور داخل ظرفی که در وسط آب‌شیرین‌کن قرار دارد ریخته می‌شود. سپس نور خورشید، که توسط سطح جذب جمع‌آوری می‌شود، سبب گرم شدن آب می‌شود و دمای آب بالا می‌رود و کم‌کم آب شروع به تبخیر می‌کند. وقتی آب بخار شد، بخار بر سطح جذب می‌نشیند و به مایع تبدیل می‌شود و به

آرامی روی سطح جذب حرکت می‌کند تا در نهایت داخل کانال جمع‌آوری شود و به این طریق آب شیرین می‌شود. از جمله مزایای این آب‌شیرین‌کن‌ها این است که به دلیل شکل خاصشان، نور خورشید را از زوایای بیشتری جذب می‌کنند و دمای آب را سریع‌تر بالا می‌برد و برخلاف انواع دیگر لازم نیست که نسبت به خورشید در زاویه خاصی قرار داده شوند. از معایب این دستگاه نیز می‌توان به این نکته اشاره کرد که چون استفاده از این سیستم برای کاربردهای انفرادی است، بهتر است شکل ساده‌تری داشته باشد؛ چون فرم ویژه آن سبب می‌شود حمل و نقل و جابه‌جا کردن آن دشوار باشد. از دیگر معایب این آب‌شیرین‌کن این است که وقتی بخار بر سطح فوقانی آن تقطیر می‌شود ممکن است قسمتی از آب نتواند روی صفحه جابه‌جا و به درون کانال وارد شود و دوباره به درون ظرف آب شور ریخته شود.



شکل ۱. تقسیم‌بندی آب‌شیرین‌کن‌های یک‌مرحله‌ای



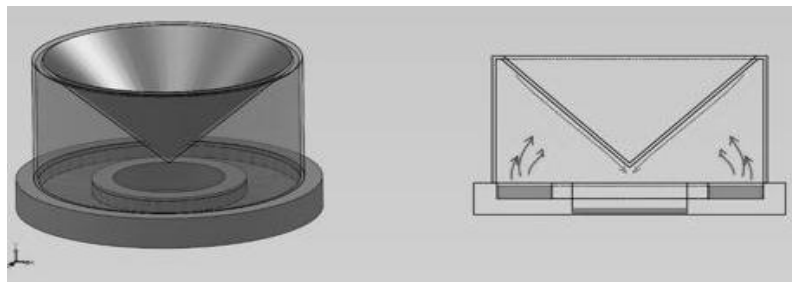
شکل ۲. مدل اول ارائه‌شده جهت آب‌شیرین‌کن اضطراری

۲-۵. مدل دوم

در مدل دوم، فرم کلی آبشیرین کن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است؛ یک قسمت سطح خارجی آن است که به صورت یک استوانه می باشد و قسمت دوم آن که در نقش صفحه جاذبی است به شکل یک مخروط که به گونه ای در بالای استوانه قرار داده می شود که قاعده آن منطبق بر مقطع استوانه باشد و نوک مخروط آن به سمت داخل استوانه. در قسمت داخلی استوانه و درست زیر نوک مخروط ظرف جمع کننده آبشیرین کن قرار دارد و در اطراف آن آب شور ریخته می شود. بهترین ماده ای که می توان برای جنس مخروط و صفحه جاذب انتخاب کرد مطابق مدل اول پلاستیک فشرده است؛ چون هم وزن کمی دارد و هم خاصیت شکل پذیری آن بالاست. در ضمن برای قسمت استوانه ای باید از ماده ای استفاده کرد که هم حرارت را در خود نگه دارد و هم وزن زیادی نداشته باشد. سازوکار این آبشیرین کن به گونه ای است که نور خورشید از طریق صفحه جاذب بر آب شور متمرکز می شود و دمای

آن را بالا می برد و کم کم آب بخار می شود و این بخارها روی صفحه جاذب تقطیر می شوند. سپس به سمت نوک مخروط حرکت می کنند و از طریق نوک مخروط به داخل ظرفی که محل جمع آوری آب شیرین است جمع می شوند. از جمله مزایای این آبشیرین کن نسبت به مدل قبلی می توان به وزن کمتر و حمل و نقل و جابه جایی راحت تر آن اشاره کرد. همچنین طراحی آن نسبت به مدل های قبل ساده تر است. معایب آن نیز عبارتند از:

۱. با توجه به شکل خاص آن، نور خورشید نمی تواند از جهت های مختلف به آن بتابد و به همین دلیل بازده آن مقداری پایین می آید. بهترین حالت برای جذب نور در این آبشیرین کن زمانی است که خورشید به صورت مستقیم می تابد.
۲. وقتی آب بخار می شود، مقداری از آن روی جداره قسمت استوانه ای تقطیر می شود و علاوه بر اینکه بازده دستگاه را پایین می آورد، سبب خوردگی جداره دستگاه می شود.



شکل ۳. مدل دوم ارائه شده جهت آبشیرین کن اضطراری

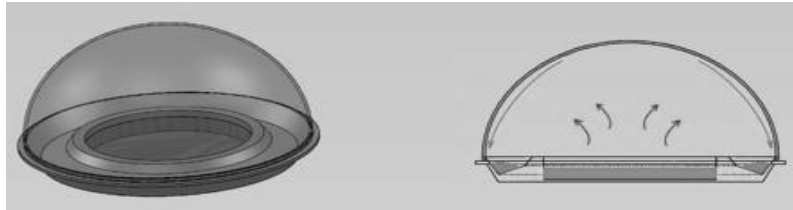
۳-۵. مدل سوم

در مدل سوم شکل کلی آبشیرین کن به صورت یک نیم کره است. در سطح داخلی این نیم کره و چسبیده به جداره داخلی و در کف آن کانالی وجود دارد که دور تا دور محیط دایره کف آبشیرین کن را فرا گرفته است و محل جمع آوری آبشیرین کن می باشد و در اطراف این مجرا آب شور قرار داده می شود. سازوکار این آبشیرین کن به این شکل است که نور خورشید توسط سطح جاذب، که همان

پوشش خارجی نیم کره بوده و بهتر است از پلاستیک فشرده باشد، روی آب شور متمرکز می شود و باعث می شود که دمای آب بالا رود و بخار شود. سپس بخار بر سطح داخلی این نیم کره تقطیر می شود و روی سطح داخلی حرکت می کنند تا در داخل مجراهایی که در کف آبشیرین کن قرار دارند، جمع شوند. از جمله مزایای این آبشیرین کن عبارت است از:

تقریباً تمام آب تقطیر شده وارد مجراها می‌شود و مقدار هدررفت آب بسیار کم است.
 ۳. طراحی این آب شیرین کن نسبت به دو مورد قبلی راحت تر بوده و هزینه کمتری می‌خواهد و بازده بالاتری هم دارد.

۱. با توجه به شکل این آب شیرین کن، نور خورشید را از تمام زوایا دریافت می‌کنند و نیازی ندارد که در زاویه خاصی نسبت به خورشید قرار داده شود.
 ۲. برخلاف مورد دوم، که مقداری از بخار آب روی بدنه تقطیر می‌شود و هدر می‌رود، در این مورد



شکل ۴: مدل سوم ارائه شده جهت آب شیرین کن اضطراری

۶. نتیجه گیری

آب شیرین کن‌های موجود بازده بالاتری داشته و برای موارد اضطراری مناسب باشند. چون آب شیرین کن‌های اضطراری می‌بایست به صورت تکی باشند، سعی شد سه نوع آب شیرین کن معرفی و روند کار هر یک به طور جداگانه تشریح گردد.

در این مقاله ضمن معرفی انواع آب شیرین کن، سعی شد موارد استفاده هر کدام بیان گردد و به صورت جداگانه معایب و نقاط ضعف هر یک مطرح و با هم مقایسه شود. در پایان نمونه‌هایی از آب شیرین کن‌ها بر اساس نمونه‌های موجود طراحی و معرفی شد که هم نسبت به

۷. مآخذ

- [۱] حاج سقطی، اصغر، اصول و کاربرد انرژی خورشیدی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۵.
- [۲] محمودی، هادی، شهر خورشیدی و انرژی های نو، ۱۳۸۳.
- [۳] صابری فر، رستم، پتانسیل بهره‌مندی از انرژی خورشیدی، اقتصاد انرژی، انرژی‌های خورشیدی، ۱۳۸۹.
- [۴] دلفانی، شهرام، آب شیرین کن‌های خورشیدی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۹۰.
- [۵] خدایی، علیرضا، لزوم استفاده از آب شیرین کن‌های خورشیدی، ۱۳۹۳.
- [۶] ببران. ص. "بحران وضعیت آب در جهان و ایران"، فصلنامه راهبرد، ۱۳۸۷.
- [7] Henthorne, L. "The current state of desalination." International dealination associatin accessed, 2009.
- [8] Kalogirou, S.A. "Solar thermal collectors & application. Progress in Energy and combustion science." 2004.
- [9] Delyannis, E. Status of solar Assisted Desalination: a review." J. Desalination, Vol.67, 1978.
- [10] Ahmadzadeh, J. "Solar Earth Water still." Solar Energy, Vol.20, 1988.

پی‌نوشت

1. solar still
2. basin solar still

3. tube solar still
4. Solidworks

