مقدمه

تحقیقات و اختراعات و بهره گیری از انرژی های مختلف، از اساسی ترین و مهمترین گامهایی هستند که انسانها در طول تاریخ در راه پیشرفت جوامع خود برداشته اند. رشد علم و صنعت و فن آوری در جهان امروز، روشهای مختلف استفاده از انرژی را که در دوران قبل از انقلاب صنعتی معمول بوده دگرگون کرده، و شناخت منابع انرژی های جدید، تحولی عظیم در توسعه صنعتی و تکامل اجتماعی بشر به وجود آورده است.

خورشید عامل و منشأ انرژی های گوناگونی است که در طبیعت موجود است از جمله: سوختهای فسیلی که در اعماق زمین ذخیره شده اند، انرژی آبشارها و باد، رشد گیاهان که بیشتر حیوانات و انسان برای بقای خود از آنها استفاده می کنند، مواد آلی که قابل تبدیل به انرژی حرارتی و مکانیکی هستند، امواج دریاها، قدرت جزر و مد که براساس جاذبه و حرکت زمین بدور خورشید و ماه حاصل می شود، اینها همه نمادهایی از انرژی خورشید هستند. انرژی هسته ای را می توان یک استثناء کلی دانست، با اینکه امروزه یکی از منابع مهم تولید انرژی در جهان شناخته شده است. انرژی اتمی احتیاج به فن آوری بسیار پیشرفته و پرهزینه دارد که در موقع استفاده از آن، خطرات احتمالی و مضرات آنرا نیز باید مدنظر داشت. با مطالعه در تاریخ انسانها، مشاهده می شود که انرژی قابل استفاده برای انسان نخستین، تنها قدرت بدنی او بود. مدتها گذشت تا توانست با رام کردن حیوانات و به خدمت گرفتن سایر انسانها و همچنین سوزاندن درختان، احتیاجات خود را برطرف کند. بالاخره انسان با دستیابی به منابع سوختهای فسیلی مثل ذغال سنگ و نفت و گاز قدرت مادی خویش را به طرز بیسابقه ای افزایش داد.

استفاده از قدرت باد در آسیابها و توربین ها، و کشتیرانی و بکارگیری انرژی آب در چرخها و توربینهای آبی، پس از گسترش معمولمات علمی و فن آوری بشر امکان پذیر شد.

دستیابی به قوانین فیزیکی و اصول علمی انرژی های مختلف و نحوه استفاده های گوناگون از آنها، زندگی بشر را راحت تر و طرز فکر او را متوجه مادیات ساخت.
وابستگی شدید جوامع صنعتی به منابع انرژی بخصوص سوختهای نفتی و بکارگیری و مصرف بی رویه آنها، منابع عظیمی را که طی قرون متمادی در لایه های زیرین زمین تشکیل شده است تخلیه می نماید. با توجه به اینکه منابع انرژی زیرزمینی با سرعت فوق العاده ای مصرف می شوند و در آینده ای نه چندان دور چیزی از آنها باقی نخواهد ماند، نسل فعلی وظیفه دارد به آندسته از منابع انرژی که دارای عمر و توان زیادی هستند روی آورده و دانش خود را برای بهره برداری از آنها گسترش دهد.

خورشید یکی از دو منبع مهم انرژی است که باید به آن روی آورد زیرا به فن‌آوری‌های پیشرفته و پرهزینه نیاز نداشته و می تواند بعنوان یک منبع مفید و تأمین کننده انرژی در اکثر نقاط جهان بکار گرفته شود. بعلاوه استفاده از آن برخلاف انرژی هسته ای، خطر و اثرات نامطلوبی از خود باقی نمی گذارد و برای کشورهائیکه فاقد منابع انرژی زیرزمینی هستند، مناسبترین راه برای دستیابی به نیرو و رشد و توسعه اقتصاد می باشد.
ایران با وجود اینکه یکی از کشورهای نفت خیز جهان بشمار می رود و دارای منابع عظیم گاز طبیعی نیز می باشد، خوشبختانه بعلت شدت تابش خورشید در اکثر مناطق کشور، اجرای طرحهای خورشیدی الزامی و امکان استفاده از انرژی خورشید در شهرها و شصت هزار روستای پراکنده در سطح مملکت، می تواند صرفه جویی مهمی در مصرف نفت و گاز را به همراه داشته باشد.
فن آوری ساده، آلوده نشدن هوا و محیط زیست و از همه مهمتر ذخیره شدن سوختهای فسیلی برای آیندگان، یا تبدیل آنها به مواد و مصنوعات پر ارزش با استفاده از تکنیک پتروشیمی، از عمده دلایلی هستند که لزوم استفاده از انرژی خورشید را برای کشور ما آشکار می سازند.

تبدیل انرژی خورشید بهر شکلی مطلوب می باشد ولی امکانات اقتصادی طرحهای مختلف باید دقیقاً سنجیده شوند. امروزه استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای گرم کردن منازل، از لحاظ فن آوری امکانپذیر می باشد. از نظر اقتصادی نیز بعلت افزایش روزافزون قیمت سوختهای فسیلی و سایر منابع انرژی و تلاش متخصصین در کاهش هزینه مواد اولیه و لوازم مورد نیاز برای جمع آوری حرارت و پرتوهای خورشیدی محققین و دانشمندان را در جهت مطالعه و بهینه سازی سیستمهای خورشیدی تشویق نموده و به پیشرفتهای مهمی نیز دست یافته اند. مراکز و سازمانهای معتبر علمی و پژوهشی جهان نیز همه ساله سمینارها و کنفرانسهای مختلفی را در رابطه با مسائل انرژی، بخصوص انرژی خورشیدی تشکیل داده و تبادل اطلاعات از پژوهشهای جدید را ممکن می سازند. امید است در ایران نیز تشکیل چنین سمینارها و سخنرانیها، مردم را با روشهای استفاده از انرژی خورشیدی آشنا ساخته و کاربرد آنها را میسر سازد.

تاریخچه

شناخت انرژی خورشیدی و استفاده از آن برای منظورهای مختلف، بزمان ماقبل تاریخ باز می گردد شاید به دوران سفالیگری، در آن هنگام روحانیون معابد به کمک جامهای بزرگ طلائی سیقل داده شده و اشعه خورشید، جهت روشن کردن آتشدانهای محراب استفاده می کردند، و یا در دوران فراعنه مصر در دوره آمنوفیس سوم (سالهای ۱٤۱۹-۱٤٥٥ قبل از میلاد) بر اثر تابش خورشید بر مجسمه های ناطق، هوای داخل آنها گرم و مجسمه ها بصدا در می آمدند، همچنین بالای مقبره ممنن پسر آمنوفیس پرنده ای نصب کرده بودند که بوسیله تابش خورشید صبحگاهی، پرنده به صدا در می آمد.

مهمترین روایتی که در رابطه با استفاده از تابش خورشید بیان شده داستان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم (سالهای ۲۱۲-۲۸۷ ق-م) می باشد که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید. گفته می شود که ارشمیدس با نصب تعداد زیادی آئینه های کوچک مربعی شکل در کنار یکدیگر که روی یک پایه متحرک قرار داشته است اشعه خورشید را از راه دور روی کشتیهای رومیان متمرکز ساخته و باین ترتیب آنها را به آتش کشیده است. بهمین علت از ارشمیدس به عنوان بنیانگذار استفاده از تابش خورشید نام می برند درحالیکه منابع مصری قدیمیتر از آنست.

رومیان در تاریخ می نویسند که آنها مغلوب یک نیروی نامرئی شدند و اعتقاد پیدا کرده بودند که با خدایان در حال جنگ هستند. سوال این است که آیا ارشمیدس اطلاعات کافی درباره علم اپتیک داشته و یا از روش ساده ای برای متمرکز کردن اشعه خورشید در یک نقطه استفاده کرده است. گویا این دانشمند کتابی بنام آئینه‌های آتش‌زا نوشته بود ولی متأسفانه نسخه ای از آن جهت روشن شدن مطلب موجود نیست. شاید این کتاب در حمله ایکه چند سال بعد بوسیله رومیان انجام و باعث فتح

یونان گردید نابوده شده باشد زیرا که در این حمله رومیها خود ارشمیدس را هم کشتند.

حدود ۱۸۰۰ سال پیش از ارشمیدس شخصی به نام کیرچر (A.KIRCHER سال ۱٦۱۰-۱٦۸۰) شاهکار ارشمیدس را تکرار کرد و با استفاده از تعدادی آئینه، یک لنگرگاه چوبی را از فاصله دور آتش زد و ثابت کرد که داستان حقیقت دارد. در سال ۱٦۱۵ سالمون (SALMON DE CAUM) اهل فرانسه بیانیه ای راجع به موتور خورشیدی منتشر کرد. او با استفاده از تعدادی عدسی که در یک قاب نصب شده بودند اشعه خورشید را برروی یک استوانه فلزی سربسته که قسمتی از آن از آب پر شده بود متمرکز نمود. تابش خورشید باعث گرم شدن هوای داخل استوانه شده و با انبساط هوا، فشار داخل محفظه افزایش یافته و آب به بیرون رانده می شد. این وسیله با اینکه جنبه اسباب بازی داشت ولی در واقع برای ایجاد علاقه جهت استفاده از انرژی خورشید بی تأثیر نبود.

در قرن هیجدهم ناتورا اولین کوره خورشیدی را در فرانسه ساخت. بزرگترین کوره او از ۳٦۰ قطعه آئینه تخت کوچک تشکیل شده بود که هرکدام بطور مستقل اشعه خورشید را به یک نقطه متمرکز می کردند. این محقق کوره کوچکتری را نیز که از ۱٦۸ قطعه آئینه تشکیل شده بود در سال ۱۷٤۷ طراحی و تولید کرد و بوسیله آن یک تل چوبی را در فاصله ٦۰ متری آتش زد.

دستگاههای خوراک پز خورشیدی اولین بار بوسیله شخصی بنام (ICHELAS DE SAUCCER ۱۷٤۰-۱۷۹۹) ساخته شد، اجاق او شامل یک جعبه عایق شده با صفحه سیاهرنگی بود که قطعات شیشه ای درپوش آنرا تشکیل می دادند، اشعه خورشید با عبور از میان شیشه ها وارد جعبه شده و بوسیله سطح سیاه جذب و درجه حرارت داخل جعبه را به ۸۸ درجه سانتیگراد افزایش می داد.

آنتونی لاوازیه (۱۷٤۳-۱۷۹٤) خالق شیمی نوین برای کسب بیشترین انرژی از خالص‌ترین منبع حرارتی، تحقیقاتی در کوره های خورشیدی انجام داد و کوره ای

ساخت که برای تشکیل یک عدسی محدب این کوره از دو صفحه شیشه ای که بین این دو صفحه با الکل پر شده بود، استفاده نمود. عدسی مایع بقطر ۱۳۰ سانتیمتر و بفاصله کانونی ۳۲۰ سانتیمتر بود. چون قدرت انکسار این عدسی مایع برای بدست آوردن درجه حرارت زیاد در کانون آن موثر نبود، لاوازیه عدسی کوچک دیگری را در کانون آن قرار داد و با کوچکتر کردن فاصله کانونی موثر، این دستگاه قادر شد حتی پلاتنیوم را در دمای ۱۷٦۰ درجه سانتیگراد ذوب نماید.

بسمر (BESSMER- ۱۸۱۳-۱۸۹۸) پدر فولاد جهان حرارت موردنیاز کوره خود را با استفاده از انرژی خورشیدی تأمین کرد. در قرن نوزدهم تلاشهایی جهت تبدیل انرژی خورشیدی به دیگر فرمهای انرژی مثل تولید بخار و استفاده در موتورهای بخار انجام گرفت، در این سالها چندین موتور بخار خورشیدی ساخته شده و مورد آزمایش قرار گرفتند.

در سال ۱۸۷۸ موشو (MOUCHOT) اولین کلکتور خورشیدی با متمرکز کننده مخروطی شکل را طراحی کرد. آئینه های داخل مخروط تمام اشعه های خورشیدی را در نقطه ای در وسط مخروط ناقص که جذب کننده ای در آنجا نصب شده بود متمرکز می کرد.

این کلکتور را اکسیکون (AXICON) می نامیدند. اولین اکسیکون بزرگی که ساخته شد شامل یک صفحه از جنس نقره با قطر ٥٤۰ سانتیمتر و بسطح ۱۸/۲ مترمربع بود. وزن آن با کلیه قسمتهای متحرک در حدود ۱٤۰۰ کیلوگرم بود و قدرت داشت ۷۸ درصد از انرژی خورشیدی تابیده شده را جذب کند. ولی از آنجا که در این طرح تابش خورشید بجای یک نقطه در یک سطح متمرکز می شد دارای شدت کمتری بود. قدرت تولیدی مخروط ناقص موشو برای راه اندازی ماشین بخاری بقدرت ۱/٥ کیلووات کافی بود که تقریباً ۳٪ از انرژی جذب شده را تحویل می داد در صورتیکه ماشینهای بخار ذغال سنگی قادر به تحویل ۹٪ تا ۱۱٪ انرژی دریافتی می باشند. طی

سالهای بعد، انرژی اخذ شده از خورشید، در واردی نظیر تأمین قدرت ماشینهای چاپ و یا تقطیر و شیرین کردن آب استفاده گردید.

اریکسون مبتکر سیکل موتور هوای گرم، قدرت موردنیاز آزمایشات خود را بوسیله یک متمرکز کننده پارابولیک دریافت می کرد، این شخص با یک سطح انعکاسی برابر با ۹/۳ مترمربع در حدود ۰/۷ کیلووات انرژی دریافت می کرد.

در سال ۱۸۸۰ اولین کلکتور تخت خورشیدی بوسیله چارلز تلی یر (TELIER) ساخته شد.

در سال وستر (E-wester) پیشنهاد استفاده از انرژی خورشیدی در ترموکوپلها را ارائه داد. باین ترتیب که با متمرکز کردن انرژی خورشیدی برروی ترموکوپل و با استفاده از اساس کار آنها و با ایجاد منابع گرم و سرد، انرژی الکتریکی در دو سر سیمهای نیکل و آهن ایجاد نمود.

در قرن نوزدهم دستگاههای آب شیرین کن خورشیدی رواج پیدا کردند و دستگاههایی ساخته شدند که قادر بودند در روزهای آفتابی روزانه حدود ۲۰۰۰۰ لیتر آب مقطر تولید نمایند.

در قرن بیستم (قرن حاضر) استفاده از کلکتورها جهت تولید بخار در نیروگاههای برقی مورد توجه زیاد قرار گرفته است. گرم کردن ساختمانها با استفاده از انرژی خورشید، ایده تازه ای بود که در سالهای ۱۹۳۰ مطرح و در یک دهه به پیشرفتهای قابل توجهی نائل آمد.

اولین خانه خورشیدی در انستیتو تکنولوژی ماساچوست آمریکا (MIT) در سال ۱۹۳۸ ساخته شد. پیشرفت در طراحی و ساخت خانه های خورشیدی و آبگرم کنها آنچنان سریع بود که تصور می شد تا سال ۱۹۷۰ گرمایش میلیونها خانه در کشورهای مختلف بوسیله انرژی خورشید تأمین خواهد شد اما نه تنها چنین نشد آمار نشان می دهد که گرمایش خورشیدی در سالهای ۱۹۷۰ نسبت به سال ۱۹۵۵ کمتر هم شده بود.

علت چه بود؟

بالابودن هزینه اولیه چنین سیستمها، و در عین حال عرضه نفت و گاز ارزان، سد راه پیشرفت این سیستمها شده بود. اما بحران انرژی در سال ۱۹۷٤ و از طرفی پیشرفت تکنیک ساخت کلکتورهای مختلف خورشیدی و احتمال کاهش و یا اتمام بعضی از منابع زیرزمینی، بار دیگر توجه جهانیان را به انرژی خورشیدی جلب کرده و تلاشهای زیادی در اکثر کشورهای مختلف جهان، در جهت تکامل و پیشرفت این تکنیک صورت می گیرد.

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستمهای مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره گیری می شود که اهم آنها عبارتند از:

۱- سیستمهای فتوبیولوژیک: تغییراتی که در حیات و زیست گیاهان و جانداران بوسیله نور خورشید و فتوسنتز ایجاد می گردد، فرآیند تجزیه کود حیوانات و استفاده از گاز آن.

۲- سیستمهای فتوشیمیایی: تغییرات شیمیایی در اثر نور خورشید- الکترولیزهای نوری- سلولهای فتوولتائیک الکتروشیمی- تأسیسات تهیه هیدروژن

۳- سیستمهای فتوولتائیک: تبدیل انرژی خورشید به انرژی الکتریکی- سلولهای خورشیدی.

٤- سیستمهای حرارتی و برودتی: شامل سیستمهای تهیه آبگرم- گرمایش و سرمایش ساختمانها- تهیه آب شیرین- سیستمهای انتقال و پمپاژ- سیستمهای تولید فضای سبز (گخانه‌ها)- خشک کنها و اجاقهای خورشیدی- سیستمهای سردسازی- برجهای نیرو- خشک کن های خورشیدی- نیروگاههای خورشید.

زمین و انرژی خورشید

مغز آدمی از روزیکه قدرت تفکر پیدا کرد در این اندیشه بود که زمین تا کجا ادامه دارد، چه چیز آنرا نگاه می دارد، و خورشید و ماه و ستارگان از چه ساخته شده اند، و مبدأ تمام این پدیده ها چیست؟

انسان تفکرات خود را بصورت نوشتجات مذهبی در آورده و قرنهاست که این نوشته‌ها بخشی از فرهنگ انسانها را تشکیل داده اند که اغلب ناشناخته مانده و لذا بسیاری از ما هنوز نمی دانیم که برخی از ملل باستانی در باب زمین و منظومه شمسی نظرات مسلمی داشته اند که امروزه هم کاملاً قابل قبول است.

ارسطو نخستین کسی است که گردش زمین و دیگر سیارات را بدور خورشید پیشنهاد کرد ولی منجمان نظر وی را نپذیرفته و آنرا مردود شناختند تا اینکه پس از دو هزار سال شخصی بنام کپرنیک آنرا دوباره پیشنهاد کرد. مردم یونان و حتی قبل از آنها عیلامیها شکل و اندازه زمین را می دانستند و بر علت کسوفهای خورشید نیز آگاه بودند.

پس از مدتی منجم دانمارکی (تیکوبراهه) حرکت مریخ را از رصدخانه خود در جزیره ای در بالتیک زیر نظر قرار داد. نتیجه مشاهدات او نشان می داد که مریخ و دیگر سیارات برروی مدارهای بیضی بدور خورشید می چرخند. هنگامیکه نیوتن قانون گرانش عمومی و قوانین حرکت را بیان داشت توصیف صحیحی از منظومه شمسی به دست می آمد. همین موضوع افکار بعضی از دانشمندان بزرگ و ریاضی دانان را در قرون بعدی مشغول ساخت.

متأسفانه توصیف مبدأ منظومه شمسی مسئله ای بسیار مشکلتر از مسائل حرکات آن در آسمانست. موادی که از ساختمان زمین و خورشید می شناسیم با آنچه که در اصل در کار بوده است شاید تا حدی متفاوت باشند. فهم و درک روشنی از شرایطی که این مواد و مصالح چگونه با هم مجتمع شده اند مستلزم آنست که اطلاعاتی درباره بعضی مباحث علمی جدید از قبیل تئوری گازها، ترمودینامیک، رادیواکتیویته

و تئوری کوانتم بدست آورده باشیم. بهمین علت تعجبی نیست که تا قرن بیستم پیشرفتهای غیرمحسوسی در این زمین حاصل شده باشد.

با اینکه حدود ۷۰ سال پیش هارولد جفریز احتمال جداشدن ماه از زمین را بیان کرد نظریاتی در باب مبدأ منظومه شمسی پیشنهاد گردید که حاکی از جداشدن زمین و دیگر سیارات از خورشید بود.

همچنین نظر دادند که ستاره دیگری از نزدیک خورشید گذشته و یا با آن تصادف کرده و از این اتفاقات کیهانی، مواد مجزا و آزادی بوجود آمده که پس از چسبیدن بیکدیگر، سیارات را تشکیل داده اند. چنین تصوری درباره منظومه شمسی تا به امروز تقریباً صحیح تلقی شده است.

نظریه دیگر اینست که جرمهای عظیمی از گرد و غبار و گاز باندازه کافی متراکم و فشرده شده اند، نیروی جاذبه سبب فروریختن تمام این جرم متراکم گشته، فشار و درجه حرارت درونی آنها بحدی رسیده که فعل و انفعال حرارتی را در هسته اتم برانگیخته است.

احتمال اینکه ستاره ای مثل خورشید بدین کیفیت تشکیل شده باشد منطقی بنظر می‌رسد و در عین حال ممکن است باندازه کافی مواد بجا مانده باشد که یک منظومه شمسی نیز ساخته شود.

واقعاً زمین و خورشید و دیگر سیارات به چه طریق تشکیل یافته اند؟ چون اطلاعات دقیقی از آن زمانها نداریم پس هر نظری در این مورد بیان شود می تواند صحیح تلقی شود، ولی تنها نظریاتی را که با قوانین فیزیکی و حقایق مشهود، سازگار باشد می توان محتمل دانست.

کوپیر چنین احتمال می دهد که جرم اولیه گرد و غبار بقسمتهای متمایزی تقسیم شده که یک قسمت خورشید و قسمتهای دیگر سایر سیارات را تشکیل داده اند. سیاراتی که نخست تشکیل شده و سیارات زمینی نامیده شده اند عبارتند از: عطارد- زهره- زمین، مریخ که گازهای خود را از دست داده اند. سیارات غول پیکر، مشتری و زحل،

گازها و حتی بیشتر هیدروژن و هلیم خود را نگاه داشته اند. اورانس و نپتون، بیشتر هیدروژن و هلیوم و متان خود را از دست داده ولی آب و آمونیاک و اندکی مواد فرار را نگاهداشته اند. تمام این کیفیات با چگالی کنونی سیارات نامبرده سازگاری دارند.

چگالی تعیین شده برای سیارات گوناگون عبارتند از: عطارد ٥-، زهره ٤/٤-، زمین ٤/٤-، مریخ ٣/٩٦ و ماه ٣/٣١- این اختلاف چگالی ها با اختلاف مقدار آهنی که در این سیارات وجود دارد متناسب است.

در مورد پیدایش خورشید فرضیه ای که بیشتر مورد قبول واقع شده، اینست که منشأ ایجاد خورشید توده های ابری شکل گازهایی هستند که تشکیل دهنده عمده آنها هیدروژن بوده است. در مرحله اول و در نتیجه نیروی جاذبه مرکزی، ذرات هیدروژن رویهم متراکم شده و در اثر تراکم، تصادم شدیدی بین ذرات هیدروژن بوجود آمده و در نتیجه افزایش بیش از حد فشار و دما، تحولات هسته ای پدید آمده و حاصل آن آزادشدن منابع عظیم انرژی بوده است.

گداخته شدن و تحولات هسته ای هیدروژن، اتمهای جدید هلیوم را پدید آورده که این گداخته شدنها و واکنشهای هسته ای در توده های ابری شکل گازها، تولد خورشید را باعث شده است.

اگر در نظر بگیریم که طبق برآورده های علمی، در حدود ٦٠٠٠ میلیون سال از زمان شروع به هیدروژن گدازی خورشید می گذرد در هر ثانیه ٤/٢ میلیون تن از جرم خورشید در تحولات هسته ای تبدیل به انرژی می شود شاید نگران تحلیل رفتن سریع سوخت این کوره هسته ای عظیم باشیم ولی اگر از میزان جرم خورشید که معادل $٢/٢*١٠^{٢٦}$ تن می باشد آگاه شویم متوجه خواهیم شد که نگرانی ما حداقل برای هزاران میلیون سال آینده بی مورد است.

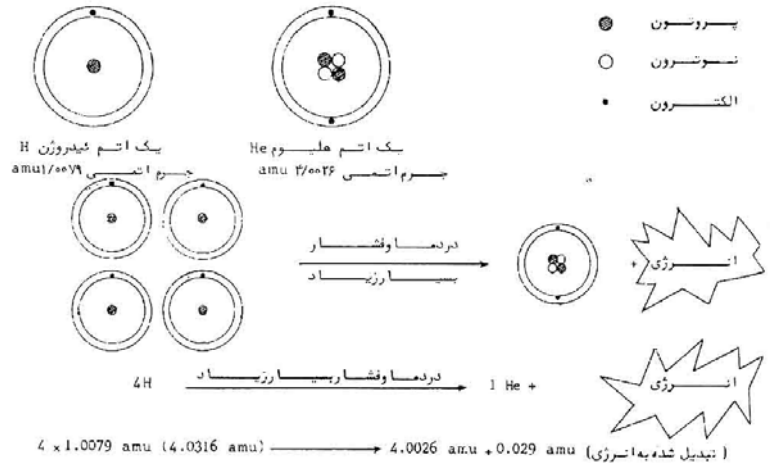
تحولات دما هسته ای در مرکز خورشید سبب تولید انرژی می گردد که بصورت تشعشعات الکترومغناطیسی و با فرکانس بسیار زیاد به فضای خارج خورشید تابیده می شود. تشعشعات الکترومغناطیسی را براساس فرضیه های علمی می توان به

ترکیبی از حوزه های مغناطیسی و امواج الکتریکی تعبیر کرد که این حوزه ها بسرعت در تناوبند و یا براساس تعبیر علمی دیگر، ذرات انرژی بنام فوتون را می توان ماهیت تشعشعات الکترومغناطیس دانست.

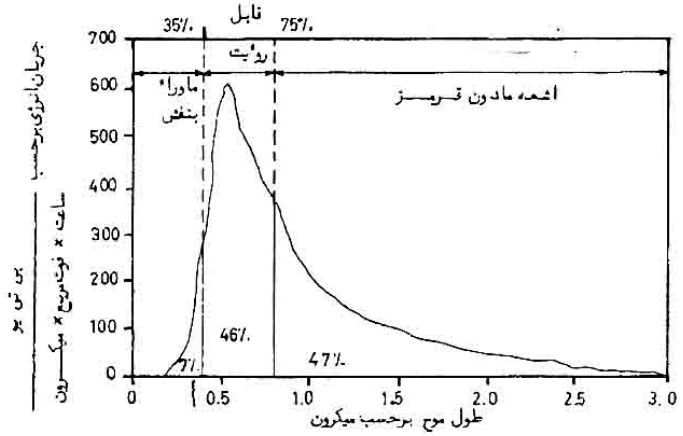
انرژی تشعشعی، در مرکز خورشید که حرارت آن بین ۱۰ تا ١٤ میلیون درجه سانتیگراد می باشد تولیدشده و از سطح خورشید که حرارت آن تقریباً معادل ٥٦۰۰ درجه سانتیگراد است بصورت امواج در فضا منتشر می شود. طول این امواج از مقادیر زیاد تا اندازه های بسیار کوچک مانند طول موج اشعه ایکس و گاما متفاوت بوده و با بار انرژی آنها رابطه معکوس دارد. بعبارت دیگر امواج پرانرژی تر دارای طول موج کوتاهتری هستند. هرچند که دامنه تنوع طول موجهای منتشره از خورشید بسیار وسیع است ولی قسمت اعظم انرژی آن، در طول موجهای مشخص و محدودی منتشر می شوند. نورهای قابل رؤیت بوسیله چشم انسان معادل ٤٦ درصد از کل انرژی صادره از خورشید تشکیل می دهند. این اشعه که دستگاه بینائی انسان نسبت به آن حساس است در طول موجهائی از ۰/۳۵ تا ۰/۷۵ میکرون پخش شده و شامل همه رنگهای آشنا به چشم انسان، از اشعه بنفش با طول موج ۰/۳۵ میکرون تا آبی- سبز- زرد- نارنجی و قرمز با طول موج ۰/۷۵ میکرون می باشند. (میکرون واحد اندازه گیری طول موج است که برابر یک هزارم میلیمتر می باشد) در حدود ٤٧ تا ٤٩ درصد از تشعشعات خورشیدی در طول موجهای مادون قرمز منتشر می شوند. تشعشعاتی که ما از آنها احساس گرما می کنیم در طول موجهای بیشتر از طول موج رنگ قرمز (بیش از ۰/۷۵ میکرون) پخش می شوند و بقیه اشعه خورشید در منطقه ماوراء بنفش و با طول موج کمتر از ۰/۳۵ میکرون منتشر می شوند. اصطلاحاً طول موج زیر ۰/۳ میکرون را موج کوتاه و بالاتر از آنرا طول موج بلند می پیمایند.

تمام امواج الکترومغناطیسی که از سطح خورشید پخش می شوند با سرعت حرکت نور یعنی ۳۰۰هزار کیلومتر در ثانیه فضا را می پیمایند. و زمین که در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتر از خورشید قرار گرفته است فقط یک جزء از ۲۰۰۰ میلیون جزء

انرژی خورشید را دریافت می کند و همین سهم بسیار کوچک، منبع تأمین انرژی تمام تحولات جوی و حیاتی بوده و گرداننده چرخهای زندگی در روی کره زمین می‌باشد.



شکل ۱- اتمهای هیدروژن و هلیوم و انرژی حاصله از آنها

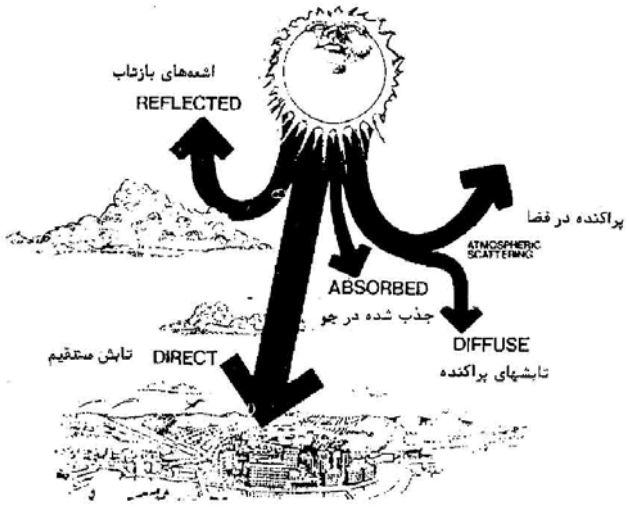


شکل ۲- تجزیه اشعه‌های خورشید

دهش انرژی خورشید که در خارج جو زمین می توان میزان آنرا تقریباً ثابت فرض نمود معادل ۱۳۵۳ وات بر مترمربع می باشد. این انرژی تقریباً معادل ۱/۹٤ کالری بر سانتیمتر مربع در هر دقیقه می باشد که آنرا کمیت ثابت خورشیدی می نامند.

بطوریکه اگر این مقدار ثابت فقط ۵ درصد تغییر کند میانگین درجه حرارت سالیانه زمین که حدود ۱۰ درجه سانتیگراد است ۳ درجه کاهش و یا افزایش خواهد یافت و تحولات ناشی از این تغییرات، یا سرما و یخبندان و محو زندگی در قسمت اعظم کره زمین خواهد شد و یا ذوب شدن کوههای عظیم یخهای قطبی و تبخیر سریع آب اقیانوسها و نزول بارانهای سیل آسا، حیات را در کره زمین بدان شکل که می شناسیم مختلف و شاید غیرممکن خواهد ساخت.

از مجموع تشعشعات خورشید که بوسیله زمین و جو آن دریافت می شود در حدود ۳۵ درصد آن مجدداً بفضای خارج از جو بازتاب می گردد.



شکل ۳- تجزیه انرژی خورشید در اتمسفر زمین

قسمت اعظم این بازتابی در جو زمین و در برخورد اشعه خورشید با ابرها و غبارهای جوی انجام می گیرد و بخش کمتری از آن، در سطح زمین در نتیجه انعکاس اشعه بوسیله آبها- برفها و سنگریزه ها حادث می شود. قسمتی از باقیمانده انرژی، در حین عبور از جو زمین، در اثر برخورد با ذرات هوا و غبار و بخار آب موجود در جو، بدفعات زیاد تغییر مسیر داده و پس از این برخوردها، بصورت تشعشعات پراکنده به سطح زمین و یا فضای خارج تابیده می شود. همچنین در

حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد انرژی تشعشعی دریافت شده از خورشید، بوسیله ذرات بخار آب- اکسید دو کربن و ازون موجود در جو زمین، جذب می شود. شکل (۳).
قابل توجه است که در طبقات فوقانی جو زمین، گاز ازون تقریباً تمام اشعه ماوراء بنفش را جذب می کند و این تصفیه اشعه از نظر سلامت زندگی انسانها حائز اهمیت فوق العاده ایست زیرا که اشعه ماوراء بنفش در پوست و چشم انسان تأثیرات بسیار نامطلوب دارد. بخار آب و اکسید دو کربن نیز در طبقات تحتانی جو زمین، اشعه مادون قرمز را جذب می کنند.
یکی از مهمترین عواملی که در تعیین میزان تشعشعات خورشیدی که به پوسته هزمین می رسد موثر می باشد، طول مسیری است که اشعه خورشید قبل از رسیدن به سطح زمین در جو طی می کند. در طول روز هنگامی که خورشید در اوج مسیر روزانه خود قرار می گیرد (ظهر خورشیدی) اشعه کمترین مسیر را در جو زمین طی کرده و بزمین می رسد، ولی هرقدر خورشید به افق نزدیک می شود (غروب آفتاب) مسیری که بوسیله اشعه در جو زمین پیموده می شود طولانی تر می گردد. هرچه این مسیر طولانی تر باشد میزان انرژی جذب شده و پراکنده شده در جو افزایش یافته و در نتیجه از مانده انرژی که بزمین می رسد کاسته می شود. بهمین دلیل در نقاط مرتفع بعلت کاسته شدن از ضخامت جو زمین، محتوای انرژی تشعشعی خورشید، از نقاط دیگر بیشتر است.

وضعیت انرژی در ایران

انرژی، نیروی اصلی و اساسی زندگی انسانها است. دوره های مختلف تمدن انسان، براساس کشفیات و اختراعات و بهره گیری از منابع انرژیهای گوناگون شکل گرفته اند. انرژی را می توان بعنوان بنیاد و اساس زندگی اجتماعی معرفی کرد.
پس از افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مسئله انرژی جدی تر بنگرند و این دید پس از افزایش مجدد قیمت نفت بعد از انقلاب

اسلامی ایران، وسعت بیشتری یافت. این مسئله به عنوان بحران انرژی و یا بحران احتراق نام گرفت و سرآغاز تحقیقاتی در زمینه صرفه جویی و یا بهینه سازی مصرف انرژی گردید.

این صرفه جوئی، در اولین مرحله تمامی سیاستگذاری های انرژی و جزء برنامه های کوتاه مدت قرار گرفت و در برنامه های میان مدت و بلند مدت مواردی مانند پیدا نمودن منابع جدید انرژی و منابع انرژی های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشید و باد و امواج و غیره در دستور کار قرار گرفت.

مهمترین نکته ای که برای مردم عادی در مورد صرفه جوئی در انرژی مطرح می‌گردد اینست که آیا این صرفه جویی تأثیری در استاندارد زندگی داشته و باعث پایین آمدن سطح آسایش آنها خواهد شد یا نه؟ جواب منفی است زیرا این عمل باعث می شود که ضمن حفظ استاندارد زندگی و سطح تولید ناخالص ملی، میزان انرژی مصرفی کاهش یابد. در واقع می توان از این موضوع تحت عنوان هرچه بهتر و با راندمان بیشتر از انرژی مصرف نمودن را نام برد که همان بهینه سازی مصرف انرژی می باشد. کشورهای صنعتی باین نتیجه دست یافته اند که با بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع و ساختمانها، می توان بین ۳۰ تا ٤٠درصد مصرف انرژی را کاهش داد.

با توجه به اینکه ایران یکی از ۱۵ کشور جهان از لحاظ مصرف بالای مواد نفتی بوده و در بین کشورهای اوپک بیشترین مصرف کننده اینگونه مواد می باشد. با توجه به آمار مربوط به میزان مصرف کشور، مصرف فرآورده های نفتی در سال ۱۹۷٦ و ۱۹۸۳ بترتیب معادل ٤۳۰۰۰۰ و ۸۷۱۰۰۰ بشکه نفت در روز بوده است که با درنظر گرفتن مصرف سال ۱۹۹۱ که حدود ۱۱۰۰۰۰۰ بشکه در روز بوده است، می توان گفت در زمانی که دنیای غرب با اعمال سیاستهای بهینه سازی مصرف انرژی، مصرف خود را پائین آورده است، ایران در کمتر از دو دهه مصرف فرآورده های نفتی خود را حدوداً سه برابر کرده است. درست است که مصرف انرژی باعث

بالارفتن رفاه و استاندارد زندگی می شود، اما باید دقت نمود که آیا می توان همواره این رشد مصرف را حفظ نمود؟ با عنایت به رشد مصرف بالای ٥درصدی در ایران به راحتی می توان مشاهده کرد که هر ١٠ سال مصرف انرژی ما دوبرابر می شود. با این روند و با توجه به افت فشار چاههای نفت و مشکلات حفاری و استخراج و سرمایه گذاری، آیا می توان امیدوار بود که بعد از دو دهه می توانیم نیازهای خود را مرتفع نمائیم و آیا تولید ما پاسخگوی نیازهایمان خواهد بود؟ و اگر هم باشد مازادی برای صدور نفت و بدست آوردن ارز خواهیم داشت؟

در بررسیهای بعمل آمده توسط بانک جهانی در سال ١٩٨٣، آمده است که چنانچه کشورهای درحال توسعه سیاستهای بهینه سازی مصرف انرژی را معمول می‌داشتند تا سال ١٩٩٠ می توانستند معادل ٤ میلیون بشکه نفت در روز یعنی حدود ١٥ درصد انرژی تجاری شان را صرفه جوئی نمایند. متأسفانه در این فاصله از طرف ایران اقدامی در این زمینه صورت نپذیرفته است ولیکن چنانچه برای دو برنامه پنجساله بعدی یعنی برای یک دوران ده ساله، با استفاده از سیاستهای بهینه سازی مصرف انرژی و بدون لطمه زدن به تولید و رفاه عمومی، حدود ٢٠درصد کاهش در مصرف بدست آید، منافع زیر عاید کشورمان ایران خواهد شد:

١- با احتساب مصرف بیش از یک میلیون بشکه معادل نفت در روز، سود ارزی حاصله بیش از یک میلیارد دلار در سال خواهد شد.

٢- کاهش آلودگی هوا که در شهرهای بزرگ مثل تهران به مرز خطرناکی رسیده است.

٣- صرفه جوئی در سرمایه گذاری در ساخت نیروگاهها، پالایشگاهها و سیستم گازرسانی به میزان میلیاردها دلار در سال

٤- طولانی شدن عمر ذخائر نفتی

٥- ایجاد اشتغال در کشور

ایران در مجموع کشوری است بسیار آفتابی و از نظر مقدار و دریافت انرژی خورشیدی در شمار بهترین کشورها محسوب می شود. انرژی فراوان و لایزال خورشید، بدون نیاز به شبکه های انتقال و توزیع عظیم و پرخرج، در سراسر کشور گسترده شده است. معماری سنتی ایران نشاندهنده توجه خاص ایرانیان در استفاده صحیح و مؤثر از انرژی خورشید در زمانهای قدیم می باشد. متأسفانه در حال حاضر و با وجود علوم و تکنولوژی جدید در کشور، استفاده از انرژی خورشید بسیار ناچیز است. چنین تصور می شود که وجود منابع عظیم نفت و گاز، و پائین بودن سطح علمی و فنی کشور باعث عدم پیشرفت در استفاده از انرژی خورشیدی شده است ولی بایستی توجه شود که:

۱- ارزش واقعی منابع فسیلی خیلی بیشتر از آنست که از نفت برای گرم کردن آب و یا گرمایش ساختمانها و اموری از قبیل آنها استفاده شود.

۲- منابع نفت و گاز روبزوالند و دیر یا زود این منابع تخلیه خواهند شد.

۳- در مواقع بحرانی مانند زمان جنگ که اختلالاتی در استخراج و تولید ایجاد می‌شود و یا در زمستان که بعلت بسته بودن راهها، امر توزیع مختل می گردد، مصرف کنندگان با کمبود شدید سوخت روبرو خواهد شد.

از طرفی می توان بصراحت اعلام کرد که سطح کنونی علمی و صنعتی کشورمان برای ایجاد و گسترش تکنیکی خورشیدی بحد کافی آمادگی دارند.

بنابراین اگر طرحهای خورشیدی معرفی شوند و علوم و فنون مربوطه ترویج یابند، صنایع خورشیدی کشور، می تواند بعنوان یک صنعت خودکفا وارد عمل گردد.

مهمترین نکته اینست که پژوهشگران و مخترعین و صنعتگران ایرانی باید طرحها و دستگاههائی را معرفی کنند که با شرایط جوی و علمی و فنی ایران مطابقت داشته و از نظر اقتصادی نیز مقرون بصرفه باشند.

منابع عمده انرژی که در حال حاضر در ایران مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:

نفت خام، گاز طبیعی، ذغال سنگ، پتانسیل آبی و انرژیهای غیرتجاری، در ایران ذخائر ثابت شده نفتی موجود در حدود ۳۹ بیلیون بشکه برآورد شده و مصرف داخلی حدود ۷۰۰هزار بشکه در رزو است. از آنجائیکه اقتصاد ما وابسته بصدور نفت می باشد لذا میزان صادرات، نقش عمده ای در مصرف ذخائر نفتی دارد. تا قبل از انقلاب، صادرات نفت ایران به مرز ٦ میلیون بشکه در روز هم رسیده بود که با توجه بمیزان ذخائر موجود در رشد مصرف داخلی، عمر ذخائر نفتی چیزی در حدود ۳۰ سال پیش بینی می شد.

خوشبختانه ایران از نظر ذخائر گاز طبیعی نیز ثروتمند بوده و میزان ذخائر را تا ۲۹۹ تریلیون فوت مکعب تخمین زده اند. در صورتیکه ذخائر گازی کشور فقط بمصرف داخلی برسد عمری در حدود ۲۰۰ سال و یا بیشتر برای آن پیش بینی می‌شود. ذخائر ذغال سنگ در ایران را حدود ٦ میلیون تن تخمین می زنند که فقط ۱۰ درصد آن ذخائر حتمی و اثبات شده می باشد و عمدتاً بمصارف صنعتی کشور می‌رسد.

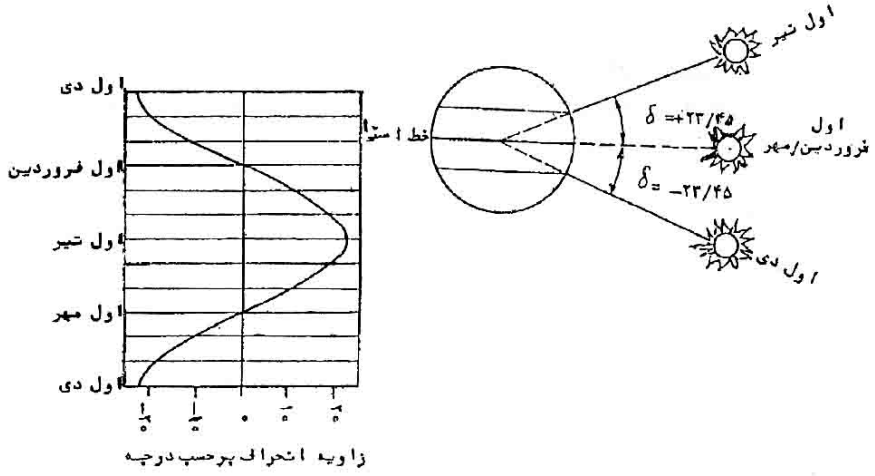
پتانسیل طبیعی آبی در حدود ۱۳۰۰۰ مگاوات می باشد که تاکنون ۱۰درصد آن مورد استفاده قرار گرفته است. منابع انرژیهای غیرتجاری شامل جنگلها و مراتع و بوته زارها و فضولات حیوانی است که براساس اطلاع، آمار دقیقی در این زمینه تهیه نشده است ولی بهرصورت حدود ۵۰درصد از مصرف عمده انرژی خانگی بخصوص در روستاها از این منابع تأمین می شود. برای مثال سهم این منابع در تأمین مصرف انرژی در سالهای ۱۳٤۱ و ٤٦ و ۵۱ بترتیب ۲۱درصد، ۹درصد و ۳/۵ درصد از مصرف کل بوده است.

ایران یک کشور کشاورزی است و حدود ۵۰درصد از جمعیت در روستاها زندگی می‌کنند. تأمین انرژی مصرفی در روستاها، برای ازدیاد تولیدات کشوری، و بالابردن سطح زندگی، و ایجاد صنایع محلی، نه تنها ضروری بلکه یک امر حیاتی است. در این خصوص انرژیهای نو و از آنجمله انرژی خورشید می تواند نقش اساسی را ایفا کند.

لازمست مصرف انرژی بخشهای مختلف، در شهرها و روستاهای کشور از قبیل مصارف خانگی، تجاری و صنعت و حمل و نقل مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و آمارهای دقیق براساس بافت اجتماعی و اقتصادی و سیاسی و اهداف جامعه و توسعه آینده کشور تهیه گردد البته دانشگاهها نیز می توانند در این مورد کمکهای ارزنده ای داشته باشند. امیداست در برنامه ریزیهای آتی کشور جهت تأمین انرژیهای لازم، سهم انرژی خورشیدی نیز تعیین و براساس آن اعتبار لازم برای اجرای طرحهای مفید خورشیدی تأمین گردد.

زوایای خورشیدی با جداول ترسیمی آنها

محوری که زمین در حول آن حرکت وضعی خود را انجام می دهد نسبت به صفحه افقی که از مرکز زمین و خورشید عبور می نماید دارای زاویه می باشد. زاویه ای که اشعه خورشید با صفحه استوا می سازد در ظهر خورشیدی زاویه میل خوانده می‌شود و مقادیر زاویه میل از ۲۳/٤٥- درجه در اول زمستان تا صفر درجه در اول بهار و پائیز و ۲۳/٤٥+ درجه در اول تابستان برای نیمکره شمالی تغییر می کند. تغییرات زاویه میل برحسب ماههای سال در شکل زیر نشان داده شده است.



زاویه انحراف – زاویه بین اشعه خورشید و صفحه استوا در ظهر خورشیدی

زاویه میل را با δ نشان می دهند و مقدار آن برای روزهای مختلف تغییر می کند و بوسیله فرمول زیر قابل محاسبه می باشد.

$$\delta = 23.45\sin(360\frac{284+N}{365})$$

که در رابطه فوق N عبارتست از روز سال نسبت به اول ماه ژانویه، مقادیر زاویه میل خورشید و مقدار رابطه زمان برای روزهای ۲۱ تیر ماه برای سال ۱۳٦٤ در جدول 1A، و همان مقادیر برای چند روز از ماههای سال ۱۹۷۷ در جدول 1B نشان داده شده اند.

تغییرات فصول و همچنین تغییرات تابش خورشید بر روی سطح زمین، و تغییرات در ساعات روشنائی و تاریکی، همه ناشی از تغییرات روزانه زاویه میل می باشند.

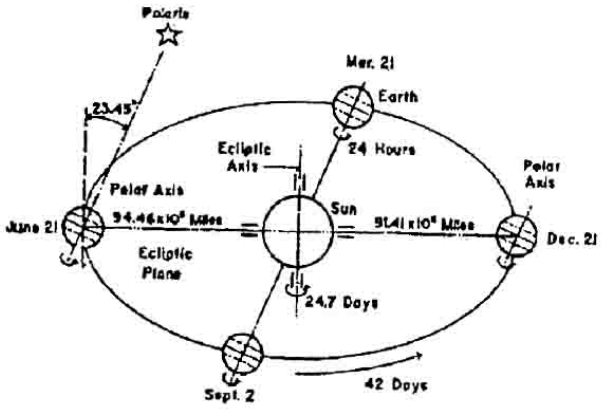
در صورتیکه شخصی در نقطه ای از سطح زمین در طول جغرافیایی (Lon) و عرض جغرافیایی (L) ایستاده باشد، خورشید را ملاحظه می کند که روزها از شرق طلوع کرده و در مغرب غروب می کند و طبق یک مدل معینی دور زمین گردش می کند ولی در واقع این گردش زمین است که مدل حرکتی خورشید را باعث می شود.

جدول 1A

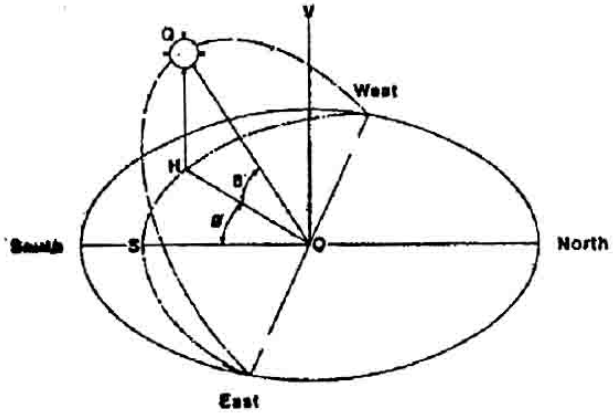
Mounth	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Day of the Year	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
Declination, degress	-19.9	-10.6	0.0	+11.9	+20.3	+23.45	+20.5	+12.1	0.0	-10.7	-19.9	-23.45
Equation of time,minutes	-11.2	-13.9	-7.5	+1.1	+3.3	-1.4	-6.2	-2.4	+7.5	+15.4	+13.8	+1.6
Solar noon	late			early		late				early		
A,Btuh/ft^2	390	385	376	360	350	345	344	351	365	278	387	391
B,Dimensionless	0.142	0.144	0.156	0.180	0.196	0.205	0.207	0.201	0.177	0.160	0.149	0.142
C,Dimensionless	0.058	0.060	0.071	0.097	0.121	0.134	0.136	0.122	0.092	0.073	0.063	0.057

جدول 1B

Mounth		Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Date													
Year Day		1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
1	Declination	-23.0	-17.0	-7.4	+4.7	+15.2	+22.1	+23.1	+17.9	+8.2	-3.3	-14.6	-21.9
	Eq of time	-3.6	-13.7	-12.5	-4.0	+2.9	+2.4	-3.6	-6.2	+0.0	+10.2	+16.3	+11.0
Year Day		6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
6	Declination	-22.4	-15.5	-5.5	+6.6	+16.6	+22.7	+22.7	+16.6	+6.7	-5.3	-16.1	-22.5
	Eq of time	-5.9	-14.2	-11.4	-2.5	+3.5	+1.6	-4.5	-5.8	+1.6	+11.8	+16.3	+9.0
Year Day		11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
11	Declination	-21.7	-13.9	-3.5	+8.5	+17.9	+23.1	+22.1	+15.2	+4.4	-7.2	-17.5	-23.0
	Eq of time	-8.0	-14.4	-10.2	-1.1	+3.7	+0.6	-5.3	-5.1	+3.3	+13.1	+15.9	+6.8
Year Day		16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
16	Declination	-20.8	-12.2	-1.6	+10.3	+19.2	+23.3	+21.3	+13.6	+2.5	-8.7	-18.8	-23.3
	Eq of time	-9.8	-14.2	-8.8	+0.1	+3.8	-0.4	-5.9	-4.3	+5.0	+14.3	+15.2	+4.4
Year Day		21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
21	Declination	-19.6	-10.4	+0.4	+12.0	+20.3	+23.4	+20.6	+12.0	+0.5	-10.8	-20.0	-23.4
	Eq of time	-11.4	-13.8	-7.4	+1.2	+3.6	-1.5	-6.2	-3.1	+6.8	+15.3	+14.1	+2.0
Year Day		26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
26	Declination	-18.6	-8.6	+2.4	+13.6	+21.2	+23.3	+19.3	+10.3	-1.4	-12.6	-21.0	-23.4
	Eq of time	-12.6	-13.1	-5.8	+2.2	+3.2	-2.6	-6.4	-1.8	+8.6	+15.9	+12.7	-0.5



حرکت سالیانه زمین بدور خورشید



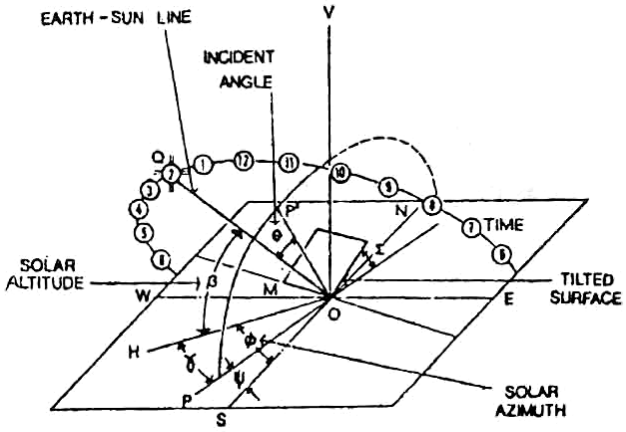
حرکت خورشید از طلوع تا غروب

موقعیت خورشید را می توان با زاویه فراز (β) نسبت بافق (زاویه HoQ) و اندازه زاویه سمت (ϕ) (زاویه Hos) در تصویر قائم (شکل بالا) نشان داد.

زاویه سمت در اثر تشعشعات عمودی سطح از نصف النهار محل، حاصل می شود (برای نقاط جنوبی زمین صفر- غربی منفی- و شرقی مثبت است).

در ظهر خورشیدی، خورشید دقیقاً روی نصف النهار زمین (خطی که شمال جنوب زمین را بهم وصل می کند) قرار می گیرد که در نتیجه زاویه ϕ برابر صفر گشته و زاویه (βN) برابر است با:

$$\beta_N = 90 - L + \delta$$



شکل ۶-۱- زوایای خورشید نسبت به سطح مورب

با توجه به اینکه حرکت روزانه زمین بدور خود و حرکت سالانه اش بدور خورشید طبق قاعده معین بوده و قابل پیش بینی می باشد لذا زاویه β و همچنین زاویه ϕ برای هر زمان موردنظر در طول و عرض جغرافیائی معین، و در روز مشخص قابل محاسبه و تعیین می باشد.

زاویه ساعت (H)

H عبارتست از زاویه ساعت که مبدأ اندازه گیری آن ظهر خورشیدی است و علامت جبری آن بطرف صبح مثبت و بطرف بعدازظهر منفی بوده و مقدار آن از ۱۸۰- درجه تا ۱۸۰+ درجه متغیر است:

H = (تعداد ساعات از ظهر خورشیدی) 15^0 درجه

= (تعداد دقایق از ظهر خورشیدی) / 4

زمان خورشیدی

زمان خورشیدی (AST) با ساعت محلی (LST) منطبق نمی باشد. از آنجائیکه خورشید در هر ٢٤ ساعت به میزان ٣٦٠ درجه حرکت می کند، (بازاء چرخش زمین)

گردش هر درجه طول جغرافیایی مدت ٤ دقیقه بطور می انجامد، برای بدست آوردن زمان خورشیدی (AST) می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$(AST) = LST + E + 4Min\ (LST.\ Meriadian - L_{Loc})$

که در آن E = رابطه زمان برحسب دقیقه (جدول 1A)

LST.M = مدار استاندارد برای ساعت محلی

L_{Loc} = طول جغرافیائی محل موردنظر

همچنین مقدار رابطه زمان را می توان از نمودار زیر برحسب دقیقه بدست آورد.

مثال: زمان خورشیدی را در ساعت ۱۱ صبح در روز ۲۱ جولای برای شهری با عرض جغرافیایی ۷۷ درجه تعیین کنید؟

حل:

مدار استاندارد در ساعت ۱۱ صبح برای شهر مذکور برابر است، $LST = 75^{o}$ مقدار رابطه زمان برحسب دقیقه برابر است با:

E=-6.2

AST=(11 – 6.2) + 4(75-77) = 10 : 45.8 AST = 10.76 h

مقدار زاویه ساعت (H) برای همان شهر از رابطه زیر بدست می آید:

$H = (12\text{-}10.76)\ 15 = 18.6$ درجه شرقی

برای بدست آوردن زاویه فراز (β) و همچنین زاویه سمت ϕ هنگامیکه مقادیر زاویه ساعت (H) عرض جغرافیایی (L) و زاویه میل (δ) مشخص باشند معادلات زیر قابل استفاده هستند.

$\sin \beta = \cos L \cos \delta \cos H + \sin L \sin \delta$

$\sin \phi = \cos \delta \sin H / \cos \beta$

زاویه برخورد

زاویه برخورد θ زاویه بین خط 'Op (واقع در صفحه تابش) و خط OQ (خط واصل بین زمین و خورشید) در تکنولوژی خورشید بسیار مهم است زیرا که این زاویه عامل بسیار مهمی در میزان شدت اشعه های تابشی به سطح بوده و توانایی سطح را برای جذب یا عبور و یا انعکاس اشعه های خورشیدی تعیین می کند. برای تعیین زاویه ϕ لازم است که زاویه ψ و زاویه γ معلوم باشند.

زاویه ψ (Pos) زاویه ایست که خط واصل شمال و جنوب So با خط Op (خط حاصل از تقاطع صفحه تابش با سطح افق مانند OM) می سازد (شکل بالا).

زاویه Hop زاویه γ نام دارد و زاویه ایست که اختلاف دو زاویه ϕ و ψ را نشان می‌دهد. برای سطوحی که رو به جنوبشرقی می باشند در صبح ها $\gamma=\phi-\psi$ و در بعد از ظهرها $\gamma=\phi+\psi$ می باشد. برای سطوحی که رو به جنوب غربی بوده باشد صبح ها $\gamma=\phi+\psi$ و بعد از ظهرها $\gamma=\phi-\psi$ خواهد بود. ضمناً برای سطوح رو به جنوب زاویه $\psi=0$ بوده و نتیجتاً برای تمام شرایط $\gamma=\phi$ می گردد. لازم بتذکر است که علامت γ و β و ϕ در معادلات مورد استفاده در این قسمت، مثبت می باشند.

برای سطحی با زاویه مورب Σ (که نسبت به افق اندازه گیری می شود) زاویه برخورد θ بین اشعه مستقیم خورشید و خطی برروی سطح مذکور بوسیله معادله زیر بیان می گردد.

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma \sin\Sigma + \sin\beta \cos\Sigma$$

بنابراین برای سطوح عمودی که $\Sigma=90^o$ است و $\sin\Sigma=1, \cos\Sigma=0$ می باشد می‌توان نوشت:

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma$$

و برای سطوح افقی که: $\Sigma=0^o, \sin\Sigma=0, \cos\Sigma=1$ می باشد بنابراین:

$$\theta H = 90^o - \beta \text{ deg}$$

مثال: برای صفحه ای با زاویه انحراف ۳۰ درجه نسبت به افق از محلی با عرض جغرافیایی ٤۰ درجه شمالی که رو به جنوب قرار گرفته در زمان 4.00 PM در تاریخ ۲۱ آگوست زاویه برخورد θ را محاسبه کنید؟

حل مثال: در ساعت ٤ بعدازظهر در روز ۲۱ اوت جدول شماره ۳ با عرض جغرافیایی ٤۰ درجه شمالی:

$B=30.7^o$ $\phi= 79.9^o$

و با استفاده از جدول شماره 1A مقدار $\delta=+12.1^o$

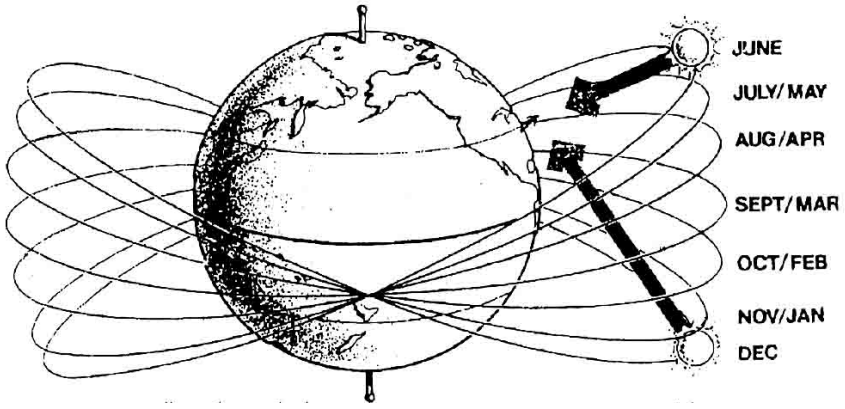
چون صفحه رو به جنوب است پس $\psi=0$ و از آنجا $\gamma = \phi = 79.9^o$ خواهد بود با بکار بردن رابطه مربوطه می توان نوشت:

$\cos\theta = \cos 30.7^o \cos 79.9^o \sin 30^o + \sin 30.7^o \cos 30^o$

$= 0.860 \times 0.175 \times 0.5 + 0.511 \times 0.866$

$= 0.075 + 0.443 = 0.518$

$\theta= 58.80^o$



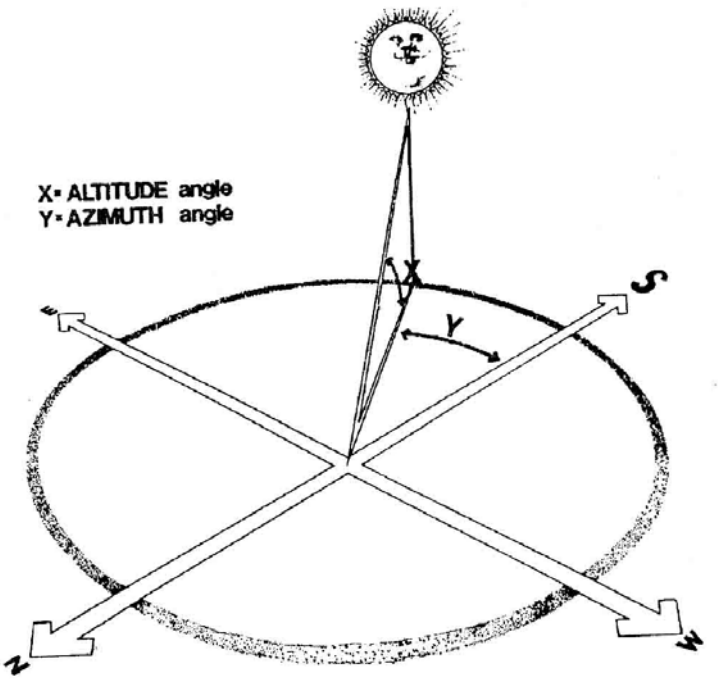
موقعیت خورشید نسبت به زمین در ماههای مختلف سال

جدول زیر زاویه انحراف (زاویه بین اشعه خورشید و صفحه استوا) را در روزهای بیستم هر ماه نشان می‌دهد.

20th of	Degrees
Jan.	-20
Feb.	-11
Mar.	0
Apr.	11
May	20
June	23
July	21
Aug.	13
Sept.	1
Oct.	-10
Nov.	-20
Dec.	-23

روشی که در این قسمت تشریح می شود موقعیت خورشید را نسبت به نقاط مختلف زمین در هر ساعت از روز و در هر روز از سال مشخص می کند و بما امکان می‌دهد که خود نمودار حرکت خورشید را ترسیم کنیم.

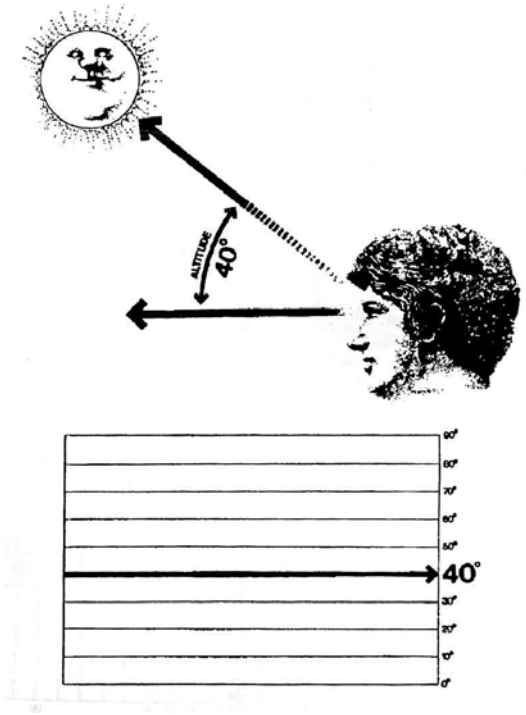
برای تعیین هر نقطه ای در فضا نسبت به صفحه افق، کافیست که مختصات آن نقطه مشخص باشند. در مورد خورشید و تعیین موقعیت آن در فضا، این مختصات را می‌توان با دو زاویه بیان کرد که یکی زاویه ارتفاع خورشید (X) و دیگری زاویه السموت (زاویه جهت خورشید) (Y) می باشند. شکل زیر موقعیت این دو زاویه را نشان می دهد.



زاویه ارتفاع (Altitude) و زایوه جهت نمای خورشید (Azimuth)

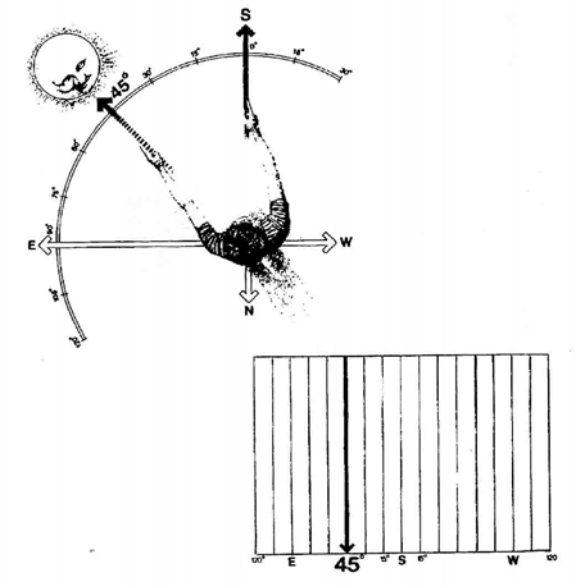
زاویه ارتفاع خورشید عبارت از زاویه اشعه خورشید نسبت به صفحه افق می باشد. خطوط افقی در جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید که با فواصل ده درجه رسم می شوند برای تعیین میزان همین زاویه ارتفاع خورشید بکار می رود. شکل زیر ارتفاع خورشید را با زاویه ٤٠ درجه و نمودار جدولی آنرا نشان می دهد.

زاویه السموت یا زاویه جهت خورشید زاویه ایست که از یکطرف به تصویر اشعه خورشید روی صفحه افق و از طرف دیگر به راستای شمال- جنوب محدود است.



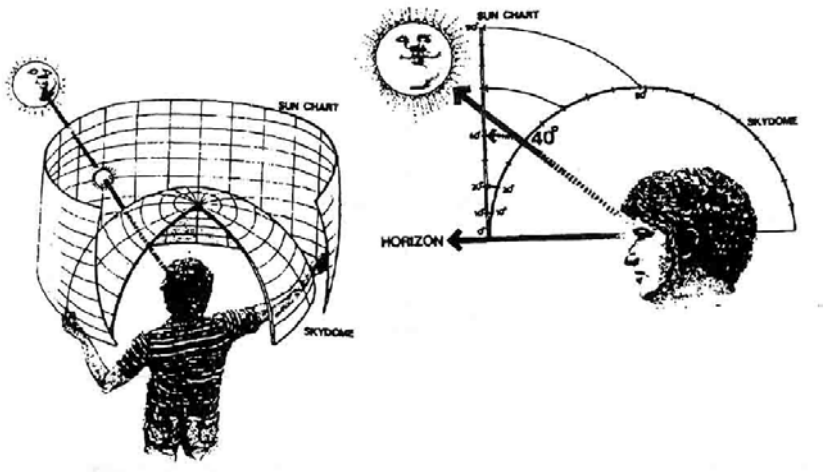
زاویه ارتفاع خورشید (Altiude) با نمودار مسیر حرکت روزانه

خطوط عمودی که برای جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید با فواصل پانزده درجه رسم می شوند جهت تعیین میزان این زاویه بکار می روند.



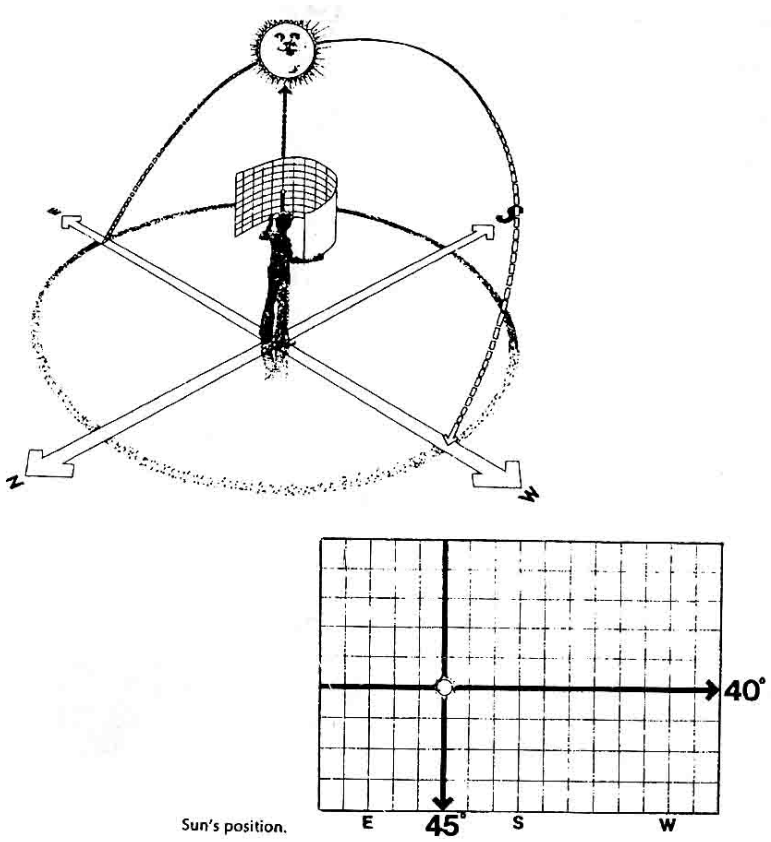
زاویه جهت نمای خورشید با نمودار مسیر حرکت روزانه (Azimuth)

اگر قسمت قابل رویت آسمان را که در سمت فوقانی صفحه افق قرار گرفته بصورت نیمکوه شمالی در نظر بگیریم و جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید را بصورت استوانه ای محیط بر این نیمکره فرض نمائیم و اگر شخص ناظر در صفحه افق و مرکز نیمکره قرار گیرد، نقاط تلاقی اشعه خورشید، سطح نیمکره شفاف در ساعات مختلف روز مسیر حرکت روزانه خورشید را بر سطح نیمکره ترسیم می‌نماید. گسترش سطح نیمکره و مدارها و نصف النهارهای آن بر روی جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید که در حقیقت صفحه مستوی بازشده از سطح استوانه ای شکل محیط بر نیمکره است بصورت خطوط افقی که شاخص زوایای ارتفاع خورشید در خطوط عمودی که نمایانگر زوایای جهت خورشید هستند منتقل شده و مسیر حرکت روزانه خورشید از سطح نیمکره برروی سطح مستوی جدول منعکس می شود.



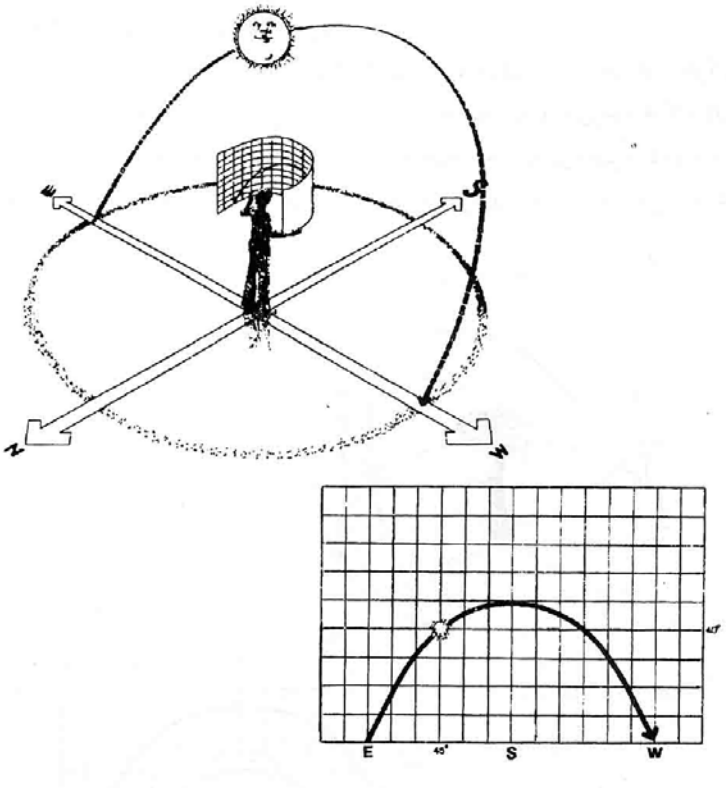
انعکاس مسیر حرکت روزانه خورشید از نیکره شفاف به سطح مستوی

با تعیین زاویه ارتفاع خورشید و زاویه جهت نمای خورشید در هر زمانی از روز موقعیت خورشید در آسمان را می توان در روی جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید مشخص کرد.



موقعیت خورشید روی جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید با تعیین دو زاویه

تعیین مسیر حرکت روزانه خورشید- پس از تعیین مواضع مختلف خورشید در ساعات متفاوت روز در روی جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید که بصورت نقاط مختلفی علامت گذاری می شود می توان با متصل کردن این نقاط به همدیگر، مسیر حرکت روزانه خورشید را بصورت نمودار در جدول مربوطه ترسیم کرد.

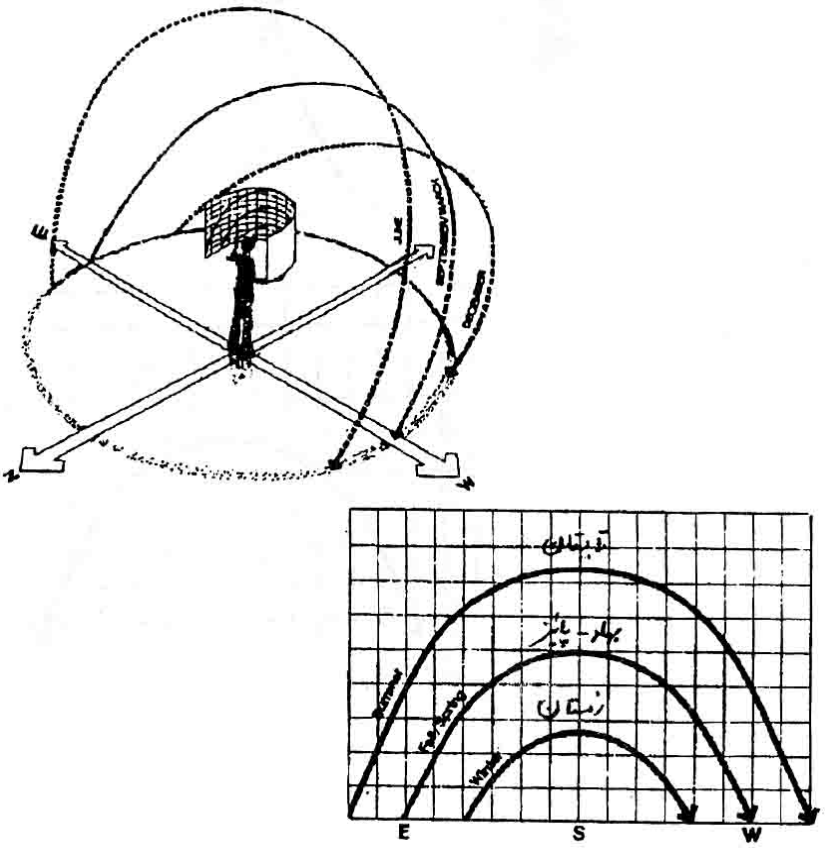


نقطه گذاری و ترسیم مسیر حرکت روزانه خورشید روی جدول نمودار روزانه

مسیر حرکت روزانه خورشید در ماههای مختلف سال

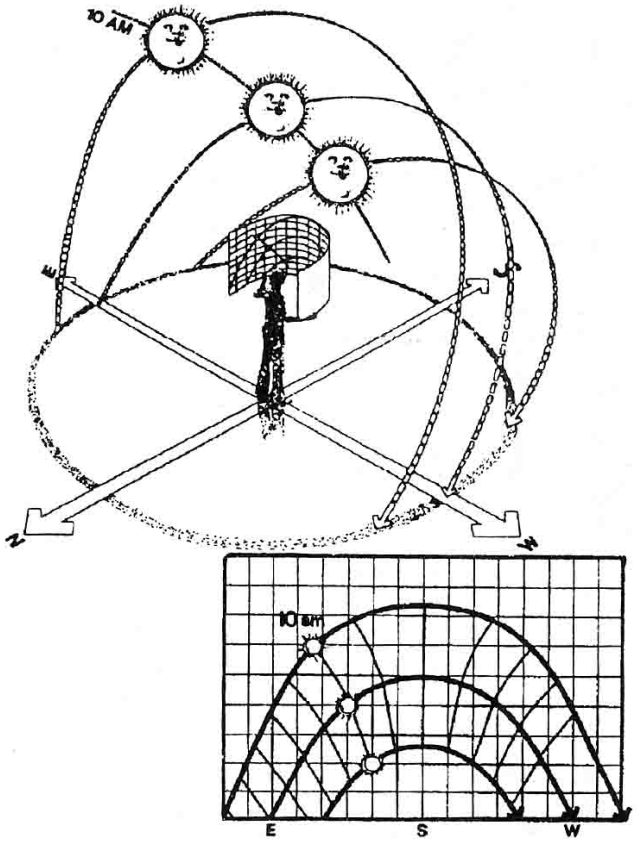
در صفحات گذشته روش ترسیم مسیر حرکت روزانه خورشید را در روزهای مختلف، فصول متفاوت روی جدول نمودار دیدیم که می توان آنرا برای هر اندازه از عرض جغرافیایی نیز ترسیم کرد. معمولاً جداولی که باین ترتیب تهیه می شوند این مسیر را برای روزهای اول هر ماه شمسی تعیین می کنند.

بطوریکه مشاهده می شود در ماههای تابستان مسیر حرکت روزانه خورشید طولانی تر و زاویه ارتفاع خورشید بیشتر بوده و همچنین زاویه جهت نمای خورشید هنگام طلوع و غروب آفتاب وسیع تر می باشد درصورتیکه در ماههای زمستان این مسیر کوتاهتر و ارتفاع خورشید کمتر و زاویه السموت خورشید در موقع طلوع و غروب بسته تر می باشد



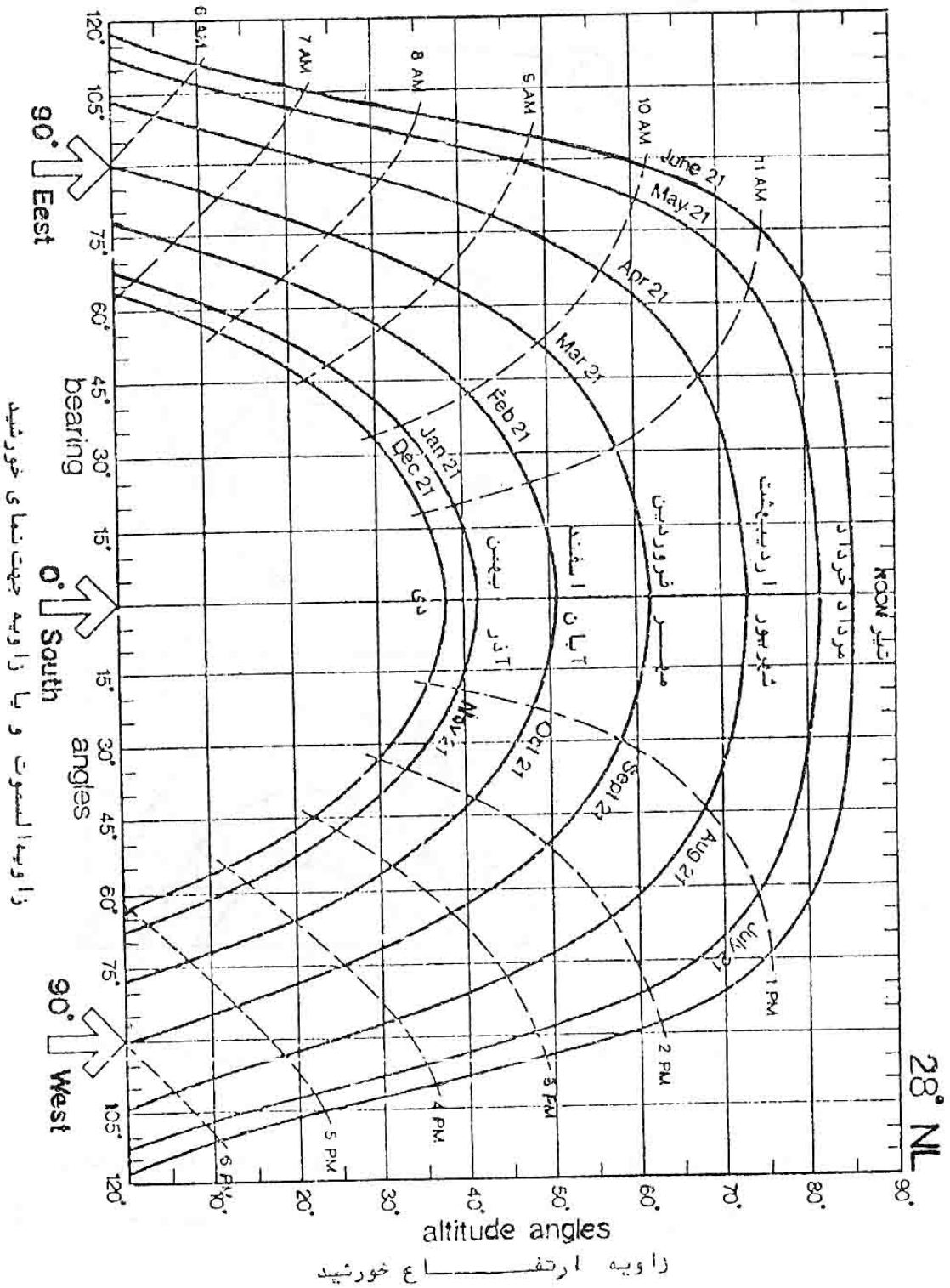
مسیر حرکت روزانه خورشید در ماههای مختلف و فصول مختلف سال

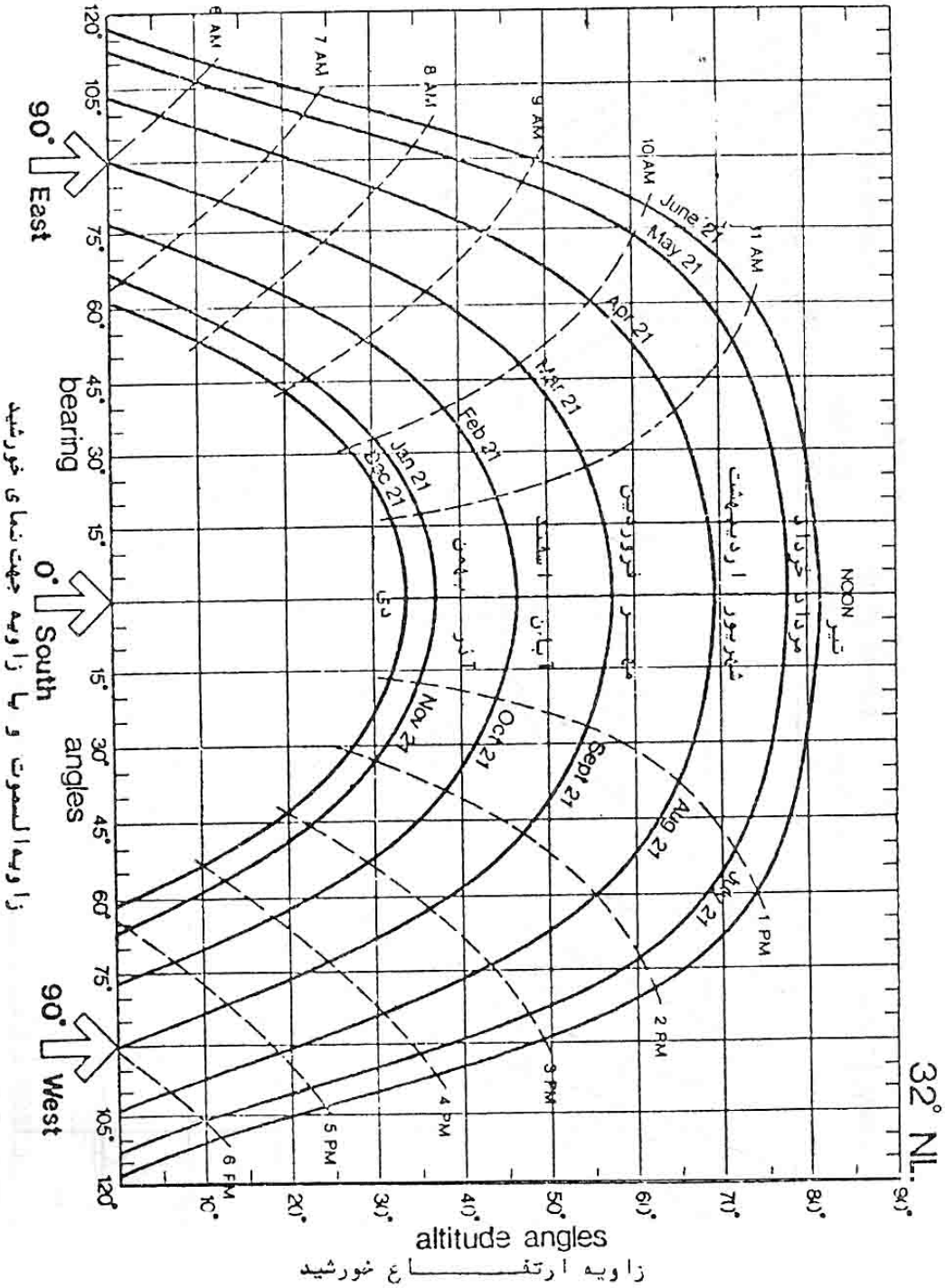
اگر نقاطی را برای ساعات معینی از روی منحنی نمودار مسیر حرکت روزانه انتخاب نمائیم و موقعیت همین نقطه را برای ماههای مختلف سال در روی منحنی مربوطه انتخاب و این نقاط را بهم وصل کنیم منحنی جدید موضع خورشید را در آن ساعت بخصوص در روزهای مختلف سال نشان خواهد داد. از روی شکل ساعت انتخابی ساعت ۱۰ صبح بوده و منحنی های بدست آمده روی نمودار مسیر حرکت خورشید در ماههای تابستان- پائیز و بهار و زمستان را در ساعات مختلف روز نشان می‌دهد.

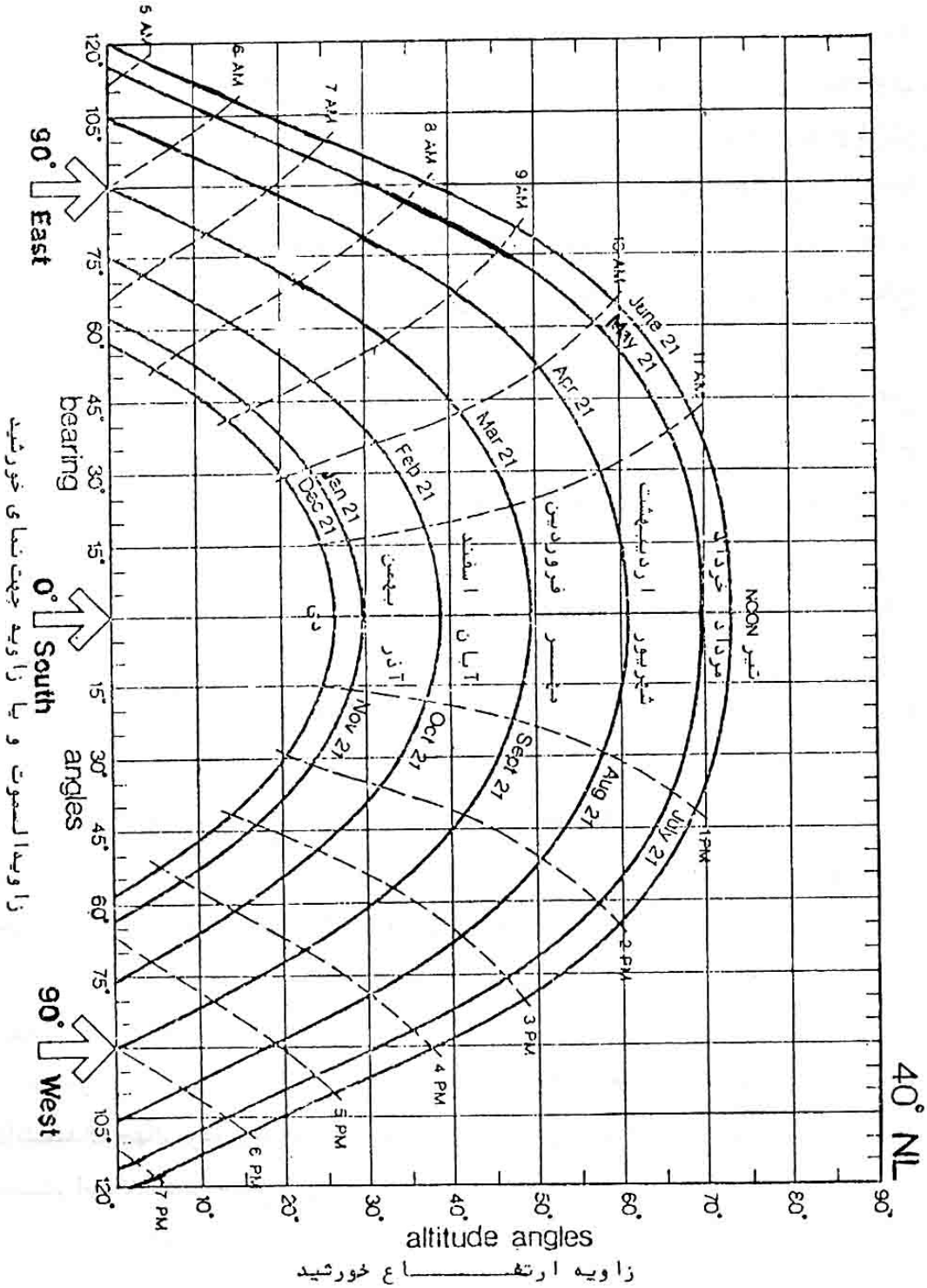


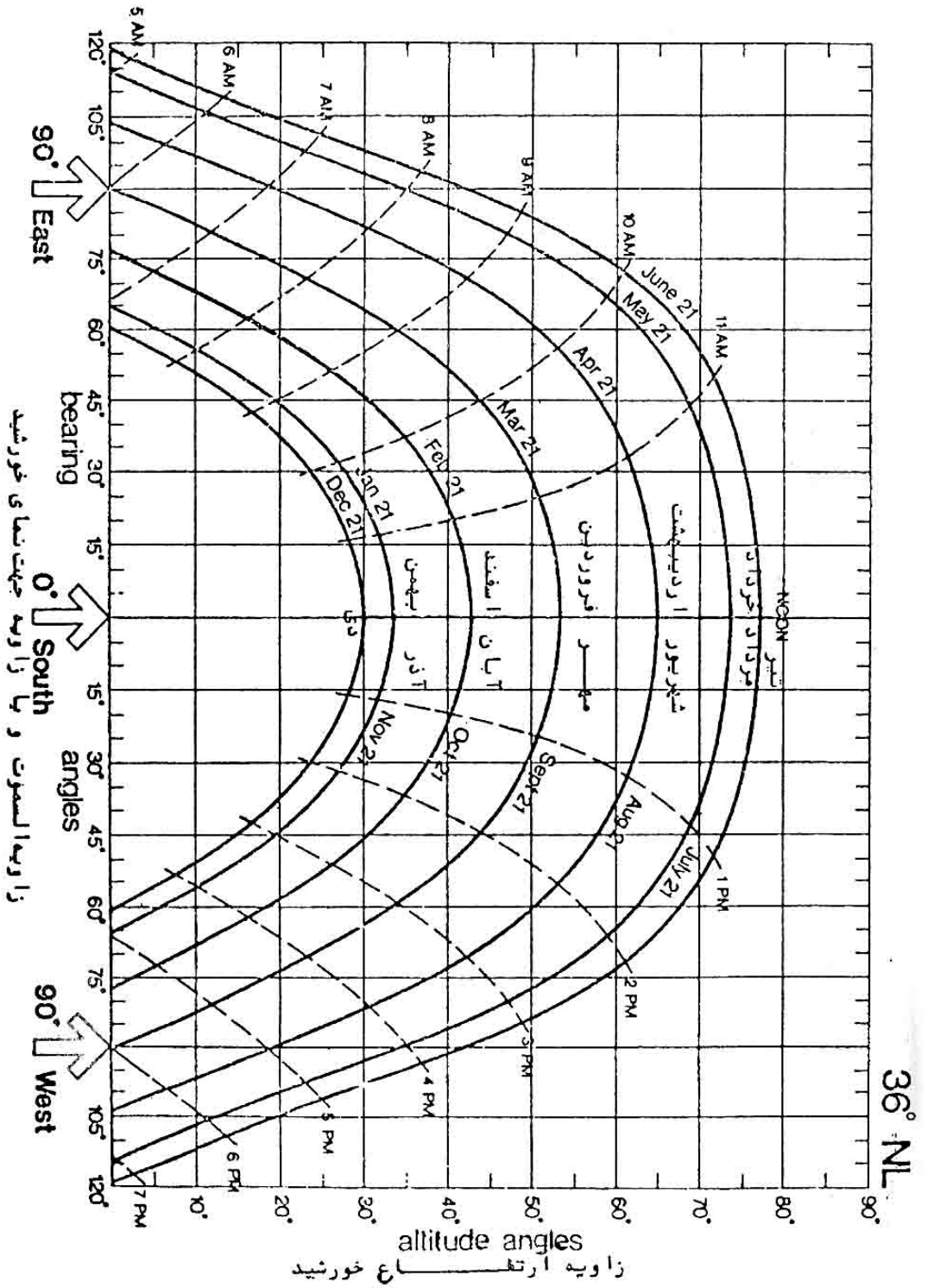
نمودار تعیین موقعیت خورشید در ساعات مختلف روز از فصول مختلف

با توجه به اینکه ایران بین عرضهای جغرافیایی ۲۵ و ٤٠ درجه و در نیمکره شمالی زمین قرار گرفته است، نمودارهای کامل تعیین موقعیت خورشید با عرض جغرافیایی ۲۸-۳۲-۳٦-٤٠ درجه در صفحات بعدی ارائه شده اند. توضیح اینکه مشابه این نمودارها برای کلیه نقاط نیمکره شمالی و جنوبی ترسیم و در دسترس می باشد.


28° NL
Noon تیر
مرداد خرداد
شهریور اردیبهشت
مهر فروردین
آبان اسفند
آذر بهمن
دی
June 21
May 21
Apr 21
Mar 21
Feb 21
Jan 21
Dec 21
Nov 21
Oct 21
Sept 21
Aug 21
July 21
11 AM
10 AM
9 AM
8 AM
7 AM
6 AM
1 PM
2 PM
3 PM
4 PM
5 PM
6 PM
90° East
0° South
90° West
bearing
angles
altitude angles
زاویه السموت و یا زاویه جهت نمای خورشید
زاویه ارتفاع خورشید


32° NL.
NOON
ظهر
June 21
May 21
Apr 21
Mar 21
Feb 21
Jan 21
Dec 21
Nov 21
Oct 21
Sept 21
Aug 21
July 21
11 AM
10 AM
9 AM
8 AM
7 AM
6 AM
1 PM
2 PM
3 PM
4 PM
5 PM
6 PM
altitude angles
زاویه ارتفاع خورشید
90° East
bearing
0° South
angles
90° West
زاویه السمت و یا زاویه جهت نمای خورشید


40° NL
altitude angles
زاویه ارتفـــــاع خورشید
90° East
bearing
0° South
angles
90° West
زاویه السموت و یا زاویه جهت نمای خورشید
June 21
May 21
Apr 21
Mar 21
Feb 21
Jan 21
Dec 21
July 21
Aug 21
Sept 21
Oct 21
Nov 21
NOON
5 AM
6 AM
7 AM
8 AM
9 AM
10 AM
11 AM
1 PM
2 PM
3 PM
4 PM
5 PM
6 PM
7 PM


36° NL
زاویه ارتفاع خورشید
altitude angles
زاویه السمت و یا زاویه جهت نمای خورشید
bearing angles
90° East
0° South
90° West
5 AM
6 AM
7 AM
8 AM
9 AM
10 AM
11 AM
NOON
1 PM
2 PM
3 PM
4 PM
5 PM
6 PM
7 PM
June 21
May 21
Apr 21
Mar 21
Feb 21
Jan 21
Dec 21
July 21
Aug 21
Sept 21
Oct 21
Nov 21
تیر
مرداد
خرداد
اردیبهشت
شهریور
مهر
فروردین
اسفند
آبان
آذر
بهمن
دی

وسایل اندازه گیری تابش خورشیدی

به منظور اندازه گیری شدت تابشهای مستقیم خورشیدی اولین تلاشهای کمی بوسیله پویلت (pouilet) فرانسوی در سال ۱۸۳۰ انجام گرفت. او صفحات فلزی سیاه رنگی را انتخاب و بعد از قراردادن آنها در درجه حرارت ثابت آنها را در مقابل تابش مستقیم خورشید قرار داد و با استفاده از یک ترمومتر جیوه ای میزان افزایش دما را اندازه گیری نمود بعد از پویلت شخصی به نام اریکسون با ساخت یک کالریمتر توانست میزان افزایش درجه حرارت منبع عایق شده آبی را در زمان مشخصی که در مقابل تابش مستقیم خورشید قرار داشت، اندازه گیری کند.

در یک روز آفتابی در تابستان در شهر نیویورک در سال ۱۸۷٦ میزان کل تابشهای خورشیدی $19066.8\ W/m^2$ معادل ($۳۳۸/٤\ Btu/ft^2$) اندازه گیری شده و با معدل گیری برای روزهای دیگر باین نتیجه رسید که شدت تابش خورشید در بالای جو زمین می بایست برابر با W/m^2 (معادل $٤۲۷\ Btu/ft^2$) باشد که ۱٪ با بهترین مقدار فعلی تفاوت دارد.

در طول سالهای ۱۸۸۰ اندازه گیری تابش خورشید بوسیله ساموئل لانگلی (Langly) که نامش امروزه روی واحدی توسط اخترشناسان قرار گرفته انجام گرفت:

$$1\ Lang = \frac{\text{یک گرم کالری}}{\text{یک سانتیمتر مربع}}$$

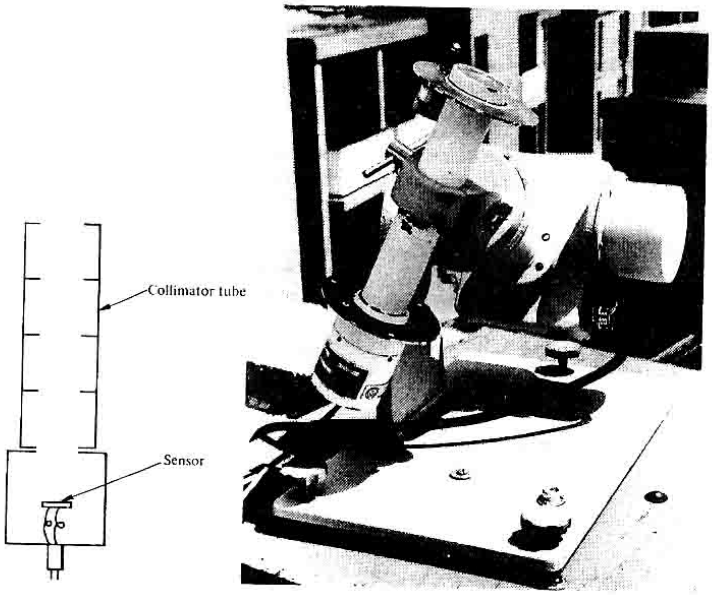
وسیله سنجش او از نوار نازکی از پلاتنیوم تشکیل می شد که در پل وستون نقش مقاومت متغیر را داشت. تغییرات خیلی کوچکی در درجه حرارت این نوار، می‌توانست بوسیله تغییرات در مقاومت الکتریکی آن شناخته شود. او همچنین وجود ذرات فروسرخ را در طیف خورشیدی کشف کرد.

چند نوع از وسایل اندازه گیری عبارتند از:

آذر سنج خورشیدی (Pyrheliometer)

آذرسنج وسیله ایست که در آن موج یاب تعدیل کننده برای اندازه گیری تابش مستقیم خورشیدی در حالت تابش عمودی استفاده می شود. بعبارت دیگر آذرسنج اسبابی است برای اندازه گیری شدت تابش مستقیم خورشیدی در برخورد عمودی با آن. اولین وسیله اندازه گیری تابشهای خورشیدی آذرسنج الکتریکی بود که در سال ۱۸۹۳ توسط انگستروم اختراع شد. در آذرسنج انگستروم از دو نوار نازک و باریک سیاهرنگ منگنز استفاده می شد که کنار هم روی یک لوله نصب شده بود. نوارها به صورت الکتریکی بترتیبی بیکدیگر متصل شده بودند که وقتی بر یکی تابش مستقیم خورشیدی می تابید از نوار دومی عبور جریان مستقیمی اندازه گیری می شد.

این دو نوار دارای ترموکوپلهای عایق شده ای بودند که پشت نوارها وصل می‌گردیدند و این ترموکوپلها به گالوانومتر حساس متصل بودند. نشاندهنده وقتی عدد صفر را نشان می داد که درجه حرارت دو نوار با یکدیگر مساوی بودند.



شید سنج الکتریکی انگستروم

شدت تابش مستقیم بوسیله رابطه زیر بدست می آید.

$I_{DN} = k\ X(\text{جریان})^2$

k= عدد ثابت دستگاه و مربوط به نوع کالیبر دستگاه می باشد.

آذرسنج آبوت

در سال ۱۹۰۶ یک آذرسنج صفحه نقره ای توسط دکتر آبوت ساخته شد که براساس اندازه گیریهای پویلت و برحسب میزان افزایش درجه حرارت کار می کرد.

شید سنج (Pyranometer)

مقدار کل تابش خورشیدی روی یک سطح افقی (مستقیم باضافه پخش) را می توان توسط شیدسنج اندازه گیری نمود که واحد آن مقدار انرژی جذب شده در واحد سطح در واحد زمان خواهد بود. با بیان دیگر شیدسنج اسبابی است برای اندازه گیری تابش دهی کل (مستقیم و پخش) از یک نیمکره بترتیبی که اگر بوسیله یک صفحه گرد روی قسمت دریافت کننده آن سایه انداخته شود فقط تابش دهی پخش را اندازه می‌گیرد. برای این منظور معمولاً از یک صفحه سایه انداز که روی دستگاه نصب شده استفاده می شود.

بطور کلی وسایل اندازه گیری تابش خورشیدی، آذرسنجهای خورشیدی هستند که تابش خورشید را روی یک صفحه سیاه واقع در انتهای یک لوله موای کننده سیاه، دریافت می کنند.

یک آذرسنج خورشیدی بر مبنای گرماسنجی جریان آب، افزایش درجه حرارت جریان کنترل شده آبرا، که گرمای صفحه سیاه واقع در انتهای لوله موازی کننده را منتقل می کند، اندازه می گیرد. زمانیکه درجه حرارت به یک مقدار پایدار برسد تابش ورودی قطع و یک جریان الکتریکی جه ایجاد همان افزایش درجه حرارت قبلی، به

همان صفحه اعمال می شود. اندازه گیری انرژی الکتریکی، اندازه گیری مطلق حاصل می کند.

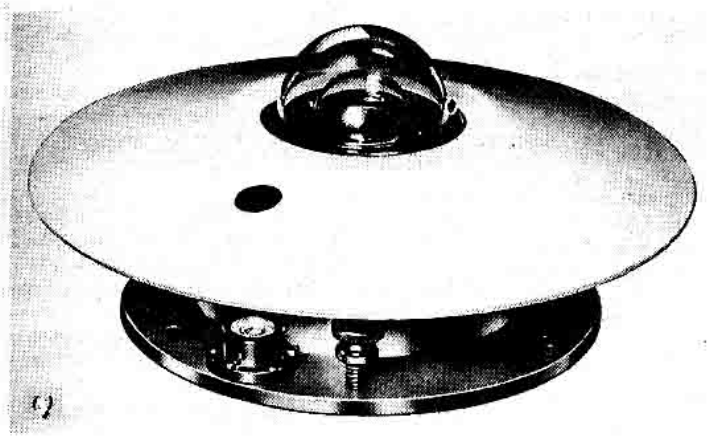
چون استفاده از این اندازه گیریهای مطلق در محل مشکلاتی بهمراه دارد باین دلیل وسایل و اسبابهای معمولی قابل حمل و نقل اختراع شده اند، از جمله آذرسنج صفحه نقره ای آبوت می باشد که روی صفحه نقره ای سیاه رنگ شده، آن یک دما سنج جیوه ای مخصوصی بدقت تعبیه و جاسازی شده است. مقدار افزایش درجه حرارت خوانده شده در روی دماسنج که ناشی از تابش خورشید می باشد بمدت دقیق ۱۰۰ ثانیه مبنائی برای اندازه گیری نسبی است و به یک استاندارد اصلی قابل تبدیل می‌باشد.

بمنظور تعیین منظم مقدار تابش، اصولاً تعداد کمی از آذرسنجهای خورشیدی مورد استفاده قرار می گیرند ولی شیدسنجهای خورشیدی که احتیاجی به تعقیب خورشید ندارند بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند.

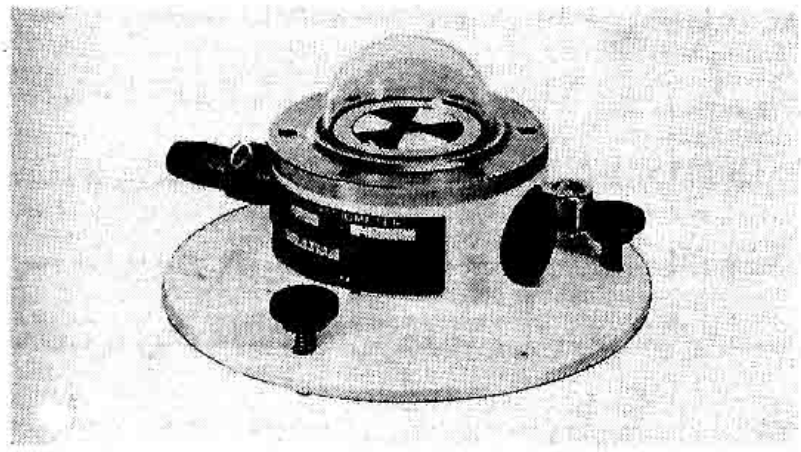
وسایل اندازه گیری تابش خورشید، بدون استثناء همگی از نوع ترموالکتریک هستند یعنی اختلاف درجه حرارت یک پیل حرارتی در سایه و یک پیل حرارتی تحت تابش خورشید را اندازه می گیرند (یک پیل حرارتی از چند زوج حرارتی تشکیل شده اند که برای افزایش حساسیت بطور سری بهم متصل شده اند.)

پیلهای حرارتی روی یک سطح تخت و در زیر یک و یا دو نیمکره شیشه ای نصب می‌شوند. این وسایل به کمک تعداد زیادی مدارهای الکترونیکی، یک خروجی دقیق و خطی تولید می کنند که بایستی در فواصل زمانی معین، مدرج شوند. شیدسنجهای بینائی مثل شیدسنج بینائی اپلی دارای دقتی برابر با ۱٪± هستند ولی اسبابهای درجه دوم که در محل موردسافتاده قرار میگیرند دارای درصد خطائی در حدود دو برابر شیدسنج اپلی می باشند. یک نوع اندازه گیری تابش خورشیدی درجه دوم، شیدسنج سیاه و سفید اپلی می باشد. قسمتهای سفید که پیلهای حرارتی تتیره را دربر دارد

تقریباً ۱۰۰٪ نور را باز می تابانند و قسمتهای سیاه شده، پیلهای حرارتی تحت تابش را در اختیار دارند.



شیدسنج بینائی دقیق اپلی، (مخصوص پژوهش در تابش خورشیدی)



شیدسنج بینائی سیاه و سفید (قابل استفاده روی گردآورهای خورشیدی)

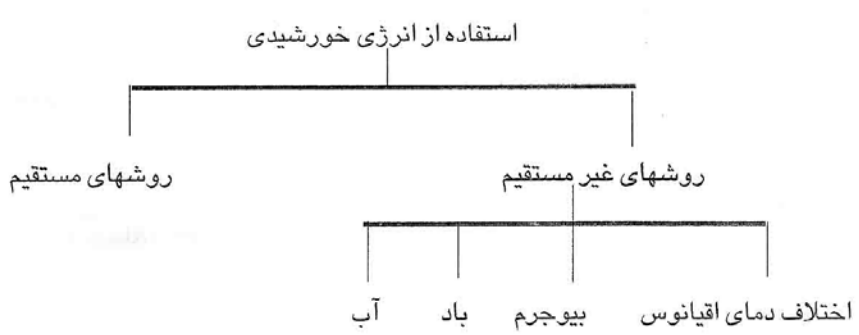
انرژی خورشیدی و مقایسه این انرژی با انرژیهای دیگر

امکان استفاده از انرژی خورشیدی:

خورشید یک منبع بزرگ و تقریباً لایزال انرژی محسوب می شود. انرژی که از خورشید به زمین می رسد حدود ۱/۸*۱۰۱۱ مگاوات است که چندهزار برابر انرژی مصرفی سوختهای تجاری است.

علاوه بر حجم انرژی بالای خورشید، از نظر محیط زیست نیز تمیز بوده و همچنین، تقریباً در تمام نقاط جهان که افراد بشر زندگی می کنند، به راحتی بدست می آید. البته در راه استفاده از این مشکلاتی وجود دارد. اولین مشکل این است که چگالی آن کم است. حتی در گرمترین نقاط روی زمین، میزان شار تشعشعی خورشید به ندرت از $1KW/m^2$ تجاوز می کند که از نظر استفاده فنی، مقدار پائینی است. بعلاوه جهت استفاده از آن به سطوح گردآوری بسیار بزرگی نیاز است. همچنین میزان استفاده از آن با توجه به ساعات مختلف روز فرق می کند البته فصول سال نیز در این تغییر مؤثرند. همچنین شرایط آب و هوایی نیز در نقاط مختلف متفاوت است. پس باید انرژی خورشید حتی در ساعاتی که در دسترس نیست نیز ذخیره شود. نیاز بر ذخیره سازی قیمت سیستم را افزایش می دهد. پس اولین برخورد با انرژی خورشیدی، اقتصاد آن است. باید راههایی ارائه شوند که هزینه تمام شده کمتری دارا هستند.

انرژی خورشیدی می تواند بطور مستقیم یا غیرمستقیم بکار رود:



حال هریک از این روشها را به طور جداگانه توضیح می دهیم:

انرژی باد

تشکیل باد به دو دلیل است:

۱- جذب انرژی خورشیدی توسط سطح زمین و جو

۲- حرکت زمین حول محور خود و به دور خورشید.

به همین دلیل چرخه های متناوب سرما و گرما رخ داده و در اثر اختلاف فشار حاصل، هوا حرکت می کند. پتانسیل انرژی باد بسیار بالا است. در صورت امکان استفاده، مقدار انرژی باد قابل حصور در سطح زمین $۱/٦٤*۱۰^{۷}MW$ برآورد می‌شود که معادل مصرف انرژی حال حاضر بوده و بعلاوه یک منبع مجانی و تمیز نیز است.

مشکل استفاده از انرژی باد، مشابه انرژی خورشیدی است. نخست اینکه انرژی قابل حصول به شکل پراکنده است پس ماشین مبدل باید بزرگ باشد بعلاوه مقدار انرژی در طول روز یا فصل تفاوت میکند پس در صورت نیاز مداوم به انرژی باید فکری برای ذخیره سازی صورت گیرد.

کار یک چرخ بادی اخذ انرژی باد و تولید انرژی مکانیکی است که می تواند به سایر شکلهای انرژی مثل برق تبدیل شود. انواع مختلف چرخ بادی ابداع شده که فقط برخی از آنها مورد استفاده قرار می گیرند.

چند نوع از این چرخها عبارتند از:

۱- نوع چند پره

۲- نوع بادبانی

۳- نوع ملخی

٤- نوع ساونیوس

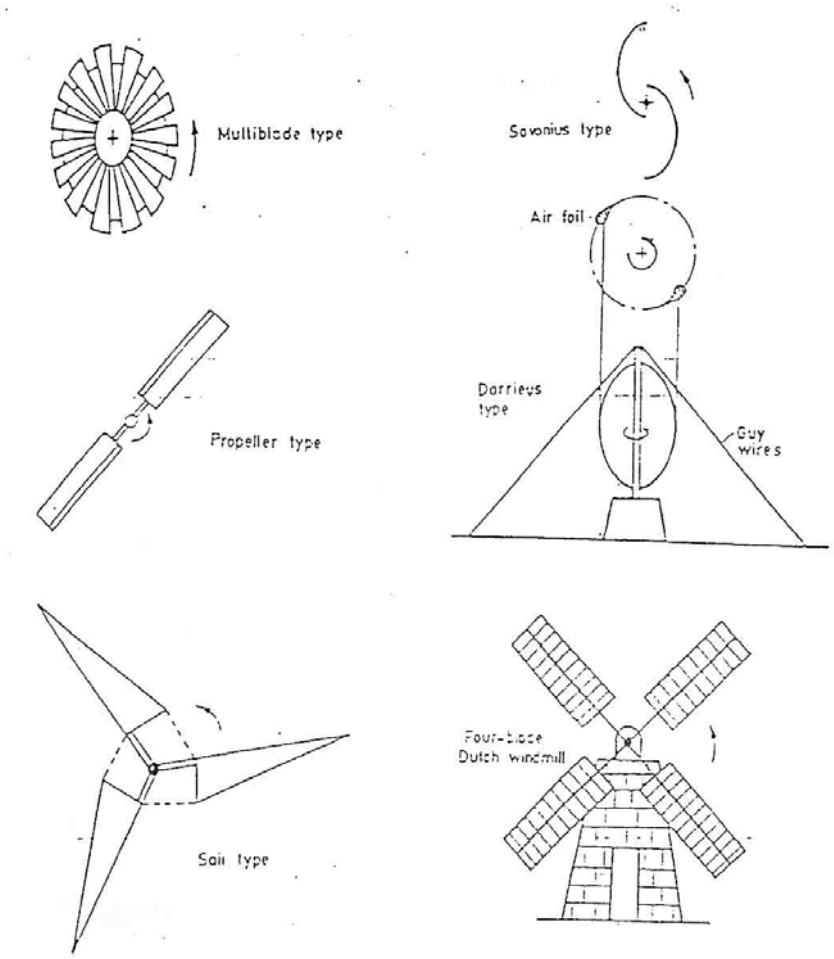
۵- نوع داریوس که سه نوع اول دارای محور افقی بوده در حالیکه دو نوع آخر دارای محور عمودی هستند.

در شکل ۱ می توان نمودار این چرخهای محرک را ملاحظه کرد.

ماشین نوع چند پره ای پرمصرفترین نوع است. تعداد پره ها از ۱۲ تا ۲۰ عدد است. پره ها از ورقهای فلزی شکل پذیر ساخته می شوند، در حالیکه نوع بادبانی دارای سه پره است که با کشیدن پارچه های مثلثی شکل کتانی ساخته می شوند. دور هر دو نوع فوق حدود ٦۰ تا rmp ۸۰ است. نوع ملخی دارای ۲ یا ۳ پره از مقاطع Air foil بوده و با سرعت epm ٤۰۰-۳۰۰ دوران می کند. چرخ ساونیوس rmp ٤۰۰-۳۰۰ دوران می کند. چرخ ساونیوس (Savonius) شامل استوانه ای توخالی است که به دو نیم تقسیم شده و این دو قسمت در روی یک محور عمودی طی یک فاصله معین نسبت به هم ثابت شده اند. در اثر اختلاف فشار بین دو طرف این نیم استوانه ها (به دلیل وجود باد) گشتاور پیچی اعمال می شود. کارائی این سیستم بالا بوده ولی به سطوح بزرگی نیاز دارد.

نوع داریوس (Darrius) به سطح بسیار کمتری نیاز دارد. شکل ظاهری آن شبیه پوست تخم مرغ بوده و دارای دو یا سه پره با مقطع Air fol است. لازم به ذکر است که چرخهای ساونیوس و داریوس مستقل از جهت باد عمل می کنند زیرا محور آنها عمودی است درحالیکه چرخهای با محور افقی باید همیشه رو به باد باشند.

حداکثر ضریب عملکرد (بازده) این سیستمها حداکثر از ٤۵٪ برای نوع ملخی تجاوز نمی کند. حداکثر ضریب عملکرد نوع ساونیوس حدود ۱۵٪ نوع چند پره حدود ۳۰٪ و نوع داریوس (سه پره ای) حدود ۳۵٪ است. با این همه مقدار ضریب عملکرد وابسته به موقعیت قرارگیری چرخ و سرعت باد است. مقدار متوسط انرژی قابل حصول می تواند از (شبانه روز Kwh/m^2)۳ تجاوز کند.



شکل ۱- انواع روتور چرخ بادی

انرژی حاصل از بیوماس (بیوجرم)

مواد گیاهی که در اثر فرایند فتوسنتز حاصل می شوند بیوماس نام دارند. فتوسنتز یک فرایند طبیعی است که احتیاجات انرژی را از خورشید تأمین می کند. در ساده ترین شکل، واکنش این فرایند بصورت زیر است.

$$H_2O + CO_2 \xrightarrow{\text{انرژی}} CH_2O + O_2$$

مشاهده می شود که در طی این فرایند آب و دی اکسید کربن به مواد آلی تبدیل می‌شوند. واژه بیوماس شامل تمام شکلهای زندگی گیاهی نظیر درختان، گیاهان زراعی، بوته، علف و جلبک است، پس می توان آن را از جنگلها یا زمینهای کشاورزی

بدست آورد. در صورت تفسیر بیشتر می توان فضولات جانداران را نیز جزء این رده بندی در نظر گرفت.

راههای زیادی جهت کسب انرژی از بیوماس وجود دارد. راه مستقیم آن مثل سوزاندن درختان یا گیاهان است.

طرح تولید انرژی

در مقیاسهای بزرگ یک راه جهت تولید برق استفاده از هیزم جهت سوخت دیگر بخار است. در این روش باید همواره چوب کافی جهت تأمین سوخت مورد نیاز در محل نیروگاه موجود باشد. اگر بازده فتوسنتز را ۱٪ فرض کنیم در آنصورت یک نیروگاه ۱۰۰۰MW نیاز به یک سطح گیاهی $۱۰۰۰Km^2$ دارد. البته در بسیاری کشورها تأمین چنین سطحی مشکل نیست، اما نحوه استفاده باید بگونه ای باشد که اثر سوء برروی چرخه حیات (اکوسیستم) نگذارد.

روشهای غیرمستقیم

گذشته از استفاده مستقیم، بیوماس را می توان با تبدیل به یک سوخت مفید به شکل جامد، مایع یا گاز استفاده کرد. برای مثال در طی فرایندی به نام پیرولیز، هیدروژن و اکسیژن چوب از بین رفته و سوخت جامدی به نام «زغال چوب» (char coal) حاصل می شود. بطور مشابه بیوماس را می توان در مولد گاز به «گاز تولیدی» (Producer Gas) که شامل هیدروژن و منوکسید کربن است، تبدیل کرد. هردو این گازها قابل احتراق هستند.

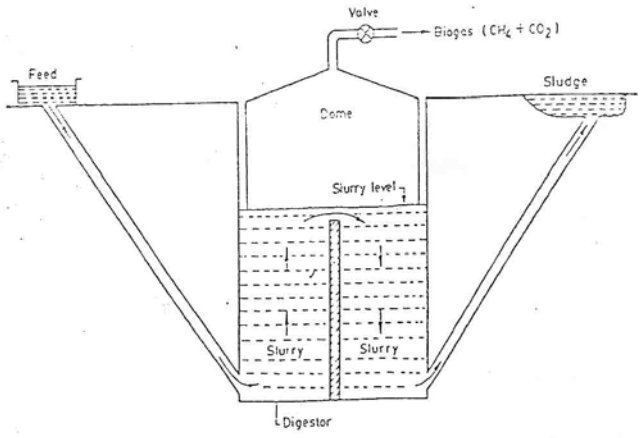
بیوگاز

یک راه جایگزین، جهت کسب سوخت گازی ناشی از تخمیر بدون هوازی فضولات مرطوب جانداران (حتی انسان) بصورت تولید بیوگاز مخلوطی از متان (٤٥ تا ٧٠

درصد) و دی اکسید کربن است. در شکل ۲ سیستم تولید بیوگاز نشان داده شده است. مجموعه شامل دو قسمت اصلی است.

قسمت اول هضم کننده (Digestor) است که شامل چاهی است که در آن فضولات حیوانات بصورت یک محلول آبگونه (Slurry) درآمده و قسمت دوم کلاهکی است که برروی این محلول واقع شده و کار نگهداری گاز را انجام می دهد.

قسمت هضم کننده معمولاً زیر سطح زمین بوده و دو لوله به انتهای آن متصل است، یکی برای تغذیه فضولات و دیگری برای خروج باقیمانده ناشی از تخمیر که لجن (Sludge) نامیده می شود. شایان توجه است که لجن حاصله دارای مقادیر کاملی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم بوده و یک کود عالی محسوب می شود. قطر قسمت هضم کننده ۱/۲ تا ٦ متر و عمق آن ۳ تا ٦ متر است. یک دیواره عمودی مخزن را به دو قسمت مساوی تقسیم کرده و از آن به منظور هدایت جریان محلول آبگونه استفاده می شود. فرایند تولید گاز در دو مرحله صورت می گیرد. در مرحله اول مواد آلی پیچیده ای که در فضولات موجود هستند توسط یک باکتری به نام اسید کننده تحت واکنش قرار گرفته و به زنجیره کوچکی از اسیدها تقسیم می شوند. در مرحله دوم این اسیدها توسط نوع دیگری باکتری تحت واکنش قرار گرفته و متان و دی اکسید کربن تولید می شود.



شکل ۲- واحد تولید بیوگاز

ارزش حرارتی بیوگاز بین ۱۶۰۰۰ تا Kj/m^3 ۲۵۰۰۰ است. بیوگاز سوخت عالی جهت پخت و پز روشنایی است. اگر با گازوئیل مخلوط شود می تواند به عنوان سوخت جایگزین جهت موتورهای دیزل استفاده شده بطوریکه صرفه جوئی در مصرف گازوئیل به ۷۰ تا ۸۰درصد می رسد.

پتانسیل انرژی بیوگاز بسیار بالاست. برای مثال در هندوستان که طرحهای بسیاری در زمینه بیوگاز در مناطق روستائی اجرا کرده اند، ظرفیت کل فضولات که می توانند بیوگاز تولید کنند معادل ۴۰-۳۰ میلیارد مترمکعب است. این مقدار گاز معادل ۱۵ تا ۲۰ میلیون تن نفت است. به علاوه نیتروژن موجود در لجن حاصل که بیش از ۲ میلیون تن است دارای ظرفیت صرفه جوئی در انرژی معادل ۲ تا ۱۵ مترمکعب در روز است. جهت کنترل کیفیت سوخت حاصل باید عوامل زیادی مثل دما، میزان قلیایی بودن محلول آبگونه، میزان مایع درون لجن و مقدار تشکیل کف و تفاله برروی سطح محلول باید کنترل شود.

سوختهای مایع

کسب سوخت مایع از بیوماس کمی مشکلتر است و در یکی از روشها از چوب یا کاه متانول تهیه می شود. فرایند شامل تولید گاز و سپس انجام واکنشهای شیمیایی جهت تولید سوخت مایع است. در روش دیگر برخی دانه های خوراکی و محصولاتی نظیر نیشکر، ذرت، مواد نشاسته دار و ... تحت عمل تخمیر به اتانول تبدیل می شوند. اگر اتانول با بنزین مخلوط شود به عنوان یک سوخت جایگزین مناسب مصرف می شود.

انواع تکنولوژی های انرژی خورشیدی

الف- آبگرم خانگی

مساعدترین بخش برای کاربرد انرژی خورشیدی، بخش خانگی است. قسمت اعظم آبگرم مصرفی در این بخش می تواند توسط انرژی خورشید تأمین شود. در پاره ای از موارد انرژی خورشید برای تأمین آبگرم مصرفی مناسب نخواهد بود، از جمله مجموعه آپاراتمانهای بلند، مناطق جنگلی، خانه هایی که در جهت مناسب قرار ندارند و مناطق با تابش کم خورشید. ولی بهرصورت می توان بیش از ٦٠ درصد آبگرم خانگی را از طریق خورشید تأمین نمود.

ب- گرم کردن فضا

گرم کردن فضا در اکثر نقاط ایران خصوصاً در مناطق سرد احتیاج به انرژی قابل ملاحظه ای دارد، و شاید یکی از اقلام مهمی باشد که می تواند با تکنولوژی موجود توسط انرژی خورشیدی تأمین شود.

در این زمینه طرحهای مختلفی وجود دارند. مثلاً سیستمهای هوا، سیستمهای آبی، سیستمهای هوا آب. سیستمهای آبگرم خانگی اقتصادی تر از سیستمهای گرمایشی است، زیرا اینها فقط در فصل سرما مورد استفاده قرار می گیرند.

در اینجا گردآورنده های مسطح باید از کیفیت بالاتری نسبت به گردآورنده های آبگرمکن برخوردار باشند. این کار توسط پوشش دوجداره، عایق بهتر و یا سطح انتخابی عملی خواهد شد. از آنجا که الکتریسیته در اکثر مناطق وجود دارد، بهتر است که سیستمهای گرمایشی و پمپ حرارتی را کنار هم مورد استفاده قرار داد. در این صورت انرژی خورشیدی دماهای پائین ٢٧-١٠ درجه سانتیگراد را تأمین کرده و پمپ حرارتی آن را به ٥٥درجه سانتیگراد ارتقاء خواهد داد. مشکل اساسی بر سر راه این تکنولوژی سرمایه بری آن است.

ج- سردکردن فضا

سیستمهای گرمایشی- سرمایشی برای مناطق مسکونی و تجاری کاربرد دیگری از انرژی خورشیدی است که به تکنولوژی پیچیده تری نیازمند است. برای تولید سرما از منابع حرارتی یک ظرافت و پیچیدگی خاصی لازم است.

در دهه ۱۹۷۰ سه متد مورد توجه و توسعه قرار گرفته است:

روش متداول استفاده از یک موتور حرارتی برای بحرکت درآوردن یک مبرد کمپرسی برای ایجاد سرما است.

متد دوم- عبارتست از سرمایش بوسیه تبخیر، برای تولید دوباره مرطوب ساز هوای خشک بوسیله انرژی خورشیدی مرطوب می شود.

روش سوم- استفاده از چیلر جذبی است.

در تمام این سه روش منبع حرارتی موردنیاز باید حداقل دارای دمای ۸۵ درجه سانتیگراد باشند حال آنکه دمای ۱۵۰ درجه ارجح تر می باشد. در نتیجه گردآورنده‌های خورشیدی باید قادر به تولید چنین درجه حرارتی باشند. بهترین گردآورنده های مسطح نیز بندرت می توانند چنین درجه حرارتی ۸۵ درجه سانتیگراد را تولید کنند. در نتیجه بهتر است که متمرکزکننده ها مورد استفاده قرار گیرند. البته هرچه قدر تمرکز بالاتر باشد، دمای بدست آمده نیز بالاتر است. ولی زاویه دریافتی و یا قطر دهانه گردآورنده کوچکتر می شود و به سیستم دنبال کننده احتیاج خواهد بود، که باعث افزایش پیچیدگی و قیمت آن سیستم خواهد شد. برای چنین سیستمهایی متمرکز کننده با تمرکز متوسط و تنظیم فصلی مناسب تر است.

د- تولید بخار صنعتی

معمولاً بخار در محدوده ۲۸۰-۱۵۰ درجه سانتیگراد، در اکثر صنایع مورداستفاده است. متمرکز کننده ها می توانند چنین درجه حرارتی را تأمین کنند. متدهای مختلفی در این زمینه وجود دارد. ولی معلوم نیست که کدام روش بهترین است. ذخیره انرژی

هنوز از مسائل لاینحل اصلی برای اینگونه سیستمها است. هیچگونه سیستم ارزان قیمت و ساده ای برای ذخیره حرارت در این محدوده وجود نداشته و کارهای زیادی در این قسمت باید انجام گردد.

ه- الکتریسیته توسط سلولهای خورشیدی

سلولهای خورشیدی می توانند یا بصورت گردآورنده های مسطح جلوی خورشید قرار بگیرند و یا درگیرنده متمرکز کننده ها نصب شوند. در نظر است که این سلولها را در ماهواره و در مدار سنکرون خارج از جو قرار داده، جائیکه ۲۳ ساعت در روز خارج از سایه زمین قرار دارند. انرژی حاصله به میکروویو تبدیل شده و به زمین انتقال پیدا کند و سپس میکروویو به انرژی الکتریسیته تبدیل شود.

مزیت این روش این است که با استفاده از چند ماهواره مشکل ذخیره الکتریسیته حل خواهد شد، ولی احتیاج به تقلیل قیمتها داشته و نیز خطرات محیطی نیز بهمراه خواهد شد.

و- الکتریسیته توسط تبدیل حرارتی انرژی خورشید

بخار ایجادشده توسط انرژی خورشیدی می تواند یک توربین مولد الکتریسیته را بحرکت درآورده و برق تولید کند. چندین روش برای این کار موجود است:

۱- محوطه وسیعی که در آن متمرکز کننده ها قرار دارند مایع گرم یک نیروگاه معمولی را تهیه کند.

۲- محوطه ای از متمرکز کننده ها که هرکدام توسط یک موتور کوچک استرلینگ، الکتریسیته تولید می کنند و الکتریسیته حاصل به شبکه توزیع منتقل می شود.

۳- گیرنده های مرکزی، که دارای برج بلند است و گیرنده در بالای آن قرار دارد. اطراف این برج منعکس کننده هایی در روی زمین تعبیه شده اند که می توانند نور خورشید را برروی گیرنده متمرکز نمایند. مایع پائین برج به داخل گیرنده پمپ شده

که پس از دریافت حرارت به بخار تبدیل گشته و باعث به گردش درآمدن توربین می شود.

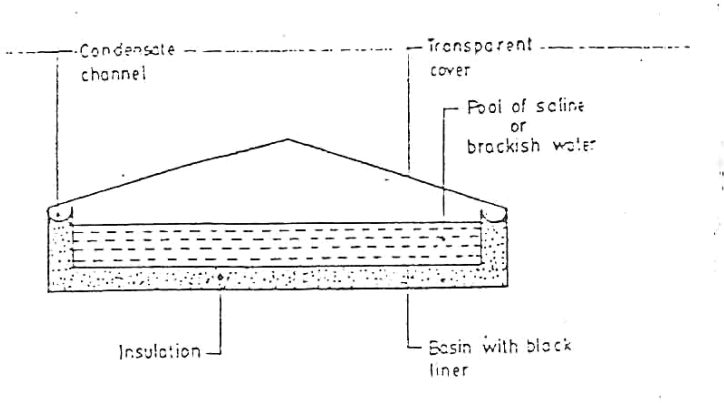
ز- تولید هیدروژن

مشکل ذخیره انرژی همچنان از مشکلات اساسی و سد بزرگی بر سر راه توسعه و کاربرد انرژی خورشیدی در دمای بالاست. هدف نهائی تجزیه آب توسط خورشید و تولید هیدروژن است. این کار می تواند با استفاده از کاتالیزورها در راکتورها در دمای بالا و یا بوسیله الکترولیز انجام شود.

هیدروژن تولیدشده می تواند برای مدتهای طولانی ذخیره شده و یا توسط لوله انتقال یابد، و سلولهای سوختی می توانند با راندمان بالائی هیدروژن را بسوزانند و الکتریسیته تولید نمایند.

ح- تقطیر خورشیدی

در بسیاری مناطق آب آشامیدنی کم بوده ولی آب شور موجود است. سیستم تقطیر خورشیدی می تواند راه حل کارآمدی برای این نقاط باشد. در شکل زیر یک نوع سیستم تقطیر خورشیدی نشان داده شده است. این سیستم شامل یک تشت عمیق، به رنگ سیاه و از جنس یک ماده نفوذناپذیر بوده و حاوی آب و نمک است. در قسمت بالا یک پوشش شیب دار وجود دارد. تشعشع خورشیدی از پوشش عبور کرده و توسط سطح سیاه جذب می شود.

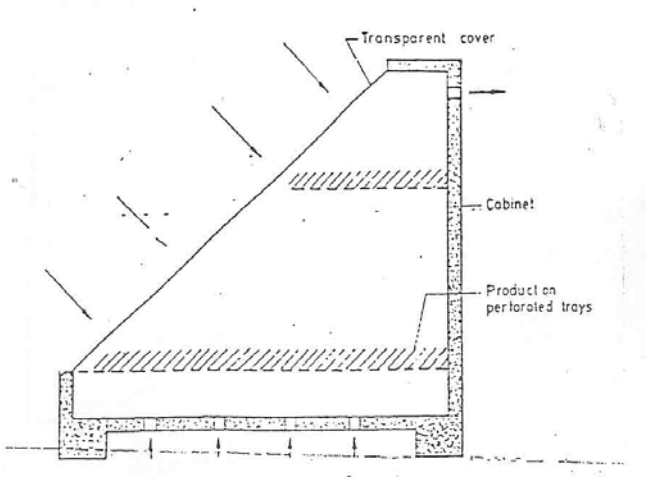


تقطیر خورشیدی

در نتیجه حدود ۳۰-۱۰ درجه نسبت به آب گرمتر شده و موجب تبخیر آب می شود. بخار حاصل براثر تماس با سطح زیرین پوشش تقطیر شده و بصورت آب خالص در مجراهای کناری جمع آوری می شود. از یک طرح خوب و طی یک روز آفتابی می‌توان حدود $۳lit/m^2$ آب جمع آوری کرد. در حال حاضر سیستمهایی با بیش از $۱۰۰\ m^2$ سطح حرارتی در بسیاری نقاط جهان خصوصاً استرالیا و یونان کار می‌کنند.

ط- خشک کن خورشیدی

یکی از موارد تجاری انرژی خورشیدی، خشک کردن محصولات کشاورزی است. معمولاً خشک کردن برروی سطح زمین صورت می گیرد ولی این روش کند بوده و حشرات و گرد و غبار با محصولات مخلوط می شوند. استفاده از خشک کن عاری از این معایب بوده و همچنین خشک کردن سریعتر صورت گرفته و قابل کنترل است. در ضمن کیفیت محصول نیز بهتر است. در شکل زیر یک نوع خشک کن به نام خشک کن کابینتی نشان داده شده است.

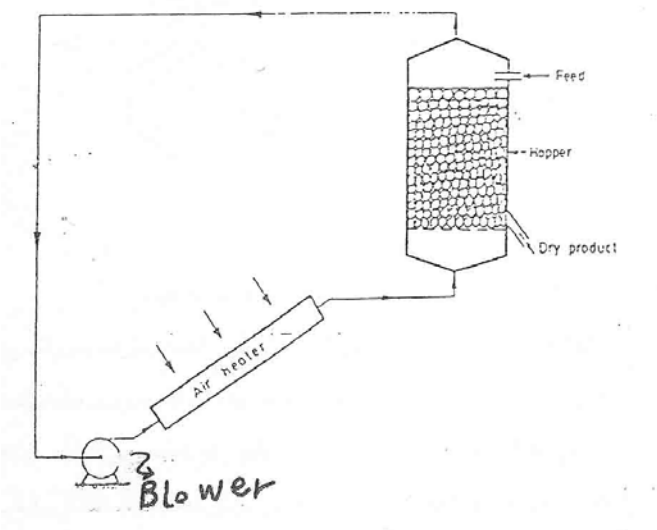


خشک کن کابینتی

خشک کن دارای چارچوب و بدنه بوده و دارای یک پوشش شفاف است. موادی که باید خشک شوند برروی سینیهای سوراخدار قرار گرفته و تشعشع های عبوری توسط محصولات و سطوح داخلی جذب می شوند. در نتیجه رطوبت از محصولات خارج شده و هوای داخلی نیز گرم می شود. در قسمتهای فوقانی و تحتانی سوراخهائی جهت ایجاد جریان طبیعی تعبیه شده است. بدین ترتیب می توان به دمایی بین ۵۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد رسیده و زمان خشک کردن بین ۲ تا ٤ روز است.

در سیستمهای بزرگ خشک کن، از یک خشک کن جابجائی (شکل زیر) استفاده می‌شود. در این خشک کن تشعشع خورشیدی مستقیماً به محصولات نمی تابد، در عوض هوا بطور جداگانه در یک گرمکن، گرم شده و سپس به محفظه ای که محصولات در آن جای گرفته اند، از طریق کانالی هدایت می شود.

معمولاً از گردش و جریان اجباری استفاده می شود بدین ترتیب می توان حتی دانه‌های خوراکی، چای، تنابکو و ... را خشک کرد.

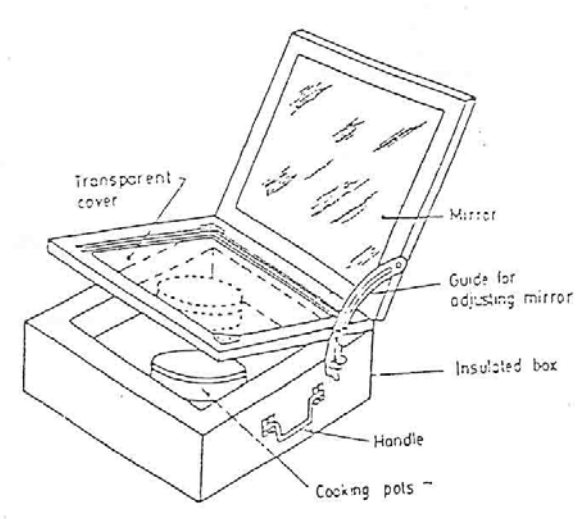


خشک کن جابجائی

پخت و پز

یک کاربرد مهم حرارتی خانگی، پخت و پز است. در طول سالیان اخیر طرحهای زیادی جهت پخت و پز ارائه شده است. طبقه بندی طرحهای پخت و پز خورشیدی به دو گونه است. یک نوع آن بصورت جعبه ای است که شامل بدنه مکعب مستطیلی عایقی است که فقط بالای آن دارای پوشش شیشه ای دوجداره است. تشعشع ورودی از پوشش، بدنه را که طی آن غذا در یک محفظه عایق قرار دارد گرم می کند. طول جعبه حدود ۵۰ cm و عمق آن حدود ۱۲cm است. در یک روز آفتابی می توان به دمای حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد دست یافت که برای پختن موادی نظیر، برنج، سبزیجات و ... کافی است. بستگی به شدت تشعشع زمان پخت و پز از یک دوم تا ۲/۵ ساعت طول می کشد.

در شکل زیر نمونه ای از وسیله پخت و پز جعبه ای نشان داده شده که در آن از یک آینه کمکی جهت کسب دمای بالاتر (حدود ۲۰-۱۵ درجه بالاتر) استفاده شده است. میزان صرفه جوئی در سوخت بگونه ای است که پس از ۲ الی ۳ سال قیمت اجاق مستهلک می شود.



اجاق خورشیدی جعبه‌ای به همراه بازتابنده

دومین دسته از اجاقهای دارای یک سطح بازتابندگی شلجمی است. ظرف خوراک پزی در کانون آینه شلجمی قرار گرفته و مستقیماً حرارت می بیند. این سیستمها باید تا حدودی متحرک باشند. دمای ۲۰۰ درسانتیگراد در این اجاقها قابل حصول است. سطح بازتابنده می تواند آینه شیشه ای، ورق آلومینیوم یا کاغذ آلومینیومی باشد. البته علیرغم اینکه این اجاق تمام مواد غذایی را می پزد، ولی آشپز دائماً باید در کنار آن باشد. همچنین بجز سطوح شیشه ای بقیه سطوح در طی زمان قدرت انعکاس خود را از دست می دهند.

تابش خورشید

خورشید، مولد انرژی خورشیدی

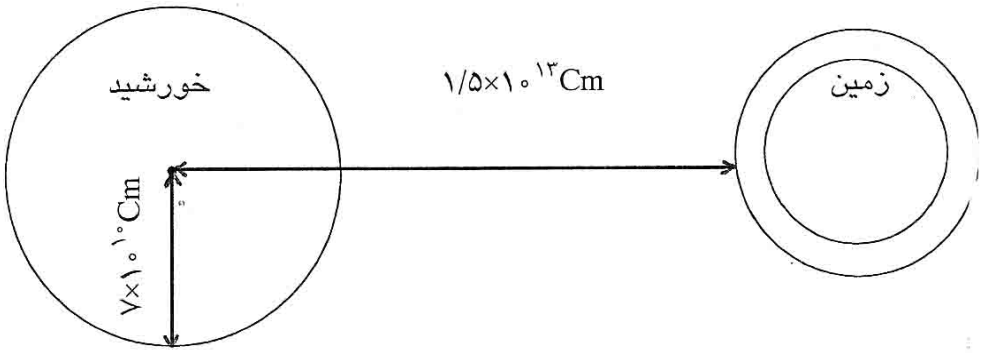
خورشید بزرگترین منبع تأمین انرژی زمین است. قطر آن ۱/۳۹ میلیون کیلومتر و فاصله متوسط آن تا زمین حدود ۱٤۹/٦ میلیون کیلومتر می باشد. درجه حرارت مرکز آن ۵۷۰۰ درجه سانتیگراد می باشد و سطح خارجی آن دارای دمائی حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد کمتر از دمای مرکز می باشد.

از خورشید انرژیی حدود ۱۷۰ تریلیون کیلووات ($۱/۷ * ۱۰^{۱٤}KW$) به زمین می رسد. از این مقدار ۳۰٪ در فضا انعکاس پیدا می کند، ٤۷٪ آن به صورت گرمای دارای دمای پایین تغییرشکل داده و به فضا باز می گردد، ۲۳٪ آن صرف انجام پدیده تبخیر آب در سطح زمین و بارش و تکرار این سیکل می شود.

۰/۵٪ آن به انرژی جنبشی باد و امواج و ذخیره فتوسنتز در گیاهان تبدیل می شود.

مقدار انرژیی که از خورشید به لایه خارجی اتمسفر زمین می رسد می توان با رابطه زیر بیان نمود:

$I=P/4\pi R^2$



ترم $4\pi r^2$ در این معادله مبین سطح کره، انرژیی است که بوسیله خورشید و در فاصله $۱/۵*۱۰^{۱۳}Cm$ از مرکز آن ایجاد می شود. چنانکه در شکل مشاهده می شود برای تعیین شدت انرژی در لایه خارجی این کره که در تماس با لایه خارجی اتمسفر زمین است، باید شدت انرژی بدست آمده از مرکز خورشید تقسیم بر سطح کره مذکور شود تا میزان انرژی در واحد سطح بدست آید.

$$I = (9.3*10^{25}\frac{Cal}{\sec})/[(4\pi)(1.5*10^{13}cm)^2] = 2.0\frac{Cal}{cm^2.\min}$$

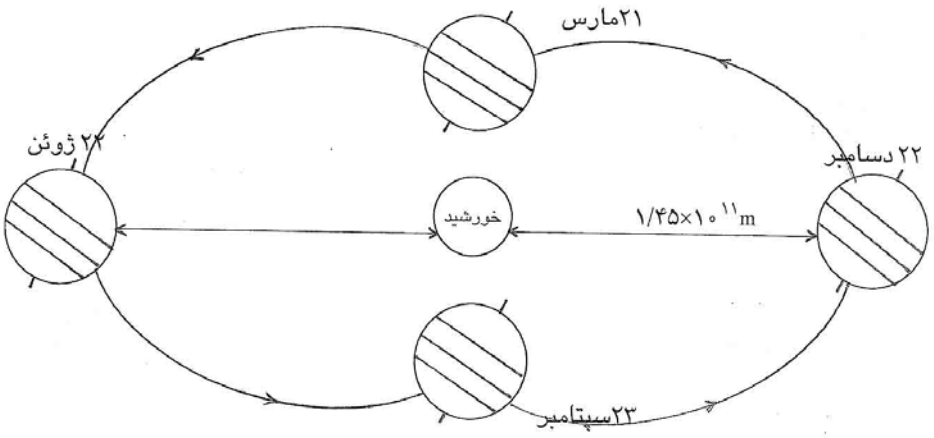
مقدار ثابت خورشید

مقادیر محاسبه شده برای I به مقادیر واقعی که بوسیله فضاپیماهای تحقیقاتی بدست آمده اند، نزدیک می باشند. این فضاپیماها میزان شدت تابش خورشید را حدود $\frac{Cal}{cm^2.\min}$ ۱/۹٤ که معادل w/m^2 ۱۳۵۳ می باشد، تعیین نموده اند. این مقدار به عدد ثابت خورشید بعنوان مقدار انرژیی که روی یک سطح عمود بر اشعه خورشید می‌تابد، تعریف شده اند.

انرژی خورشیدی دریافت شده در سطح زمین، کمتر از ثابت خورشید است. عواملی که در این کاهش نقش دارند عبارتند از: میزان تشعشع خورشیدی که در اتمسفر زمین جذب شده و یا منعکس می شوند و روز مورد بررسی با توجه به ماههای سال، ساعت بررسی و عرض جغرافیایی.

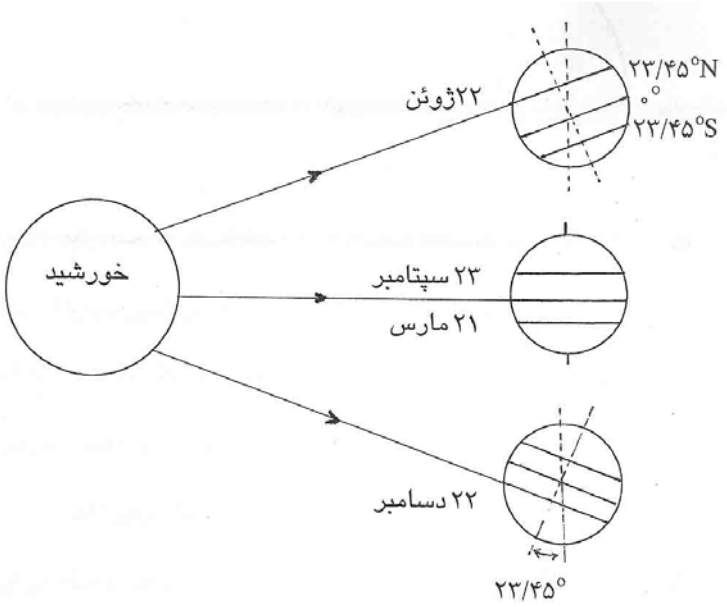
گردش انتقالی زمین

پیش از توسعه بحث، باید قدری راجع به رابطه فضائی زمین و خورشید توضیح داده شود، شکل زیر بیان کننده این ارتباط می باشد.



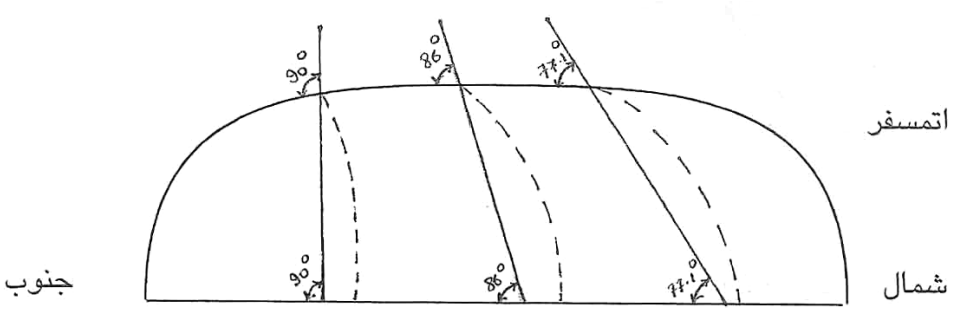
زمین نسبت به خورشید دارای زاویه ۲۳/٤٥ درجه سانتیگراد بین خط عمود بر مرکز زمین و خط عمود بر مرکز خورشید است که در طول یک دور دوران کامل بدور خورشید- یکسال آنرا حفظ می کند.

از دید دیگر چنانکه در شکل زیر ملاحظه می شود، در حین چرخش زمین به دور خورشید، اشعه‌های عمودی خورشید با عرضهای جغرافیایی در شمال- جنوب و با خط استوا هم مسیر می شوند.



به این معنی که در اول تیرماه (۲۲ ژوئن) خورشید هم جهت با عرض جغرافیایی شمالی (رأس السرطان) می تابد و به همین علت یعنی تابش مستقیم خورشید به زمین، در نیمکره شمالی، در آن زمان فصل تابستان را خواهیم داشت. در اول مهرماه (۲۳ سپتامبر) خورشید هم جهت با خط استوا، در اول دیماه (۲۲ دسامبر) هم جهت با عرض جغرافیایی جنوبی (رأس الجدی) و دوباره در اول فروردین ماه (۲۱ مارس) هم جهت با خط استوا و بالاخره در اول تیرماه (۲۲ ژوئن) دوباره هم جهت با عرض جغرافیایی شمالی (رأس السرطان) می تابد.

شکل ٤ دید بهتری از موضوع شعاعهای عمودی خورشید می دهد. این شکل زاویه برخورد اشعه خورشدی به زمین در اول تیرماه (۲۲ ژوئن) را نشان می دهد. اگر کسی ظهر، در مسقط (پایتخت عمان) ایستاده باشد خورشید را دقیقاً در بالای سر خود خواهد دید.



این بدان خاطر است که دارای عرض جغرافیایی ۲۳/٤٥ درجه است. در صورتیکه اگر در همان زمان کسی در شهر بم بایستند بخاطر عرض جغرافیایی ۹۷/٥ درجه این شهر سایه او روی زمین ایجاد خواهد شد. به عبارت دیگر نور خورشید با زاویه به او برخورد می کند. در این میان اتمسفر زمین نیز روی مسیر این تابش اعوجاجی ایجاد می کند که در شکل بالا مشخص می باشد. ناظر در بم خواهد گفت که خورشید با زاویه ای حدود ۸٦درجه نسبت به سطح زمین در محل او می تابد.

این درحالیست که برای کسیکه در شهر مشهد باشد، با توجه به عرض جغرافیایی این شهر که ۳٦/٤ درجه می باشد، زاویه تابش خورشید نسبت به سطح زمین در آن محل حدود ۷۷/۱ درجه خواهد بود. از آنجا که زاویه تابش اشعه خورشید به زمین همواره بین ۲۳/٤٥ درجه نسبت به عرض شمالی و ۲۳/٤٥ درجه نسبت به عرض جنوب تغییر می کند، بنابراین میزان تابش خورشید در مناطقی که در این محدوده باشند بیشتر از سایر نقاط کره زمین است. لازم به تذکر است که هرسه شهر مسقط، بم، مشهد روی یک طول جغرافیایی واقع هستند.

تابش عمودی- تابش مورب

ممکن است این سوال پیش اید که چرا برخورد اشعه خورشید به اتمسفر زمین و مورب شدن مسیر تابش آن باعث تغییر در مقدار تشعشع خورشیدی دریافتی در یک منطقه از زمین می شود. پاسخ این سوال در شکل زیر بوضوح آمده است.

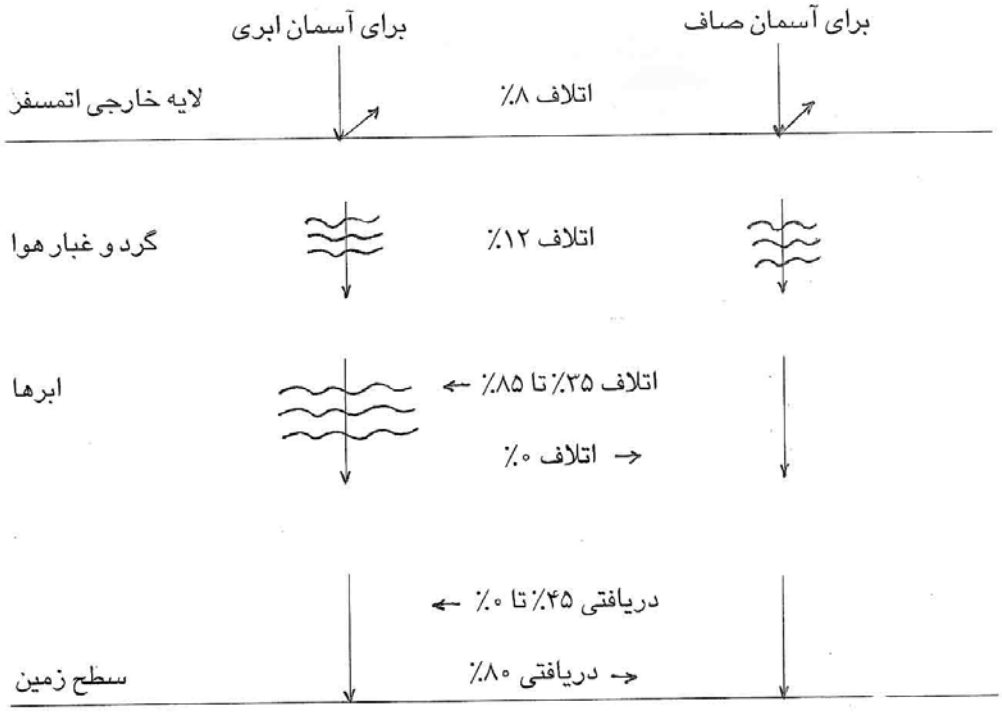
رابطه شدت تشعشع خورشیدی و زاویه برخورد

در شکل a مشاهده می شود که سه اشعه از نور خورشید بصورت مستقیم به زمین برخورد کرده اند (مثلاً در اول تیرماه) در اینحالت فاصله تابش اشعه های خورشید کمتر از هنگامی است که اشعه نور خورشید بصورت زاویه دار به همان محل برخورد می کنند (مثلاً در اول دیماه) بعبارت دیگر هنگامیکه نور خورشید بصورت مستقیم به منطقه موردنظر می تابد، تعداد اشعه بیشتری به واحد سطح تابیده می‌شود، در حالیکه در تابش مورب، اشعه های کمتری به واحد سطح می تابد و در نتیجه میزان انرژی دریافتی کاهش می یابد. بنابراین عرض جغرافیایی، زمان بررسی با توجه به ماههای سال و ساعت بررسی نقش مهم و تعیین کننده ای در میزان انرژی دریافتی از نور خورشید در یک منطقه را دارند.

تأثیرات اتمسفر در میزان انرژی دریافتی

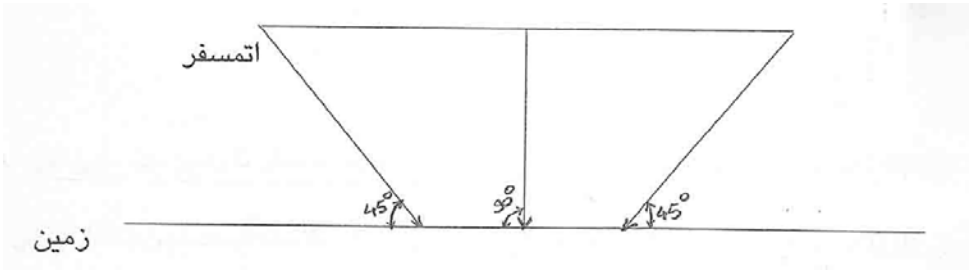
علاوه بر عرض جغرافیایی و زاویه برخورد خورشید با اتمسفر زمین، باید بر تأثیر عمده اتمسفر در میزان انرژی که به سطح زمین می رسد، توجه داشت. شکل زیر

بیانگر تأثیر فاکتورهای اتمسفریک در میزان رسیدن انرژی خورشید به زمین می‌باشد. در یک روز آفتابی ۸۰٪ از نور خورشید که به لایه خارجی اتمسفر می رسد به زمین منتقل می شود. در هوای ابری این مقدار به ٤٥٪ تا ۰٪ نیز می رسد که بستگی به ضخامت و وضعیت ابرها دارد. اتمسفر همچنین برروی میزان رسیدن نور خورشید بزمین در ساعات مختلف تابش خورشید، تأثیر زیادی دارد. بعنوان مثال اشعه های خورشید در هنگام طلوع و غروب آن نسبت به هنگام ظهر ضعیفتر می‌باشد که تأثیر اتمسفر زمین برروی این اشعه ها می باشد.



عوامل موثر بر انرژی دریافتی

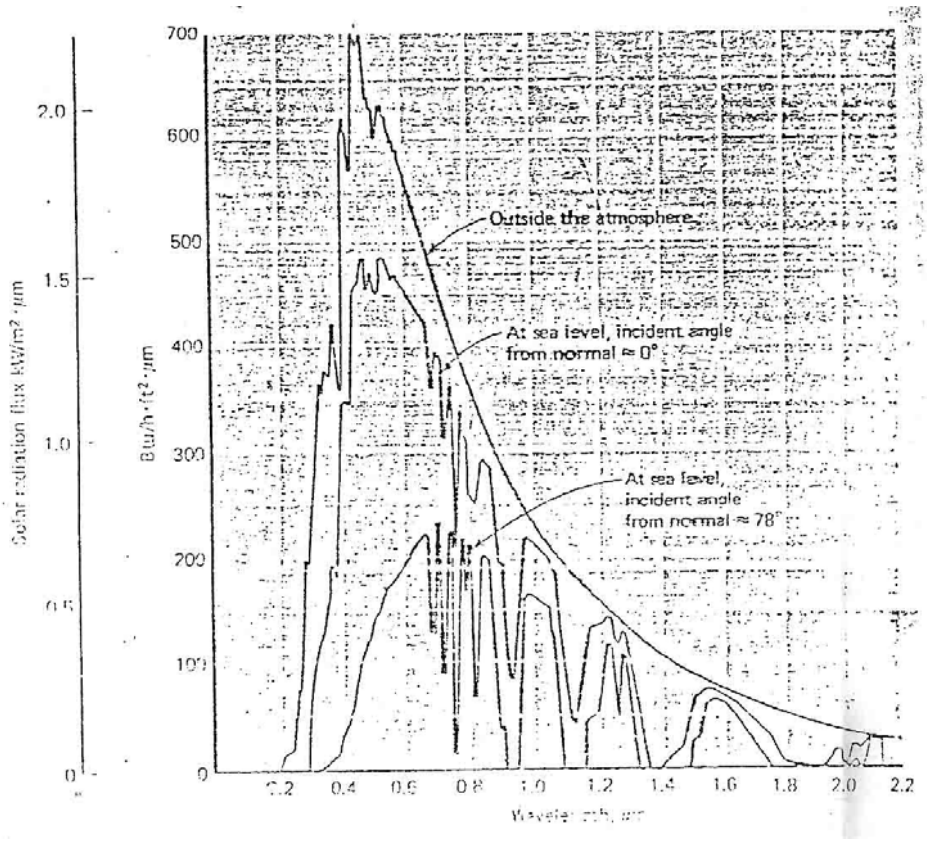
شعاعهای نور خورشید در ظهر، کمترین فاصله را از میان اتمسفر زمین طی می کند و بنابراین بسیار شفاف بنظر می آیند در حالیکه هنگام صبح یا عصر، عبور شعاعهای نوری خورشید برای رسیدن به سطح زمین از بیشترین فاصله درون اتمسفر صورت می گیرد و در نتیجه این شعاعها ضعیف بنظر می آیند.



نور خورشید دریافتی زمین در ساعات مختلف روز

جذب تشعشعات خورشیدی

بر اثر عبور نور خورشید از موانع مختلف که از خارج از اتمسفر تا محلی مانند سطح دریا بر سر راه آن قرار دارند، مقداری از انرژی خورشیدی در مسیر جذب می شود. شکل زیر تأثیرات جذب انرژی خورشیدی را در اتمسفر را در سطح دریا نشان می‌دهد.



چنانکه مشاهده می شود مقداری از انرژی امواج در فاصله اتمسفر تا زمین جذب می‌شود. همچنین تابش زاویه دار خورشید به محل، به مقدار زیادی از انرژی آن کاسته است. این شکل برای یک روز آفتابی تهیه شده است که میزان بخار آب و گرد و غبار و هوا در حد اعتدال باشد. این شکل همچنین بیانگر موضوع است که تشعشع خورشیدی که به سطح زمین می رسد شباهتی به تشعشع از یک جسم خاکستری ندارد. هرچه که در خارج اتمسفر پخش انرژی بصورت ایده آل باشد. برای تعیین درجه حرارت جسم سیاه معادلی که تحت تشعشع خورشید قرار می گیرد می توان از طول موجی که در آن ماکزیمم طیف ظاهر می شود (حدود ۰/۵ میکرومتر با استفاده از شکل بالا و قانون جابجایی وین wien استفاده نمود.

$\lambda_{max}T=2897.6\ \mu m.k$

$$T=\frac{2897.6}{0.5}=5795k$$

اگر تمام مواد رفتار جسم خاکستری از خود نشان دهند، آنالیز تشعشع خورشیدی دیگر بصورت یک مسئله غیرمعمولی و خاص نخواهد بود. بهر صورت چون تابش خورشید بصورت امواج مستقیم دارای طول موج کوتاه، متمرکز می شود و از سوی دیگر امواجی نیز بصورت غیرمستقیم و با طول موج بلندتر به زمین می رسد، این دو نوع تشعشع بر روی یک جسم معین دو تأثیر متفاوت از نظر میزان ضریب انتقال و ضریب جذب خواهد داشت. مثال مناسب برای این رفتار، یک گلخانه است. شیشه معمولی، تشعشعات دارای طول موج کمتر از ۲μm را به آسانی منتقل می کند بنابراین مقدار زیادی از تشعشع خورشیدی که به این شیشه برخورد می کند از آن می گذرد. این مسئله اساساً نسبت به امواج دارای طول موج بیش از ۳ یا ٤ میکرومتر می باشد. بویژه تمام تشعشعات دارای دمای پایینی که بوسیله اجسام درون گلخانه منتشر می شوند که طبیعتاً دارای طول موج بلند هستند. به همین خاطر درون گلخانه باقی می مانند. بعبارت دیگر شیشه در مقایسه با تشعشعاتی که از آن خارج می‌شود، مقدار زیادی از تشعشعات را به درون خود می پذیرد و به همین دلیل نیز معمولاً از

آن در مواردی مشابه گلخانه یا گردآورنده های تخت استفاده می شود. تابش خورشیدی که جذب اجسام درون گلخانه شده، نهایتاً بوسیله کنوکسیون و از طریق دیوارهای گلخانه خارج می شود. بهرحال کاهش تابش خورشید به اتمسفر زمین بطور مسیر بستگی دارد که آنهم نسبت به وضعیت زمین نسبت به خورشید تعیین می شود. میزان تابش خورشید که به یک سطح عمود بر شعاعهای خورشید واقع بر روی زمین برخورد می کند G_n نامیده می شود که بوسیله معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$G_n=G_0\tau^m_a$$

که در آن:

G_0 ثابت خورشید

τ_a ضریب انتقال برای واحد جرم هوا

m ضخامت نسبی توده هوا که بصورت طول واقعی به کوتاهترین مسیر ممکن تعریف می شود.

مقدار τ_a در تابستان به مقدار جزئی، کمتر از مقدار آن در زمستان است، زیرا اتمسفر در خلال تابستان دارای بخار آب بیشتری می باشد. این عدد همچنین با توجه به شرایط آسمان تغییر می نماید. محدوده آن بصورت زیر می باشد.

$\tau=0.81$ برای روز آفتابی

$\tau=0.62$ برای روز ابری

در اکثر محاسبات مقدار متوسط ۰/۷ را برای آن در نظر می گیرند.

مقدار m بشرایط خورشید بوسیله فاصله سمت الرأس (اوج آسمان) z معین می شود و به زاویه بین سمت الرأس و شعاعهای مستقیم تابش خورشید بستگی دارد.

با صرفنظر از ضخامت اتمسفر زمین در مقابل فاصله خورشید تا زمین، ضخامت نسبی توده هوا برابر خواهد بود با:

$$m=\sec z \qquad 0<Z<80$$

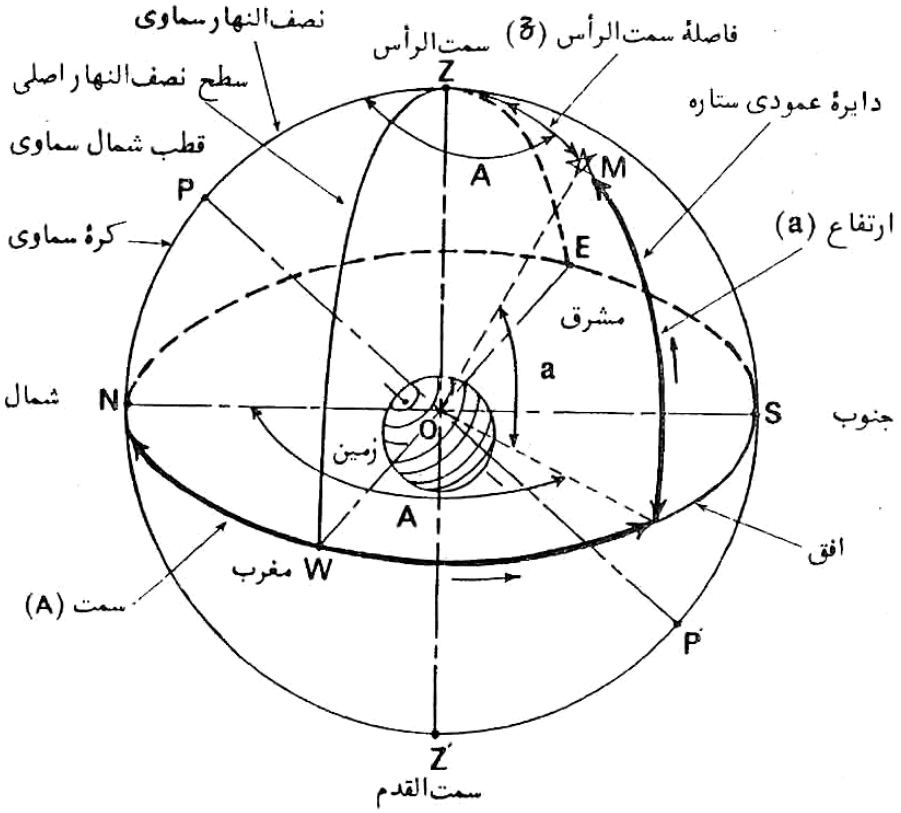
این رابطه برای محدوده z بین صفر تا ۸۰ صادق است و برای بیشتر از این مقدار، میزان تابش خورشید در یک نقطه تقریباً قابل صرفنظر است.

اگر سطح دریافت کننده انرژی خورشیدی نسبت به شعاعهای تابش خورشید دارای زاویه باشد، مقدار تابش خورشید که به این سطح برخورد می کند با G_i نمایش داده و مقدار آن بصورت معادله صفحه بعد تعریف می شود:

$$G_i=G_n \cos i$$

که زاویه بردار عمود بر سطح و شعاعهای خورشید می باشد.

اگر سطح دریافت کننده انرژی واقعی باشد- مانند یک اپراتور خورشیدی- در اینصورت cosi=cosz خواهد بود.



حرکت ظاهری خورشید برای ناظر روی زمین در نقطه C

تعیین زاویه بین شعاعهای خورشیدی و سطح زمین

تعیین زاویه بین بردار عمود بر سطح زمین و شعاعهای خورشیدی نیاز به آگاهی از وضعیت خورشید در آسمان نسبت به وضعیت جذب کننده انرژی خورشیدی روی زمین دارد. وضعیت خورشید حداقل به دو حرکت همزمان بستگی دارد. زمین هر ۳٦٥/۲٥ روز یکبار به دور خورشید می گردد و در عین حال هر ۲٤ ساعت یک دور نیز به دور خود می چرخد. محور عمودی خورشید چنانچه قبلاً نیز اشاره شد، دارای حدود ۲۳/٤٥ درجه می باشد. این چرخش با سرعت $\frac{\pi}{12} rad$ صورت می گیرد.

در هنگام رویت خورشید از زمین زاویه z به عوامل مختلفی چون عرض جغرافیایی محل روز مورد بررسی در سال و زمان مورد بررسی در روز بستگی دارد. عرض جغرافیایی یک محل با ϕ نمایش داده می شود و معمولاً نقشه های جغرافیایی بدست می آید. زمان مورد بررسی در روز بوسیله زاویه ساعتی h بیان می شود که در شکل نیز مشخص شده، در هر لحظه بوسیله سنجش وضعیت خورشید نسبت به محلی که در ظهر خورشیدی قرار می گیرد، سنجیده می شود در واقع زاویه h ماکزیمم مقدار خود را در زمان طلوع یا غروب خورشید خواهد داشت و در هنگام ظهر برابر با صفر می باشد. ماکزیمم مقدار h به عرض جغرافیایی محل و دوری محور زمین از خورشید δ_s را می توان در هر روز از سال از روی یک جدول نجومی تعیین نمود. از بررسی کل این زوایا و مطالب بیان شده می توان نوشت:

$$\text{Cos } z = \sin P.\sin \delta_s + \cos T.\ \cos \delta_s.\cosh$$

که برای محاسبه، z با توجه به مشخصات محل مورد بررسی در زمین مورد استفاده قرار می گیرد. از ترکیب معادلات بدست آمده، نسبت تابش انرژی بر یک سطح افقی یعنی آفتاب گیری موضعی تعیین می شود.

$$G_i = G_n\ (\sin\phi.\sin \delta_s + \cos\phi.\cos \delta_s.\cosh)$$

که بیان کننده میزان تابش خورشیدی است که در یک پریود ۲٤ ساعتی به سطح موردنظر می رسد. با توجه به آنکه داریم:

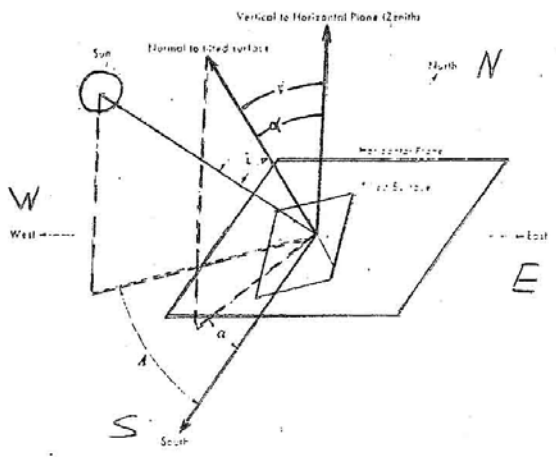
$dQ = G_i.d\theta$

کل انرژی دریافتی با انتگرال گیری از رابطه فوق تعیین می گردد:

$$Q = \frac{24}{\pi} G_0 \sin\phi.\sin\delta_s(H\text{-}tgH)$$

که H مجموع زاویه ساعتی است که خورشید در فاصله طلوع تا ظهر یا ظهر تا غروب طی می کند. این زاویه نیز با استفاده از نقشه نجومی تعیین می شود.

برای یک سطح که نسبت به افق دارای زاویه ψ می باشد و نسبت به جهت جنوب صفحه افق دارای زاویه a در سمت غرب می باشد (شکل زیر) تابش عمودی خورشید G_n را می توان به دو مؤلفه جداگانه، یکی موازی و دیگری عمود بر صفحه مورب تقسیم نمود.



فقط مؤلفه عمودی یعنی G_i به سطح موردنظر برخورد می کند. نسبت مؤلفه تابش مؤثر بر سطح به تابش عمودی از رابطه زیر بدست آید:

$$\frac{Gi}{Gn} = \cos i = \cos(z\text{-}\psi)\text{-}\sin z.\sin\psi + \sin z.\sin\psi\text{-}\cos(A\text{-}a)$$

که A برابر است با:

$$A = \sin^{-1}\left(\frac{\cos\delta_s.\sinh}{\cos(90-z)}\right)$$

شکل ۱۰ مقدار زاویه A را برای خورشید با توجه به مقدار زاویه z و میزان متوسط تابش خورشید در ساعات مختلف تابش خورشید در آسمان (در محل بررسی) برای نقاطی که دارای عرض شمالی هستند و از ٦ صبح تا ٦ بعدازظهر در نظر گرفته شده است، نشان می دهد.

چنانکه مشاهده می شود مقدار A بوسیله دو منحنی معین شده که منحنی ۳۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی برای ۲۵ تا ۳۵ درجه عرض جغرافیایی شمالی و منحنی ٤٥ درجه برای ٤٠ تا ٥٠ درجه عرض جغرافیایی شمالی می باشد. این جدول برای ماه مه تا آگوست تنظیم شده است.

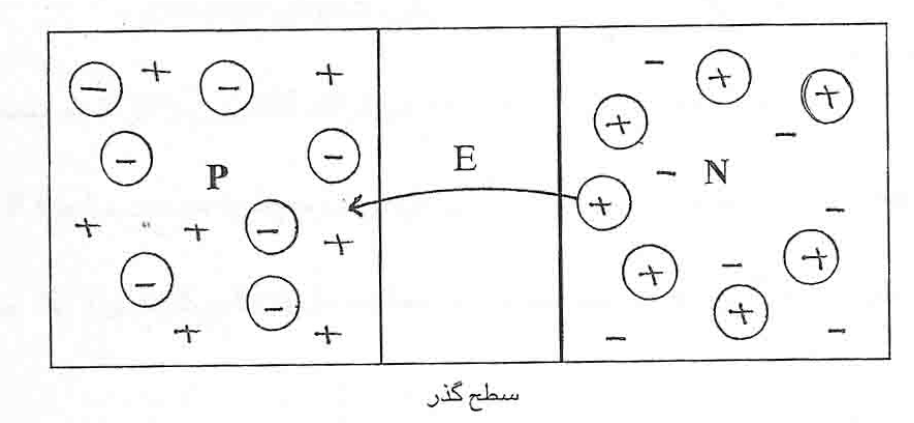
اگر عرض جغرافیایی محل موردبررسی با مقادیر داده شده منطبق نباشد، تصحیح دیاگرام بوسیله افزایش یک ساعت به ازاء هر ۱۵ درجه افزایش عرض جغرافیای انجام می شود.

عملکرد سلولهای خورشیدی

الکتریسیته با ایجاد اختلاف فشار الکتریکی در نیمه هادی هایی که بطور مناسب ساخته شده اند تولید می شود. امروزه موثرترین و ارزانترین سلولهای خورشیدی، سلول خورشیدی سیلیسیم می باشد. ماسه یکی از منابع مهم سیلیسیم بوده و بعد از پالایش آن کریستالهای سیلیسیم بدست می آید که پس از بریده شدن بصورت لایه در می آید.

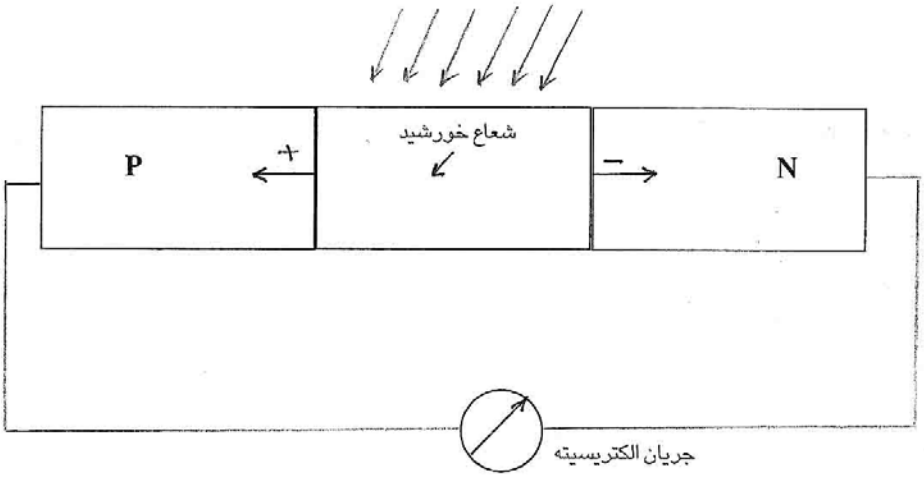
سیلیسیم بطور خالص از نظر هدایت الکتریکی، هادی ضعیفی (نیمه هادی) است. اما اگر هنگام پالایش، فسفر به آن اضافه شود، بار منفی (الکترون) و در صورتیکه بور (Bore) به آن اضافه گردد بار مثبت پیدا می کند. نوع اول را سیلیسیم نوع N و شکل دوم را نوع P می نامند. می دانیم که سیلیسیم دارای ٤ الکترون در مدار خارجی است، هنگامیکه تعدادی اتم فسفر به داخل کریستال وارد کنیم با توجه به اینکه فسفر ٥ الکترون در مدار خارجی خود دارد، ٤ الکترون مدار خارجی فسفر با ٤ الکترون

مدار خارجی سیلیسیم یک مدار بوجود می آورند و بدین ترتیب یک الکترون بصورت آزاد باقی مانده و سیلیسیم با بار منفی باردار شده و سیلیسیم نوع N بوجود می آید.



شکل ۱- اتمهای ساکن با دایره مشخص شده‌اند

از سوی دیگر اگر بجای استفاده از فسفر از اتم بور که دارای ۳ الکترون در مدار خارجی است استفاده شود، حفره هایی که مثل الکترون قابلیت حرکت دارند ایجاد شده و سیلیسیم بطور مثبت باردار می شود. اگر یک طرف یک کریستال نوع P را از نوع N باردار کنیم یک اتصال P-N بوجود می آید. در طرف نوع P حفره های آزاد و اتمهای بور با بار منفی و ساکن و در طرف نوع N الکترون های آزاد و اتمهای فسفر با بار مثبت (به علت از دست دادن یک الکترون) وجود دارد. میدان ایجاد شده توسط اتمهای باردار ساکن به حرکت ذرات متحرک و عبور از سطح میانی به نام سطح گذر تمایل دارد. اما در این حالت هیچ نوع انرژی منتقل نمی شود زیرا حفره های طرف P نمی توانند جای خود را به حفره های طرف N بدهند چون در قسمت N حفره وجود ندارد، به همین ترتیب حرکت الکترونهای طرف N عملی نمی باشد.

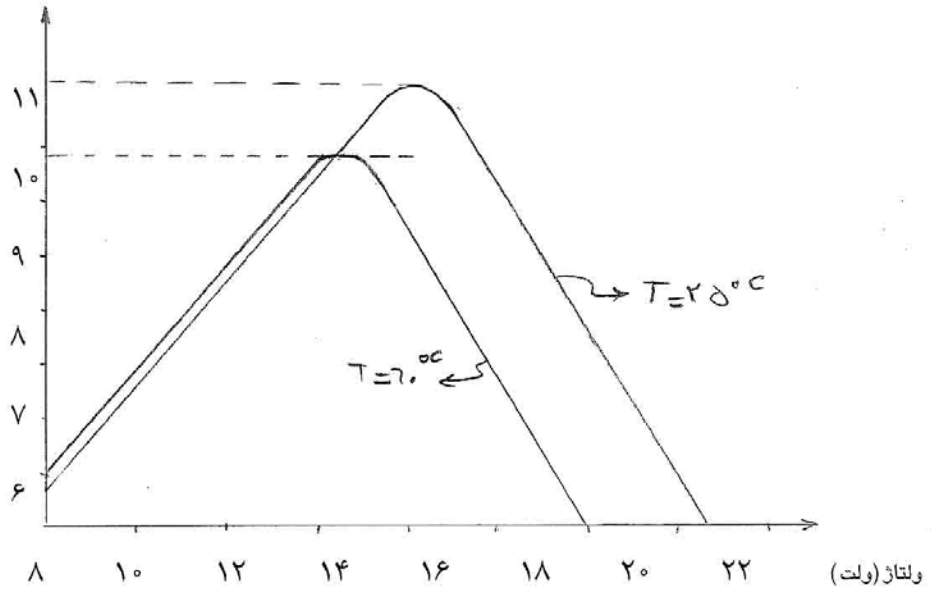


شکل ۲- تولید جریان الکتریسیته بر اثر برخورد شعاع خورشید به سلول

حال اگر فوتون (ذره نور)به سطح گذر برخورد کند می تواند الکترون را از اتم سیلسیم جدا کرده و در نتیجه حفره بوجود آورد. حفره مزبور، تحت تأثیر میدان موجود به سمت ناحیه P و الکترون به سوی ناحیه N حرکت کرده و این دو حرکت متضاد و مخالف با بارهای گوناگون یک جریان الکتریکی بوجود می آورند.

انرژی الکتریکی ایجاد شده با سطح برخورد اشعه بر سطح گذر و شدت تشعشع متناسب بوده و بازده آن حداکثر ۲۰ درصد می باشد. یک سلول فتوولتاژ معمولاً به ضخامت ۳۰۰ میکرون، از صفحات دایره ای سیلیسیم با قطر ۳ تا ۹سانتیمتر ساخته شده است. اتصالات در سطح بیرونی سلول که از یک شبکه فلزی پوشیده شده قرار دارد. پشت سلول با یک ورقه فلزی پوشیده شده است. نوع دیگری از سلولهای فتوالکتریک نیز وجود دارد که در آن بجای سیلیسیم به عنوان عنصر پایه، از کادمین استفاده می شود. مساحت سطوح سلول تأثیری بر ولتاژ آن نداشته که حدود ۰/۵ ولت می باشد. اما شدت جریان تابع مساحت سطوح سلول و شدت تشعشع خورشید بوده و در شرایط ایده آل معادل ۲۵۰ آمپر درهر متر مربع از سطح سلول می باشد. برای ایجاد یک ژنراتور، سلولها بطور سری و یا موازی به یکدیگر متصل می شوند.

مثلاً در صورت اتصال ۲٤ عدد سلول خورشیدی بطور سری، ولتاژی معادل ۱۲=۰/۵ * ۲٤ ولت در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد ایجاد می شود.



نمودار ۱- قدرت و ولتاژ در درجه حرارت‌های مختلف T

سلولهای فتوولتیک و انرژی خورشیدی

سلولهای فتوولتیک ($P.V.C_s$) به معنای سلولهای تبدیل مستقیم انرژی نوری به انرژی الکتریکی می باشند. این پدیده اثر فتوالکتریک شناخته می شود و سلولهای فتوولتیک به نام سلولهای فتوالکتریک خوانده می شود.

این سلولها که مخصوصاً برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی طراحی شده اند به نام فتوسل خوانده می شوند.

همانطور که در شکل نشان داده شده، اثر فتوالکتریک، خروج الکترون آزاد از مدار اتمی یک فلز معین بر اثر تابش نور می باشد.

هر ماده فلزی برای آزادکردن الکترون به یک حداقل معین از فرکانس نوری نیاز دارد. هر فوتون نوری حاوی مقادیر مجزایی از انرژی می باشد و قسمتی از آن انرژی باید

صرف از جای درآوردن الکترون از مدار اتم فلز گردد. مقدار انرژی لازم که در هر فلز مخصوص برای انجام کار صرف می گردد به نام تابع کار خوانده می شود. باقیمانده انرژی فوتون، خود را بصورت انرژی الکتریکی در الکترون تحریک شده نشان می دهد. بعضی از فلزات از چنان تابع کار بالایی برخوردارند که تنها فوتونهای بسیار پر انرژی می توانند الکترونها را تحریک نمایند و در بعضی که تابع کار کمتری دارند فوتونها باعث پرش تعدادی الکترون گردند. درنتیجه این عمل بعضی از فلزات در تبدیل انرژی نوری به انرژی الکتریکی بوسیله اثر فتوالکتریک از انواع دیگر بیشتر است. در فلزات خالص معمولی مقدار الکترون جریانی بسیار کم است چون مقدار الکترونهای آزاد در هر اتم کم می باشد.

برای ایجاد الکترونهای آزاد فراوان در ساختمان کریستالی فلز خالص موادی به آن افزوده می گردد که بتواند الکترون را تأمین یا وام دهد که در نتیجه یک نیمه هادی ساخته می گردد که در مقایسه با فلز خالص تقریباً غیرعادی می نماید.

نیمه هادی هایی که در صنایع جهت ساخت PVC استفاده می گردند موادی چون سیلیکون، کادمیم سولفات و گالیوم آرسناید می باشد.

امروز و فردای سلولهای خورشیدی

پتانسیل استفاده از $P.V.C_s$ بعنوان یک منبع انرژی برای سیستهای تهویه از طریق تولید انرژی برای راه اندازی سیستمهای گرمایی و تهویه می باشد.

سلولهای خورشیدی مزایای قابل قبول را داراست. اول اینکه از انرژی خورشیدی استفاده می کند و هیچ گونه آلودگی ایجاد نمی کند، دوم اینکه سلولهای خورشیدی الکتریسیته تولید می کنند که تمیز است و قابل تبدیل به دیگر انرژی های موردنیاز می باشد. سوم اینکه در آن هیچ قسمت متحرک نیست و از هیچ مایعی به عنوان واسطه استفاده نمی گردد. هزینه های معمول چون هزینه نصب پایین خواهد بود و به لوله‌ها، پمپ ها و دمنده های گران قیمت نیاز نیست.

با وجود این مشکلاتی که استفاده از سلولهای خورشیدی در بر دارد زیاد و جدی هستند. ممکن است سالها طول بکشد تا الکتریسیته بدست آمده از این سلولها از لحاظ اقتصادی قابل رقابت گردند. اول کارایی سلولهای خورشیدی بسیار پایین است. سلولهای سلیکون تنها ۱۵ تا ۲۵ درصد از انرژی نورانی که به آنها می تابد را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند.

سلولهای کادمیمی سولفات با رنجی زیر ۱۰ درصد کاملاً عدم کارایی دارند. سلولهای گالیوم آرسناید کارایی ۲۵درصد یا بیشتر را نشان می دهند. اما مشکلاتی اقتصادی در تولید این نوع سلول وجود دارد. تحقیقات تجربی برروی ورقه های نازک سلولهای خورشیدی کاهش قیمت زیادی را در محصولات نشان می دهد.

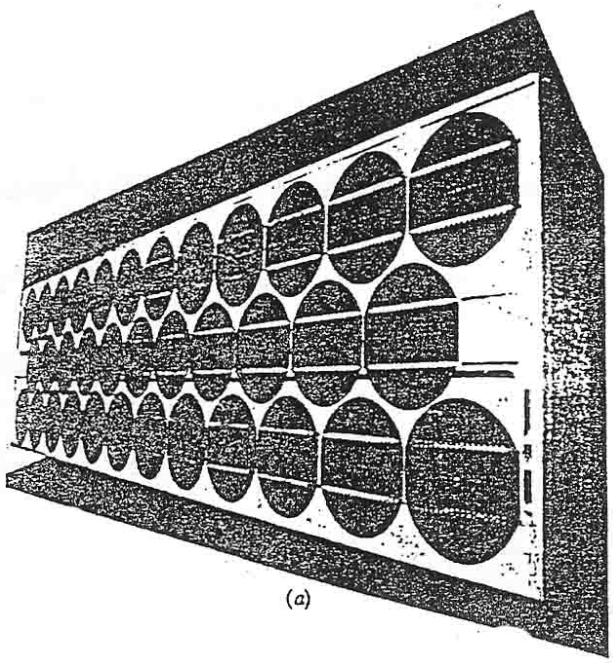
ورقه ای نازک به فرمول ($Cuin\ se_1$-cds) کارایی در حدود ۱۰ درصد دارد و قیمت آن به مراتب کمتر از ورقه های کریستال سیلیکون است.

دورنمای ۳۵ درصد کارایی یک هدف صنعتی برای آینده می باشد که شاید بتوان در طول یک دهه به آن نائل شد. توان الکتریکی یک سلول خورشیدی سیلیکون به قطر ٤ اینچ در آفتاب کاملاً ظهر حدود یک وات است با پتانسیلی برابر ۰/۵ ولت سلولها در ردیف بسته و صفحه ها با یکدیگر مجتمع گشته و با اتصالات موازی و سری ولتاژ و توان موردنظر را ارسال می دارند. این سلولها همواره خروجی خود را به باتریهایی برای ذخیره فرستاده، سپس باتریها در صورتیکه نیاز به برقی متناوب باشد جریان مستقیم خود را به یک اینورتور می فرستند.

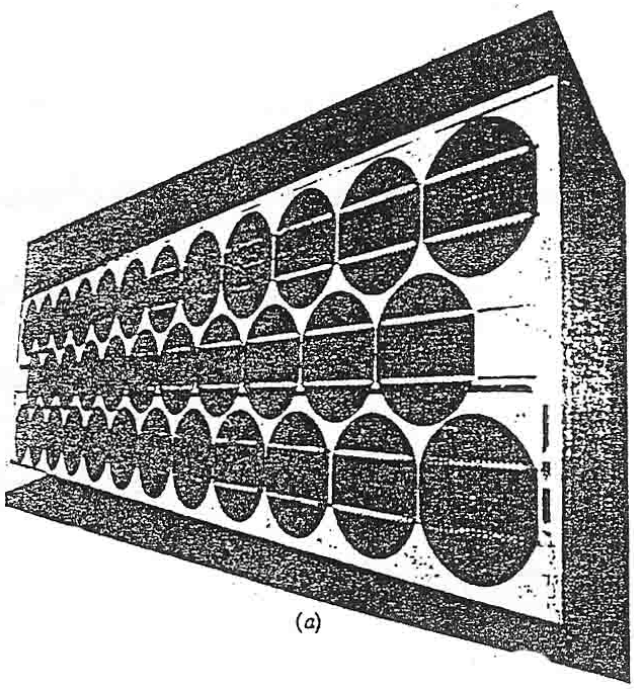
در شکل زیر دو طریق ترتیبی سلولهای خورشیدی ردیف و بسته نشان داده شده اند. مقدار توان الکتریکی که از یک دستگاه سلول خورشیدی بدست می آید، صرفنظر از دقت لازم به طریق زیر محاسبه می گردد:

برروی صفحه ای که تشعشعات خورشیدی کل آن ۲۹۰ $Btu/hr.ft^2$ (۹۱٦W/m^2) می باشد. یک ردیف سلول خورشیدی سیلیکون با کارایی ۱۵ درصد و سطح مؤثر یک مترمربع می تواند ۱۳۷ وات (۹۱٦W*۰/۱۵) توان الکتریکی تولید نماید.

با این نسبت جهت توان ۲۰ مگاواتی برق (توان خروجی یک تأسیسات تولید برق حرارتی متوسط) در تشعشع کامل و عمود خورشید سطح مورد نیاز پانلهای خورشیدی تقریباً ۳٦۰ جریب و بیش از نیم مایل مربع می باشد. در تهویه هوای منازل مسکونی اگر سلولهای سیلیکونی تمامی سطح بام رو به جنوب را بپوشاند (m ۱۰*۲۰) تحت شرایط ایده آل آفتابی، توان الکتریکی آن ۲۷٤۰۰ خواهد بود. این مقدار براستی توان خروجی جالب توجهی است بطوریکه حداکثر احتیاجات منازل بزرگ را در تابستان برآورده می سازد. ولیکن ممکن است حداکثر احتیاجات گرمایی در آب و هوای زمستانی رابرآورده نکند (۲۷/٤ کیلووات معادل Btu/hr ۹۳۵۰۰ می باشد.)



الف



شکل ۵

سلولها در ساعات شب هیچ توانی نداشته و در روزهای ابری نیز خورجی اندکی دارا هستند. بنابراین نیاز به یک سیستم کمکی می باشد. کارایی کم سلولهای خورشیدی و همچنین ذخیره انرژی عامل جدی در استفاده از آنها بشمار می رود. حتی اگر کارایی سلولها در هوای آفتابی دو برابر شود مشکل ذخیره انرژی برای استفاده در شب و یا روزهای ابری همچنان باقی خواهد ماند. از نظر تکنولوژیکی ذخیره کردن انرژی مشکل جدی دربر ندارد اما هزینه کلی تهیه آن بسیار گران است.

همچنین مشکل دیگر تبدیل جریان مستقیم که DC که بوسیله سلولهای خورشیدی تهیه می گردد به جریان متناوب AC با ولتاژ و فازهای موردنیاز در استفاده وسائل منزل و تجاری می باشد.

اینورتورها را می توان برای این مسئله بکار برد اما هزینه همچنان یک عامل مهم خواهد بود. گرچه سلولهای خورشیدی ممکن است عاقبت انرژی موردنیاز جهت تهویه هوا را تأمین کنند اما در حال حاضر کارایی پایین و هزینه فراوان مشکل

اساسی بکار می رود. با وجود افزایش هزینه ها استفاده عملی از سلولهای خورشیدی هنوز بعید است برای مثال در سال جاری هزینه تولید توان الکتریکی بوسیله سلولهای خورشیدی براساس دلار برای یک منزل معمولی ۷ تا ۱۰ برابر تولید آن از راههای مرسوم می باشد. فاکتور اصلی یعنی گرانی و بالابودن هزینه ساخت این سلولها است. بطور مثال برای تهیه یک مجتمع سلولی یک کیلوواتی ۸۰۰۰۰ اتصال جوش موردنیاز است.

بطور خلاصه $P.V.C_s$ برای آینده مناسب خواهد بود اما برای امروز هیچ توجیه اقتصادی چه در استفاده از سلولهای خورشیدی، چه در استفاده از کلکتورهای خورشیدی در برابر سوختهای مرسوم وجود ندارد.

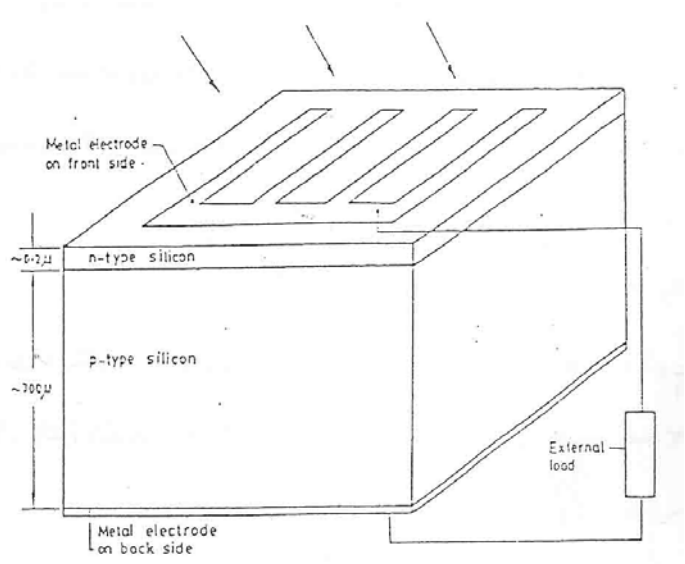
تبدیل فتوولتائیک

درتبدیل فتوولتائیک تشعشع خورشیدی برروی وسیله ای به نام سلول خورشیدی منتقل شده و مستقیماً انرژی خورشید به الکتریسیته تبدیل می شود. از مزایای این سیستم عدم داشتن اجزاء متحرک، نگهداری آسان و عملکرد رضایتبخش است. در آینده در صورت تقلیل قیمت محصول، این سیستم می تواند یکی از سیستمهای اصلی تولید الکتریسیته برای مصارف منطقه ای باشد.

اولین سلول خورشیدی در ۱۹۵٤ در ایالات متحده آمریکا و از جنس سیلیکون ساخته شد. در حال حاضر نیز سلولهای سیلیکونی اقتصادی تری دارند. سلولهای سیلیکونی، ورقه های نازک به ضخامت حدود ۳۰۰μm و قطر ۲ تا ٦ سانتیمتر بوده و حاوی کریستال n یا p هستند. (شکل زیر)

در سمت دیگر بخاطر نفوذ، لایه نازکی از کریستال نوع دیگر متصل است. به قسمتهای جلو و عقب این سلولهای الکترودهای فلزی، با استفاده از لحیم سخت از نوع Ti-Ag متصل شده اند در قسمتهای فوقانی الکترود بصورت شبکه فلزی است که اجازه می دهد نور خورشید عبور کند در حالیکه در قسمت عقب الکترود کاملاً

سطح را می پوشاند. یک پوشش ضد تشعشع از جنس sio به ضخامت ۰/۱ µm برروی سطح فوقانی کشیده شده است. در هنگام برخورد، تشعشع جذب شده و یک جفت بار مثبت و منفی به نام زوج حفره الکترون بوجود می آید. به دلیل اتصال p-n این زوج بار مثبت و منفی از هم جدا می شوند. جریان حاصله توسط الکترودهای فلزی جمع شده و به بار خروجی جریان می یابد.



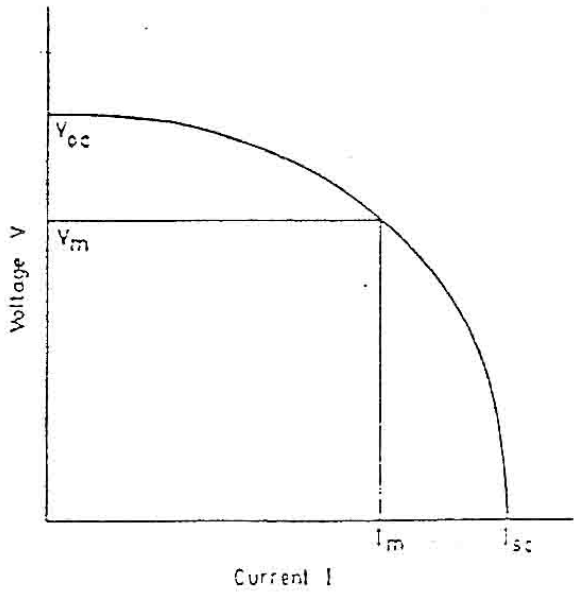
نمودار یک سیستم سیلیکونی

بازده تبدیل سلولهای سیلیکونی بین ۱۰ تا ۱۵ درصد است. عامل مهم در مواد که برروی بازده تأثیر دارد انرژی موسوم به (انرژی band gap) (E_g) است. فتونهایی از نور خورشید که دارای انرژی (E) کمتر از E_g هستند بطور مفید جذب نمی شوند، ولی اگر $E>E_g$ باشد به میزان ($E-E_g$) از انرژی بصورت حرارت تلف می شود. برای سیلیکون مقدار E_g، ۱/۲ الکترون ولت است که این مقدار جهت کسب بیشترین بازده مناسب است. برخی دیگر از مواد که به دلیل مقدار E_g خود برای تولید سلول خورشیدی مناسب هستند، عبارتند از:

علاوه بر E_g، مشخصه جریان- ولتاژ یک سلول نیز برروی بازده آن اثر دارد. جریان I_{sc} که در شرایط ولتاژ صفر بدست می آید (جریان مدار کوتاه) نام داشته در حالیکه ولتاژ V_{oc} در شرایط مدار باز بدست می آید.

حاصلضرب این مقادیر توان ایده آل سلول نام دارد.

اگر ولتاژ و جریان در این حالت به ترتیب با I_m, V_m نمایش داده شوند، حداکثر توان مفید V_mI_m است. نسبت حداکثر توان مفید به توان ایده آل (ضریب پرشدن) نام دارد.



مشخصه جریان – ولتاژ یک سلول خورشیدی

مثلاً در یک سلول:

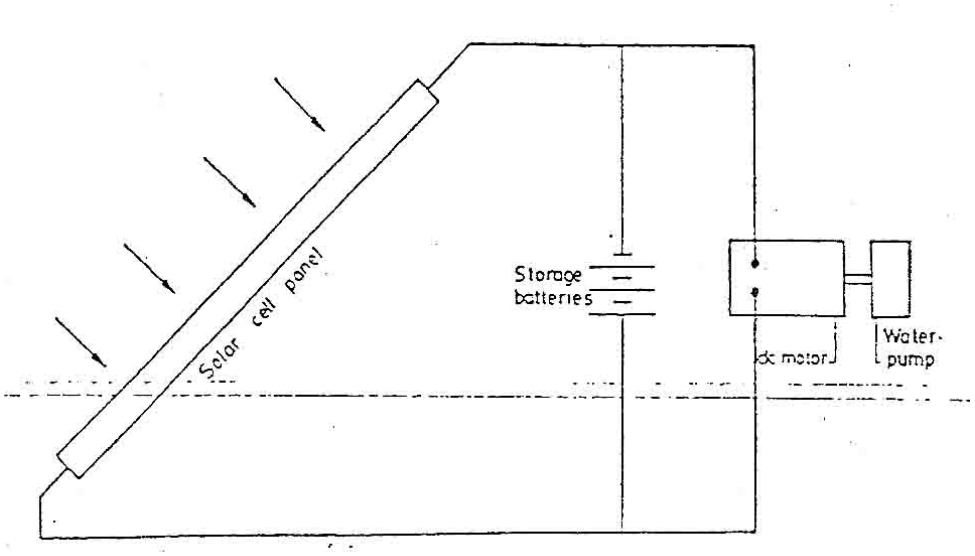
V_{oc}: 450 – 650 mv

L_{sc}: 30 – 50 mA/cm^2

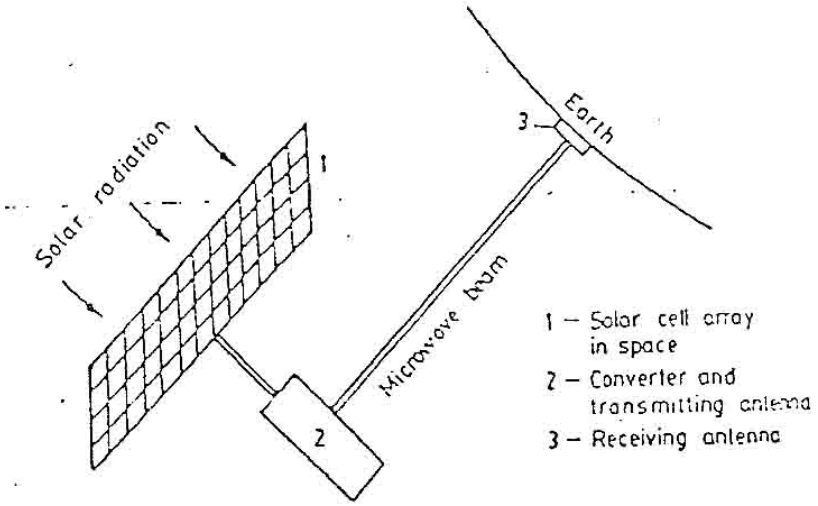
٪۸۰ - ٪۶۵ ضریب پرشدن

در ابتدا سلولهای خورشیدی برای کاربردهای فضایی ساخته می شد و قیمت در درجه دوم اهمیت قرار داشت بطوریکه به ازاء هر وات قیمت آن به چند هزار دلار

می‌رسید. در حالیکه در سفر sky lab قیمت آن به ۵۰۰ دلار به ازاء هر وات رسید. در ۱۹۷۳ قیمت به ۵۰ دلار به ازاء هر وات و در دهه ۸۰ میلاد به یک چهارم این مقدار رسید. بالا بودن قیمت بیشتر به دلیل نحوه کریستال سازی است که بصورت خط تولید امکان پذیر نیست، بطوریکه حدود ۷۰ درصد سیلیکون تلف می شود. روشهایی در حال توسعه است که در صورت عملی شدن قیمت را به یک چهارم تا یک پنجم تقلیل می دهد. علیرغم مشکل قیمت سلولهای خورشیدی برروی صفحاتی (panel) نصب شده و در مقاصد تجاری و کشاورزی در نقاطی که از خطوط برق دور هستند استفاده می شود. برای مثال در شکل زیر یک واحد پمپاژ کوچک جهت آبیاری، با استفاده از سلول خورشیدی نشان داده شده است.



نمودار سیستم پمپاژ آب



نیروگاه خورشیدی ماهواره‌ای

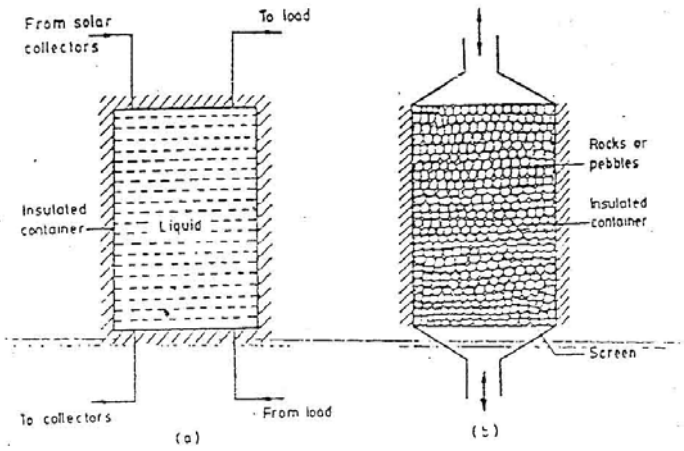
ذخیره سازی انرژی

همانگونه که اشاره شد یکی از مشکلات کاربرد انرژی خورشیدی، تغییرپذیری آن است، بطوریکه در طول شبانه روز یا ایام سال مقدار آن متفاوت است. در اغلب کاربردها نیاز به گونه ای (سیستم ذخیره سازی انرژی) وجود دارد. مقصود از چنین سیستمی ذخیره انرژی در هنگام مازاد بودن آن و استفاده از این انرژی ذخیره شده در هنگام عدم وجود منبع انرژی است. ذخیره انرژی به شکلهای مختلفی صورت می‌گیرد: حرارتی، برقی، مکانیکی، و شیمیایی انرژی حرارتی می تواند به عنوان انرژی محسوس یا نهان ذخیره شود.

ذخیره حرارتی محسوس معمولاً توسط مخزنی حاوی مایع (مثل آب) یا یک جامد متخلخل نظیر شن یا سنگ صورت می گیرد. (شکل زیر) نوع اول بیشتر برای گرد آورنده های مایع مناسب است در حالیکه دومی برای گرمکن هوا بهتر است. به هر حال در این ذخیره سازها، فاز ماده ذخیره کننده ثابت است.

ماده ذخیره کننده در سیستمهای محسوس معمولاً آب است ولی گاه از روغن و نمکهای مذاب غیرآلی و همینطور سنگ و شن نیز استفاده می شود. انتخاب ماده موردنظر بستگی به دمای کاری دارد.

آب برای دماهای زیر ۱۰۰ درجه سانتیگراد مناسب است و از آجر خرد شده برای دماهای حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد می توان استفاده نمود. عیب این سیستمها بزرگی اندازه آنهاست که در نتیجه برای انتخاب ماده موردنظر مقدار گرمای ویژه و جرم مخصوص اهمیت زیادی دارد. عیب دیگر این سیستمها، ثابت بودن دمای سیستم است. ظرفیت مخازن از چند صد لیتر تا چندهزار لیتر و حتی گاه تا چند هزار مترمکعب متغیر است. ظرفیت تقریبی این مخازن به ازاء هر متر سطح گردآورنده حدود ۷۵ تا ۱۰۰ لیتر است. سیستمهای ذخیره آب معمولاً فولادی، بتنی یا فایبرگلاس هستند. این مخازن باید به نحوی عایق شوند، ضخامت عایق معمولاً بین ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر است. بهای عایق برروی بهای کل مخزن تأثیر زیادی دارد. برای دماهای بیش از ۱۰۰ درجه سانتیگراد اگر از آب استفاده شود باید مخزن تحت فشار باشد سیستمهای ذخیره روغنی برای محدوده دمای ۳۰۰-۱۰۰ درجه سانتیگراد مناسب هستند. البته روغنها در اثر انتقال حرارت دچار تغییر خصوصیات می شوند که این امر اگر در بالاتر از دمای پیشنهادی صورت بگیرد بسیا مخاطره آمیز است. همچنین از نظر ایمنی باید روغنها در پایین تر از دمای اشتغال (Flash point) کار کنند. توصیه می شود سیستمهای روغنی در مجاور گازهای خنثی کار کنند. البته قیمت روغن نیز در قیاس با بسیاری سیالات بالا است.



نمودار دو سیستم ذخیره انرژی: (a) مایع (b) جامد متخلخل

نمکهای مذاب غیرآلی در سیستمهای ذخیره محسوس برای دماهای بالاتر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد بکار میرود. برای مثال NaoH با نقطه ذوب ۳۲۰ درجه سانتیگراد می تواند تا دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار گیرد. البته این نمک بسیار خورنده بوده و ذخیره آن در دماهای بالا با اشکال صورت می گیرد. در جدول ۱ خصوصیات برخی مایعهایی که در سیستمهای ذخیره محسوس بکار می روند درج شده است.

	Water*	Servotherm*		NaoH**	Hitec***
		Light	Medium		
Higest temperature for use (°C)	100	~150	~250	800	425
Density ρ (kg/m^3)	958.4	867	880	1780	1760
Specific heat C_p (kj/kg.K)	4.22	2.24	2.22	2.07	1.51
ρ C_p (kj/m^3.K)	4044	1942	1954	3685	2653
Thermal conductivity (W/m.K)	0.683	0.126	0.123	1.2	0.54

* Properties at 100°C

**Properties at 320°C

***Properties at 400°C

خصوصیات برخی مایعهای مورد استفاده در سیستم ذخیره محسوس

در سیستمهای ذخیره محسوس جامد، سنگ یا شن درون محفظه عایقی محدود شده اند. این نوع سیستم معمولاً برای دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد در ارتباط با گرمکن هوا استفاده می شود. طراحی آن ساده بوده و نسبتاً ارزان قیمت است. اندازه قطعات و سنگها از ۱ تا ۵ سانتیمتر است. معمولاً به ازاء هر متر مربع سطح گردآورنده از ۳۰۰–۵۰۰kg سنگ استفاده می شود. از این سیستم برای ذخیره دما تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد نیز می توان استفاده کرد. از محصولاتی نظیر اکسید منیزیم، اکسید آلومینیوم، اکسید سیلیکون می توان برای ذخیره سازی در دماهای بالاتر استفاده کرد.

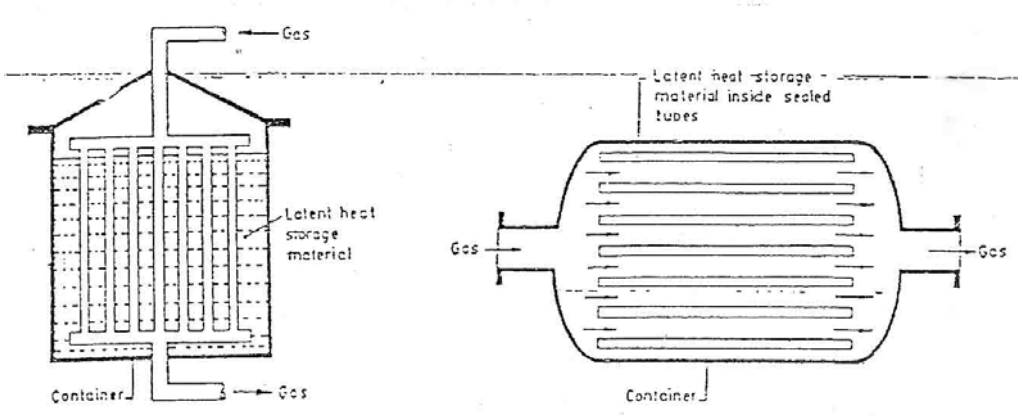
	Rocks	Pebbles	Magnesium oxide	Aluminium oxide	Silicon oxide
Density ρ (kg/m^3)	2245	1350	3575	4000	2600
Specific heat C_p (kj/kg.K)	0.81 (0.71_0.92)	0.90	1.06	1.02	1.26
ρ C_p (kj/m^3.K)	1818	1215	3790	4080	3276
Thermal conductivity (W/m.K)	0.13	0.85	10.5	6.3	2.3

خصوصیات برخی جامدهای مورد استفاده در سیستم

در سیستمهای ذخیره نهان، حرارت در ماده ای ذخیره شده و باعث ذوب آن می‌شود، اخذ انرژی از مخزن موجب انجماد ماده می شود. پس این ذخیره کننده ها برخلاف نوع محسوس تنها در دمای ثابتی که تغییرفاز صورت می گیرد عمل می‌کنند. برخی از مواردی که در سیستمهای ذخیره نهان بکار می روند عبارتند از: آب، پارافین، نفتالین، NaoH و Lif که این مواد بسته به دمای ذوب از صفر تا ۸۵ درجه سانتیگراد می توانند عمل کنند. این مواد می توانند از ترکیبات نمکهای معدنی یا ترکیبات پیچیده آلی بوده و بصورت واحد یا مخلوط بکار روند. در انتخاب ماده

ذخیره کننده معمولاً این موارد مورد نظر است: ۱- نقطه ذوب ۲- بالابودن گرمای نهان ذوب ۳- تغییر حجم اندک در حین تغییر فاز ٤- در حین تغییرفاز مقدار مافوق داغ شدن یا مادون سرد شدن (نسبت به نقطه ذوب) ناچیز باشد. ٥- ضریب هدایت حرارتی همیشه و در هر فاز باید بالا باشد. ٦- خورنده نباشد.

سیستمهای ذخیره نهان بسیا پیچیده است، از آنجا که مقاومت در مقابل جریان حرارت در اثر سردشدن سیستم ذخیره افزایش می یابد لذا مواد ذخیره کننده در مخازن طویلی تعبیه شده و گاز از طریق فضاهای باریکی که بین لوله های محتوی مواد ذخیره کننده حرارت وجود دارد، عبور می کنند. (شکل زیر)

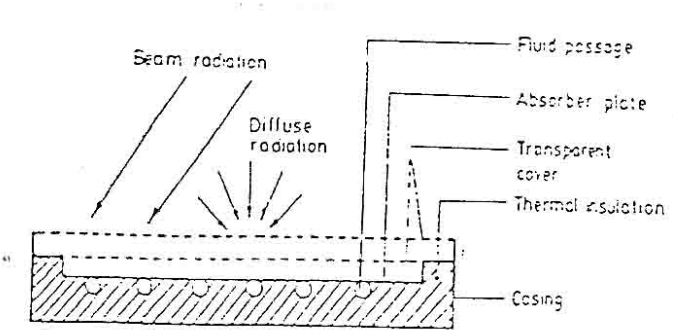


آرایشهای مختلف سیستم ذخیره نهان

البته گاه گاز از داخل لوله عبور کرده و مواد در بیرون آنها انتقال حرارت انجام می‌دهند. گاه نیز لوله حاوی مواد ذخیره کننده در حال دوران بوده و در نتیجه انجماد از درون لوله و در محل هسته های مایع داخلی صورت می گیرد، نه برروی دیواره لوله. البته برای ذخیره حرارت لوله های گرمائی (heat pipes) نیز توصیه شده اند.

تبدیل- جمع آوری و ذخیره حرارتی

یک وسیله گردآورنده سطح تیره ای است که در معرض تشعشع خورشیدی قرار گرفته تا بتواند تشعشع آن را جذب کند. قسمتی از این انرژی جذب شده به سیالی نظیر هوا یا آب منتقل می شود. وقتیکه از متمرکز کننده اپتیکی نوری استفاده نشود از گردآورنده تخت استفاده می شود. گردآورنده تخت طرح ساده ای داشته و بدون هیچ عضو متحرک نیاز اندکی به تعمیر و نگهداری دارد. کاربرد این گردآورنده ها معمولاً در محدوده دمای ۱۰۰-۴۰ است. در شکل زیر نمودار شماتیک یک گردآورنده تخت با سیال مایع نشان داده شده است.



گردآورنده تخت مایع

گردآورنده تخت شامل صفحه جانبی است که برروی آن یک یا چند صفحه شفاف (معمولاً شیشه ای) قرار داشته و تشعشع خورشیدی به آن برخورد می کند. تشعشع جذب شده به مایعی که در درون لوله های متصل درون صفحه جاذب (بصورت یکپارچه) جریان دارد، منتقل می شود. صفحات شفاف معمولاً میزان تلفات جابجایی از قسمت فوقانی و مقداری نیز بطریق هدایت از پشت و لبه های گردآورنده تلف می‌شود. صفحات شفاف معمولاً میزان تلفات جابجایی و تشعشع را کاهش می دهند، ولی برای تقلیل تلفات هدایتی باید از عایقهای حرارتی استفاده شود. سیال مورد

استفاده معمولاً آب است. گردآورنده معمولاً در وضعیت ثابت برروی پایه ای قرار گرفته و با زاویه ای خاص به سمت جنوب تنظیم می شود. (در نیمکره شمالی)

مزیت اصلی گردآورنده های تخت این است که هم اشعه مستقیم (طیفی) و هم اشعه پخشی خورشید را جذب می کند، همچنین هزینه نگهداری آنها پایین است. عیب اصلی آنها، زیاد بودن سطح تبادل حرارتی است که باعث بالا رفتن تلفات حرارتی نیز شده و در نتیجه بازده گردآوری آنها پایین است.

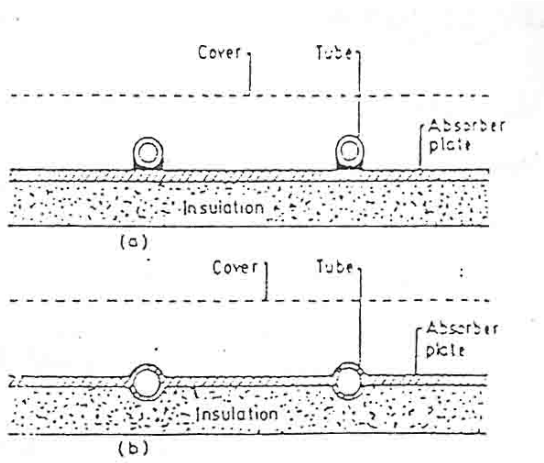
مایع مورد گرمایش معمولاً آب است. البته گاه از مخلوط آب و اتیلن گلیکول، در هنگامیکه دمای محیط زیر صفر است نیز استفاده می شود. صفحه جاذب از ورقهای فلزی به ضخامت ۱ تا ۲ میلی متر بوده و لوله ها نیز که اغلب فلزی هستند دارای قطر ۱ تا ۱/۵ سانتیمتر می باشند. اتصال لوله ها بصورت لحیم کاری، لحیم سخت یا توسط گیره یا بست به صفحه جاذب صورت گرفته و گام لوله ها نسبت به هم بین ۵ تا ۱۵ سانتیمتر است. در برخی سیستمها آرایش لوله ها خطی بوده و بصورت یکپارچه با صفحه جاذب است. فلزات مورد استفاده معمولاً مس، آلومینیوم، آهن گالوانیزه و فولاد هستند. البته در مورد آلومینوم امکان دارد آب باعث خوردگی آنها شود در نتیجه آب باید کاملاً تصفیه شده باشد. جنس کله گی (محل اتصال) لوله ها که در ورودی یا خروجی آنها نصب می شود مشابه لوله ها بوده ولی قطر آنها کمی بزرگتر است (شکل زیر)

صفحات شفاف معمولاً از جنس شیشه به ضخامت ٤-۳ میلی متر هستند. معمولاً از یک یا دو صفحه به فاصله ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتر از هم استفاده می شود.

عایقهای کف و جانب معمولاً از جنس پشم معدنی یا پشم شیشه به ضخامت ۵ تا ۸ سانتیمتر هستند.

تمام این تجهیزات در یک چارچوب فلزی که قابلیت تنظیم در زاویه مناسب را دارد نصب شده اند. سطح گردآورنده ها نیز معمولاً بین یک تا دو متر مربع است.

در سالهای اخیر استفاده از مواد پلاستیکی برای جاذب، لوله ها و پوشش شفاف رواج پیدا کرده و چنین سیستمی برای دماهای کمتر از ۷۰-۶۰ درجه سانتیگراد متناسب است. این پلاستیکها در مقابل نور خورشید مقاوم بوده و از نظر وزنی سبک و از لحاظ قیمت ارزان هستند.



گردآورندهای تخت: (a) لوله‌ها به صفحه جذب کننده متصل هستند. (b) لوله‌ها بصورت خطی و یکپارچه با صفحه جاذب هستند.

برخی دیگر از گردآورنده های تخت مایع

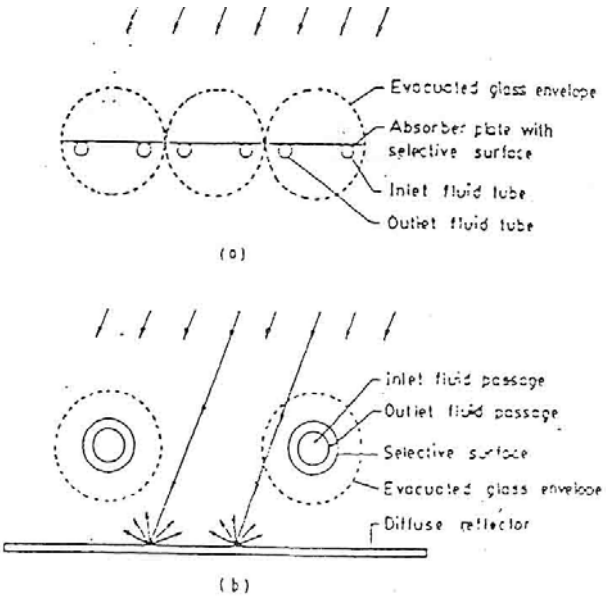
الف- گردآورنده های تخت خلأ

یک راه جهت بالابردن عملکرد گردآورنده ها و کاهش تلفات حرارتی بطریق جابجایی، ایجاد خلأ بر روی صفحه جاذب است. در این روش برای پوشش شفاف باید از لوله شیشه ای استفاده کرد چون تنها سطح لوله ای می تواند در مقابل تنش ایجادشده ناشی از اختلاف فشار مقاومت کند. در شکل زیر دو نوع از این گردآورنده ها نشان داده شده است. در نوع (a) تعدادی گردآورنده تخت کوچک در کنار یکدیگر قرار گرفته اند.

هر مدول دارای یک صفحه جاذب فلزی بهمراه دو لوله ناقل سیال است که درون یک لوله شیشه ای تحت خلأ قرار دارد. برای جلوگیری از تنشهای حرارتی یک سر لوله‌ها U شکل است. در نوع (b) هر مدول شامل سه لوله هم مرکز است که فضای بین دو لوله خارجی از هوا خالی شده است. سطح خارجی لوله میانی به عنوان سطح جاذب عمل کرده و از پوشش مناسبی برخوردار است. سیال از لوله داخلی وارد شده و از فضای دو جداره بین لوله ها خارج می شود. در این روش مدولها چسبیده بهم نبوده و گامی معادل قطر لوله شیشه ای خارجی، بین لوله ها وجود داشته و در عین حال از صفحه ای برای برگشت تشعشعات پخش شده استفاده می شود. در کاربردهای تجاری قطر لوله خارجی حدود ۷-٦ سانتیمتر و طول آنها حدود یک متر است. بازده این نوع گردآورنده ها حدود ۵۰ تا ٦۰درصد است که بمراتب بیش از گرد آورنده های معمولی است.

ب- چند طرح نوین

تعدادی طرح جدید نیز توسط محققین ارائه شده است. هیچکدام از این طرح ها استفاده عمومی یا تجاری ندارند ولی بهرحال از جنبه های ارزشمندی برخوردار هستند. برخی از این طرحها عبارتند از:



گردآوردنده‌های با لوله تخلیه شده: (a) نوع صفحه تخت (b) نوع لوله هم مرکز

۱- گردآورنده های لانه زنبوری

۲- گردآورنده های با تابش دوگانه

۳- گردآورنده های تله حرارتی

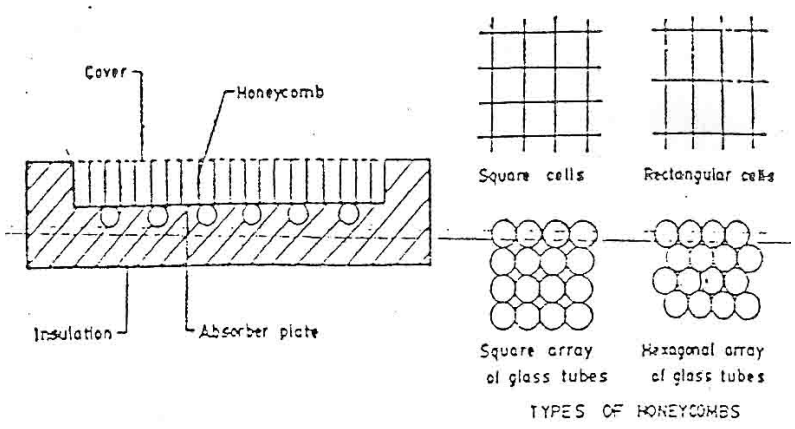
٤- گردآورنده های قطره ای

٥- گردآورنده با بستر فشرده

٦- گرد آورنده تخت با مایع سیاه

سه گردآورنده اول می توانند به دماهای بیش از گردآورنده های معمولی رسیده و بازده بالاتری نیز دارند. سه نوع دوم بسیار ساده تر و ارزانتر از انواع رایج هستند که البته در دمای پایینتری عمل کرده و بازده پایینتری نیز دارند.

در گردآورند های لانه زنبوری یک شبکه لانه زنبوری بین صفحه جاذب و پوشش، مطابق شکل زیر قرار می گیرد.

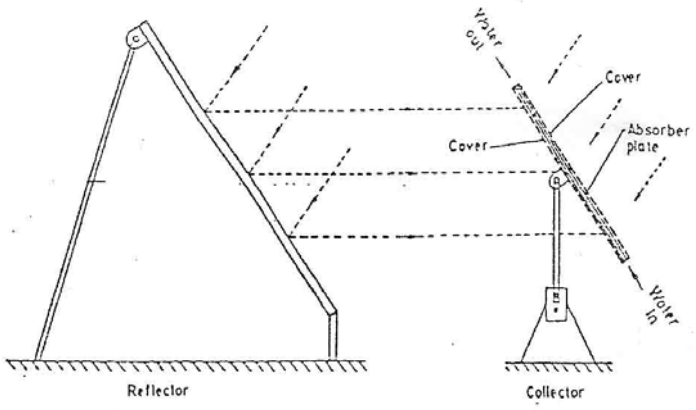


گردآورنده‌های لانه زنبوری

لانه زنبوری از مواد شفافی نظیر شیشه ساخته شده و به شکل سطح مقطع های مختلفی ساخته می شود. مثلاً می تواند بصورت سلولهای مربعی، مستطیلی یا لوله‌های استوانه ای باشد. شیشه تشعشع خورشید را عبور داده ولی برای برگشت تشعشع در مقابل طول موجهای بلند کدر محسوب می شود. هرچند این نوع سیستم

تلفات حرارتی تشعشعی و جابجایی را کم می کند ولی تفات هدایتی از دیواره لانه زنبوری افزایش می یابد.

در گردآورنده با تابش دوگانه هردوطرف صفحه جاذب در معرض تشعشع حرارتی قرار می گیرند. در این نوع، عایق پشتی توسط یک صفحه شفاف جایگزین شده و یک بازتابنده تخت، تشعشع خورشیدی را به سمت پشت گردآورنده منعکس می کند (شکل زیر) هم گردآورنده و هم بازتابنده برروی پایه های قابل تنظیم قرار دارند. آزمایشات نشان داده که حداکثر انرژی گردآوری شده نسبت به گردآورنده های معمولی ٤٨٪ افزایش یافته است.

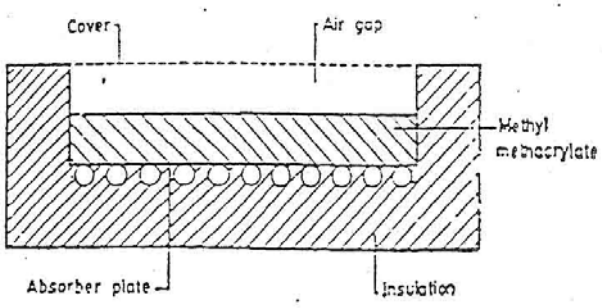


گردآوردنده تخت با تابش دوگانه

در گردآورنده نوع تله حرارتی (شکل زیر) یک صفحه ضخیم شفاف برروی سطح قرار می گیرد. این صفحه دارای ضریب عبور تشعشع بالا و ضریب هدایت پایینی است. در نتیجه دمای صفحه جاذب بالاتر از گردآورنده های معمولی است. برای گردآورنده نشان داده شده این دما به ١٧٤ درجه سانتیگراد می رسد.

در گردآورنده قطره ای آب با دبی پایین از روی یک صفحه جاذب چین دار به پایین فرو می ریزد. توزیع آب از بالا بصورت یکنواخت بوده و در پایین صفحه در مجرایی جمع می شود. بازده این سیستم پایینتر از سیستمهای رایج است.

در گردآورنده های تخت با مایع سیاه، مایع سیاهی با قابلیت جذب بالا در لوله های شفاف جریان داشته و مستقیماً تشعشع خورشیدی را جذب می کند. مخلوط آب- اتیلن گلیکول به همراه مقداری جوهر می تواند به عنوان مایع کارکن باشد. اغلب شکل لوله بصورت مارپیچی است. این مارپیچ در داخل یک جعبه چوبی گود قرار گرفته و در نتیجه تلفات حرارتی به دلیل عدم استفاده از سطوح فلزی کاهش می یابد.



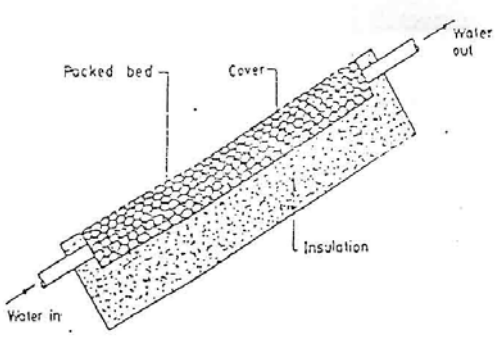
گردآورنده تله حرارتی

هدف گردآورنده با بستر فشرده نیز کاهش حرارتی است (شکل زیر) در این سیستم، تشعشع خورشیدی پس از عبور از پوشش مستقیماً به آب، که درون بستر فشرده ای قرار دارد، برخورد می کند. بستر فشرده به عنوان ماده جاذب حرارت عمل کرده و حرارت را بطریق جابجایی به آب منتقل می کند.

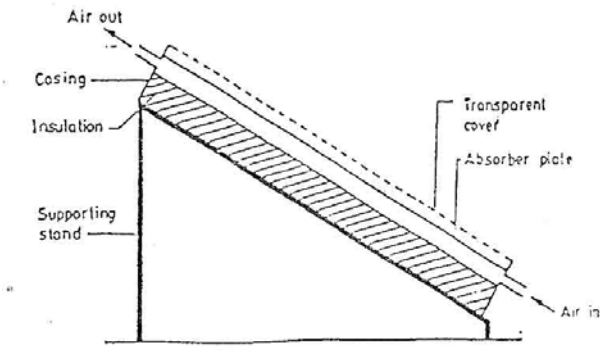
جنس بستر می تواند از گلوله های کروی شیشه ای با رنگهای مختلف، گلوله های کروی توخالی از جنس سلولوئید با رنگ سبز یا سنگهای دانه بندی شده باشد. بازده این سیستم حدود سیستمهای رایج بوده و دمای آب خروجی ۱۵-۱۰ درجه سانتیگراد بیش از دمای محیط است.

از گردآورنده های تخت برای گرمایش هوا نیز استفاده می شود (شکل زیر) ساختار این گرمکنها مشابه گرمکن مایع بوده و فقط از لوله ها عبور می کند. بدلیل تقلیل افت فشار در این گردآورنده ها، باید سطح مقطع جریان افزایش داده شود.

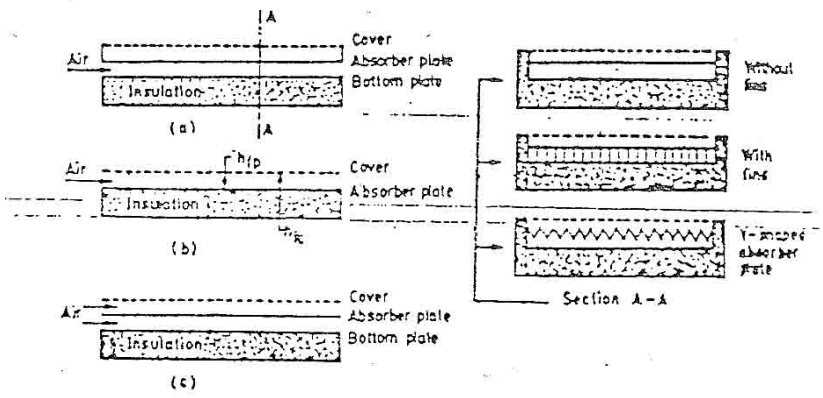
یک گرمکن هوای خورشیدی معمولاً از صفحه جاذبی تشکیل شده که صفحه زیرین دیگری به موازات آن قرار داشته و تشکیل مجرائی را می دهد که در طی آن هوا گرم می شود. در اینجا نیز در بالای صفحه جاذب پوشش شفافی قرار دارد و در قسمت پایین نیز صفحه فلزی به عنوان چارچوب گرمکن موجود بوده و از عایق پر شده است. در شکل زیر گونه های مختلفی از گرمکنهای خورشیدی هوا نشان این سیستم نیز نیاز اندکی به نگهداری داشته، بعلاوه چون هوا یخ نمی زند نسبت به گرمکنهای مایع نیز به توجهات کمتری محتاج است. از آنجا که ضریب انتقال حرارت هوا و صفحه جاذب کم است لذا بازده این سیستم پایین است، به همین دلیل سطوح اغلب خشن بوده و یا پره های طولی در مسیر جریان هوا تعبیه شده اند. همچنین صفحه جاذب می تواند بصورت چین دار یا V شکل باشد.



گردآورنده با بستر فشرده



گرمکن هوای خورشیدی



انواع گرمکنهای خورشیدی

از آنجا که حجم هوای عبوری زیاد است لذا افت فشار مسئله مهمی است. سطح گرمکنها بین ۱ تا ۲ متر مربع بوده و ساختار آن مشابه گرمکنهای مایع است. صفحه جاذب فلزی و به ضخامت ۲-۱ میلیمتر از جنس فولاد یا آهن گالوانیزه است. برای صفحه شفاف معمولاً از شیشه به ضخامت ۳ تا ٤ میلیمتر استفاده می شود. البته استفاده از پلاستیک نیز رواج دارد. برای عایق از پشم معدنی یا پشم شیشه به ضخامت ٥ تا ۸ سانتیمتر استفاده می شود. کل سیستم درون چارچوب فلزی جای داشته و دارای شیب مناسبی است.

در یک طرح دیگر برای کاهش تلفات از قسمت فوقانی گرمکن، هوا بصورت دو مسیره از بین پوشش و صفحه جاذب عبور می کند. آزمایشات نشان داده که بدین ترتیب دمای پوشش شیشه ای ۲ تا ٥ درجه کاهش یافته و بازده ۱٥-۱۰ درصد بیش از گرمکنهای معمولی است (شکل زیر)

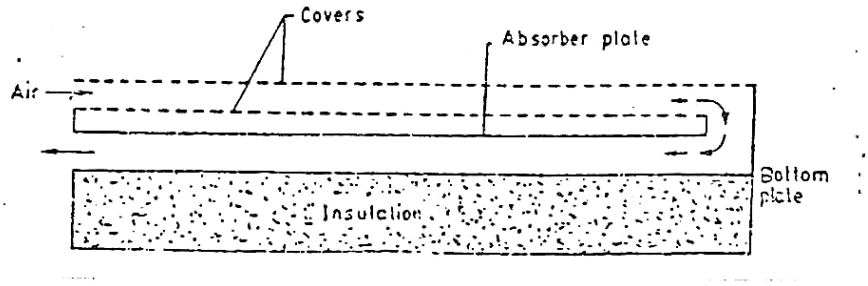
چندین طرح نوین

تعدادی از محققین طرحهایی برای گرمکن هوا ارائه داده اند که برخی از آنها عبارتند از:

الف- گرمکن با صفحه شیشه ای رویهم

ب- گرمکن هوای ماتریسی

ج- گرمکن هوای لانه زنبوری با بستر متخلخل



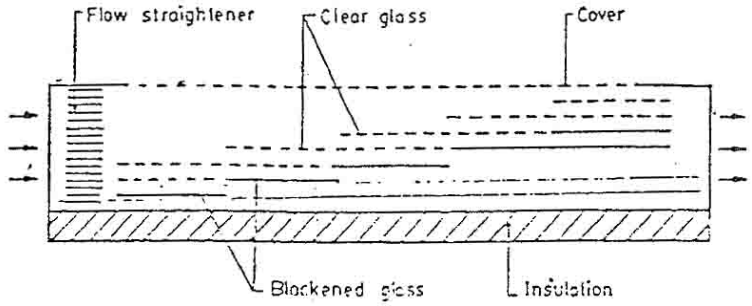
گرمکن خورشیدی هوای دو مسیره

در هر سه طرح هوا از میان صفحه جاذب جریان دارد. این گرمکنها معمولاً دارای بازدهی بیش از گرمکنهای معمولی هستند. همچنین به دلیل سطح جریان بزرگ افت فشار کمتری دارند.

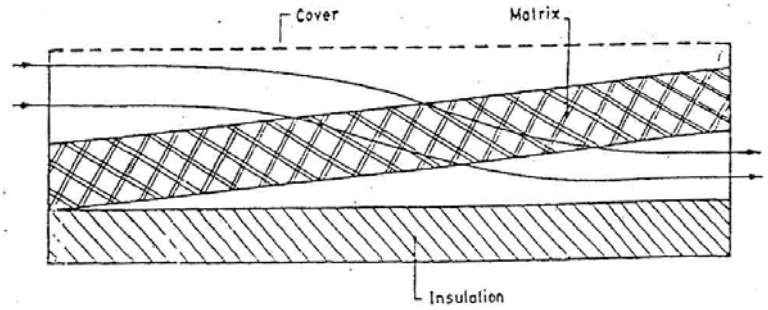
گرمکن با صفحه شیشه ای رویهم شامل تعدادی صفحه شیشه ای موازی رویهم دیگر است. (شکل زیر) هوا بموازات صفحات و از بین آنها جریان دارد. به منظور ایجاد جهات برای هوای ورودی از یک هسته لانه زنبوری استفاده می شود. در این گرمکنها با بازده ٦٠٪ به دمای خروج ٤٠ درجه سانتیگراد می توان دست یافت. البته سطح لازم برای نصب شیشه ها زیاد بوده و حدود چهاربرابر سطح گرمکن است.

در نوع ماتریسی سیال از میان یک ماتریس متخلخل، که تشعشع مستقیماً برروی آن می تابد عبور می کند. هوا از بالا وارد شده و طی جریان رو به پایین گرم می شود. میزان افت فشار بسیار کم و حدود $\frac{1}{200}$ گرمکنهای معمولی است. بازده این سیستم حدود ٧٥٪ است (شکل زیر)

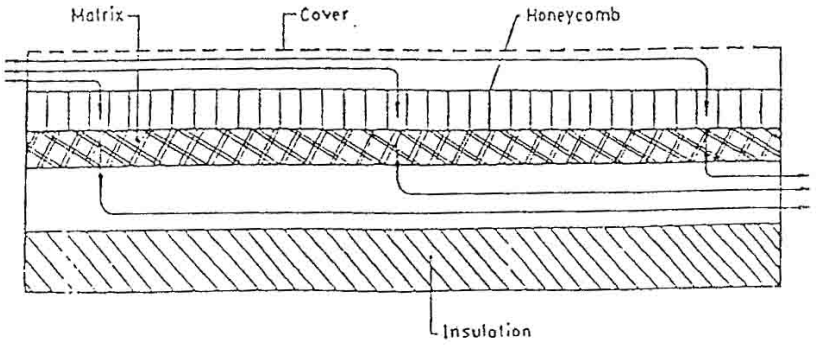
گرمکن هوای لانه زنبوری (شکل زیر) نوع خاصی از گرمکن ماتریسی است که در آن یک بستر لانه زنبوری مانند برروی ماتریس آن قرار دارد. بدلیل وجود لانه زنبوری تلفات از بالا کاهش می یابد وجود یک لانه زنبوری مستطیلی بازده این سیستم را به ٦٧ تا ٧٨ درصد می رساند.



گرمکن هوا با صفحه شیشه‌ای رویهم



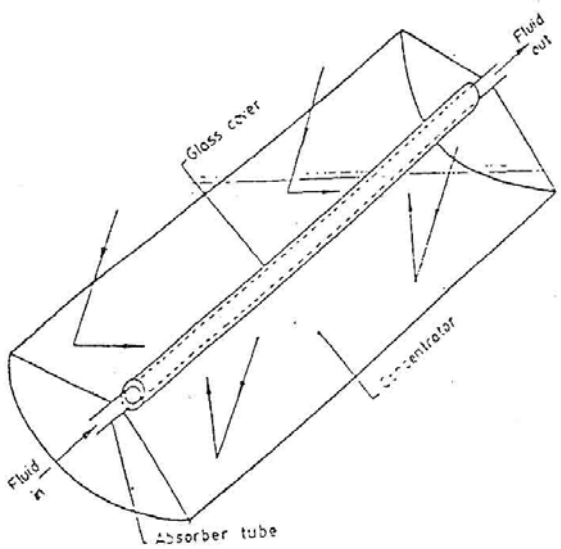
گرمکن هوای ماتریسی



گرمکن هوای لانه زنبوری با بستر متخلخل

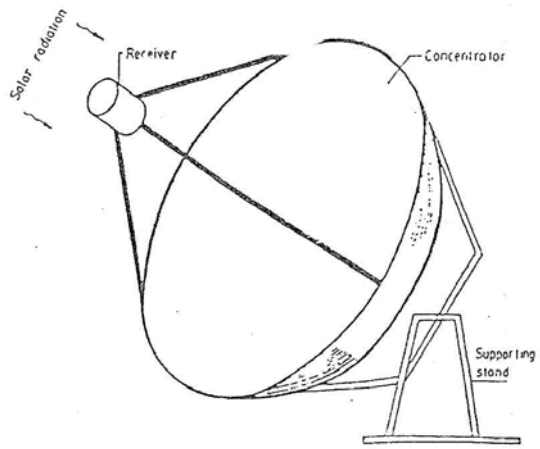
گردآورنده های تمرکزی

در صورت نیاز به دمای بیش از ۱۰۰ درجه سانتیگراد لازم است که تشعشع متمرکز شود، اینکار توسط گردآورنده های تمرکزی صورت می گیرد. در شکل زیر نمونه ای از این گردآورنده ها نشان داده شده است. این گردآورنده ها شامل (متمرکزکننده) و (دریافت کننده) است. متمرکز کننده نور خورشید را برروی محور خود متمرکز کرده و در نتیجه توسط لوله جذب کننده، انرژی جذب شده و به سیال درون آن منتقل می‌شود. یک پوشش شیشه ای هم محور با لوله اتلاف جابجایی و تشعشعی را کاهش می دهد برای اینکه اشعه آفتابی همواره به لوله جذب کننده برخورد کند، متمرکز کننده باید دوران یابد. در متمرکز کننده های شلجمی این دوران تنها در حول یک محور کافیست. در این نوع جمع کننده (گردآورنده) دمای سیال تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد می رسد.



گردآوردنده تمرکزی استوانه‌ای

با استفاده از بازتابنده های مقعر دمای سیال بازهم بیشتر می شود (شکل زیر) زیرا در اینجا تمرکز بر یک نقطه است. این گردآورنده دارای دو محور دوران است.



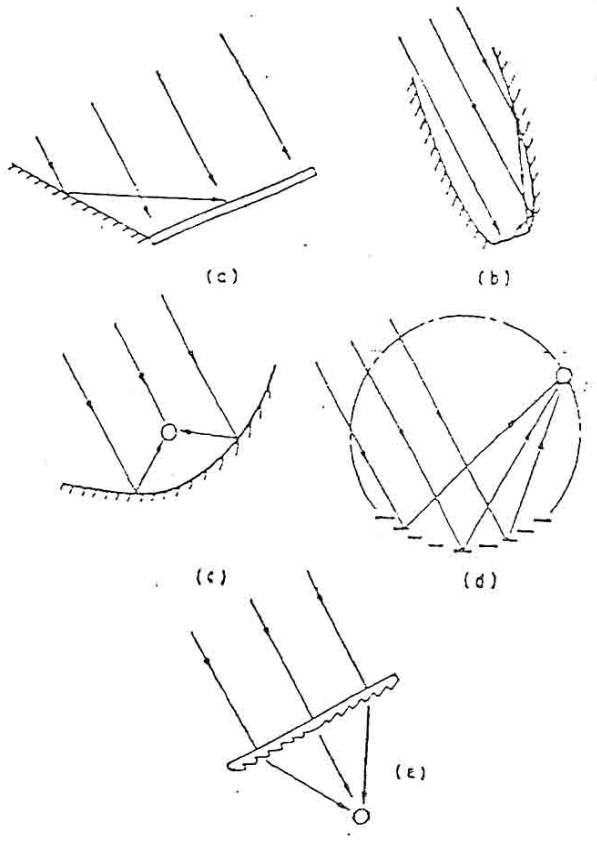
گردآورنده تمرکزی مقعر

تمرکز انرژی خورشیدی توسط انعکاس از تعدادی آینه و با استفاده از عدسی ها صورت می گیرد. سیستم نوری (اپتیکی)، تشعشع خورشیدی را مستقیماً برروی یک سطح جاذب کوچکتر که دارای یک پوشش شفاف است. هدایت می کند. تلفات این سیستمها معمولاً تلفات ناشی از انعکاس یا جذب در آینه و تلفات ناشی از نامناسب بودن شکل هندسی در سیستمهای اپتیکی است ولی چون شار تشعشعی که به سطح جاذب می رسد برروی سطح کوچکتری متمرکز می شود. لذا تلفات تا حدودی جبران می شود.

مزیت این سیستمها سادگی در طراحی و نگهدری است. به دلیل وجود سیستمهای اپتیکی، گردآورنده های تمرکزی معمولاً به نحوی تشعشع خورشیدی را شکسته یا منحرف کرده و برروی سطح جاذب منعکس می کند.

در گردآورند های دما پایین معمولاً زاویه گردآورنده در طول روز فقط یک یا دو بار تغییر می کند در صورتیکه برای رسیدن به دماهای بالا این تنظیم باید پیوسته باشد که البته باعث پیچیدگی سیستم، افزایش مقدار و هزینه نگهداری و بالارفتن قیمت سیستم می شود. عیب دیگر این سیستم این است که قسمت عمده ای از تشعشع پخشی خورشید بدلیل عدم تمرکز تلف می شود.

تقریباً بیشتر گردآورنده های تمرکزی تجاری از نوع تمرکز خطی نظیر گردآورند ههای استوانه ای شلجمی هستند. بازده آنها بین ٤٠ تا ٦٠ درصد و دمای تحویلی ٢٠٠- ١٥٠ درجه سانتیگراد است.



انواع گردآورنده‌های تمرکزی: (a) نوع مسطح با بازتابنده تخت، (b) نوع شلجمی مرکب، (c) نوع شلجمی استوانه‌ای، (d) نوع با تمرکز دهنده‌های ثابت مدور و دریافت کننده‌های متحرک، (e) نوع عدسی Fresnel

انواع روشهای تمرکز

گردآورنده های تمرکز دارای انواعی هستند که به ترتیب زیر دسته بندی می شوند آنها می توانند از نوع بازتابی بوده و از آینه هایی استفاده کنند و یا با استفاده از عدسیهای Fresnel به طریق شکست نور کار کنند. سطوح بازتابنده می توانند

شلجمی، کروی یا مسطح باشند. ممکن است پیوسته بوده یا تکه ای باشند. طبقه بندی ممکن است از نظر تصویر مجازی حاصل بگیرد یعنی متمرکز کننده می تواند دارای تصویر مجازی باشد یا نباشد. همچنین متمرکز کننده با تصویر مجازی ممکن است برروی یک خط تمرکز انجام دهد یا برروی یک نقطه. طبقه بندی می تواند براساس میزان نوسان گردآورنده باشد. بسته به زاویه قابل قبول، این نوسان ممکن است مقطعی بوده یا پیوسته باشد. بعلاوه این نوسان ممکن است حول یک محور بوده یا در دو محور انجام شود.

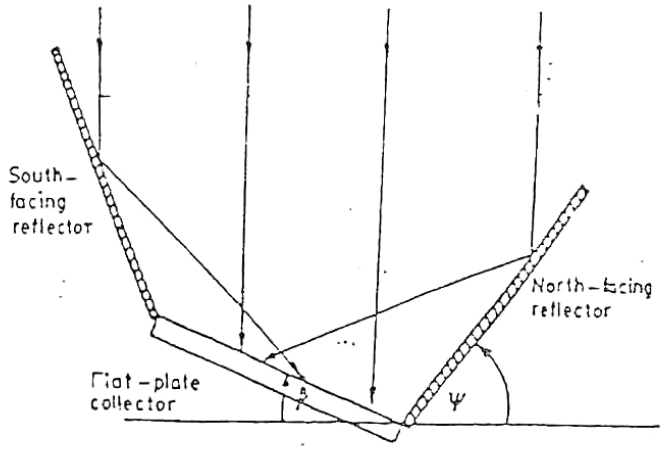
انواع گردآورنده های تمرکزی

در شکل زیر برخی از انواع گردآورنده ها نمایش دده شده اند. نوع (a) مسطح بوده و دارای آینه های قابل تنظیم به سمت صفحه جاذب است. این آینه ها بصورت لب به لب بوده و می توانند تشعشع را به سمت صفحه جاذب منعکس کنند. طراحی آنها ساده بوده و می توانند نسبت به گردآورند ههای تخت (غیرتمرکزی) دمایی بین ۲۰ تا ۳۰ درجه بیشتر ارائه دهد. این گردآورنده دارای تصویر مجازی نیست (شکل زیر) به ازاء هر گردآورنده می توان از چهار بازتابنده در اطراف استفاده کرد. از سوی دیگر با استفاده از آرایشی از گردآورنده های مسطح می توان فقط از دو آرایه بازتابنده استفاده نمود، بطوریکه یکی به سمت شمال و دیگری به سمت جنوب باشد (شکل زیر) بازتابنده ها می توانند تشعشعات را به صورت طیفی با پخشی منعکس کنند. دمای عملکرد بین ۱۳۰ تا ۱٤۰ درجه است، مزیت اصلی این گردآورند هه استفاده از تشعشع پخشی است.

زاویه بازتابنده فقط هرچند روز یکبار باید تنظیم شود.

در شکل (b–بالا) گردآورنده تمرکزی شلجمی مرکب نشان داده شده است. گردآورنده از قطعات منحنی شکل تشکیل یافته اند که دو جزء یک هذلولی هستند.

مزیت مهم آنها قبول زوایای بالا و در نتیجه نیاز به تنظیم اندک است. این گردآورنده‌ها نیز دارای تصویر مجازی نیستند.



گردآورنده تمرکزی مسطح با بازتابنده

در شکل (c–بالا) نوع شلجمی استوانه با تصویر کانونی خود نشان داده شده است. در موارد تجاری اغلب از این نوع استفاده می شود. لوله جاذب در کانون این گردآورنده قرار داشته و از آن مایع عبور می کند، همچنین دارای یک پوشش شفاف و یک صفحه متمرکز کننده نیز است. سطح مفید گردآورنده از ۱ تا ٥ مترمربع است. جنس لوله جاذب معمولاً از فولاد نرم یا مس است و قطر آنها بین ۲/٥ تا ٤ سانتیمتر با لوله فاصله دارد. در موارد عملکرد با سطح بالا لوله از موادی نظیر کروم سیاه پوشیده شده و فضای بین لوله اصلی و لوله شفاف خلاء می شود. گاه بجای لوله شفاف، کل مجموعه توسط شیشه یا صفحه پلاستیکی پوشانده می شود. مایع درون لوله ها حرارت دیده بطوریکه در دماهای بالاتر از مایعات آلی استفاده می شود. سطح بازتابنده از جنس آلومینیوم آندایز شده (anodize) است.

همچنین از آینه های مقعر و مواد مرکب دیگری نظیر Aluminized acrylic-Aluminized mylar نیز استفاده می شود. که نوع اول در مقابل تابشم داوم نور

خورشید مقاوم نبوده و باید متناوباً تعویض شود. از سوی دیگر ساخت آینه های مقعر بزرگ نیز مشکل است. بازتابنده روی پایه های سبکی از مقاطع آلومینیومی استوار است در این ساختار باید برای قابلیت حرکت آن ترتیباتی در نظر گرفته شود، البته در مقابل باد نیز باید مقاوم باشد.

در شکل (d-بالا) برخلاف نوع c نیازی به دوران گردآورنده نیست. متمرکز کننده مجموعه ای از نوارهای تخت، باریک و طویل از آینه است که در طول یک سطح استوانه ای متصل شده اند. نوار آینه ای تصویر مجازی خطی باریک تولید می کند که با حرکت خورشید در طی یک مسیر دایره ای حرکت می کند. این مسیر در همان جهتی است که آینه ها نصب شده اند.

در شکل (e-بالا) عدسی Fresnel شامل یک صفحه ضخیم است که یک طرف آن تخت بوده و طرف دیگر دارای شیارهای طولی است. زاویه شیارها بگونه ای است که تشعشعات بصورت خطی متمرکز می شوند. سیستمهای با تمرکز خطی نظیر حالتهای e, d, c می توانند دماهای بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه ایجاد کنند.

سیستمهای گرما خورشیدی

THERMAL SOLAR ENERGY

الف – سیستمهای تهیه آبگرم خورشیدی

تولید آبگرم مصرفی ساختمانها، از اقتصادی ترین روشهای استفاده از انرژی خورشیدی است. بدون شک گرم کننده های ترموسیفونی بیشترین استفاده را در تهیه و طرح آب گرم کنهای خورشیدی عهده دار می باشند. ساده ترین سیستم آبگرم کن خورشیدی از یک گردآور تخت و یک مخزن ذخیره تشکیل شده که آب یا سیال عامل، بعلت اختلاف درجه حرارت بطور طبیعی و با استفاده از عمل ترموسیفون در آنها گردش می کند. شرایط لازم در نصب این آبگرم کن آنست که قسمت فوقانی

گردآور پائین تر از قسمت تحتانی مخزن ذخیره قرار گیرد و حداقل درجه انحراف گردآور نسبت به سطح افق برای تحقق جریان ترموسیفون، در حدود ۲۰ درجه رو بجنوب ضروریست. بمنظور جلوگیری از تلفات حرارتی، گردآور و لوله های هادی کاملاً عایق بندی می شوند. یک لوله عایق شده قسمت پائین مخزن را به هدر پائین گردآور متصل کرده و لوله دیگر نیز هدر بالائی را به قسمت فوقانی مخزن وصل می‌کند. آبسرد تغذیه کننده از قسمت پائین به مخزن ذخیره هدایت شده و آبگرم مصرفی نیز از بالاترین نقطه مخزن بطرف شیرهای مصرف لوله کشی می شود. به علت بسته بودن سیستم و جلوگیری از خطر انبساط حرارتی سیال، وجود یک مخزن انبساط و یا لوله انبساطی که بیک شیر اطمینان مجهز باشد در سیستمهای آبگرم کن خورشیدی ضروریست.

سیستم مذکور با آب سرد پر می شود و آب داخل لوله های گردآور، هنگامیکه خورشید روی سطح گردآور می تابد بتدریج گرم شده و به کندی به طرف مخزن ذخیره جریان می یابد. آب سرد مخزن نیز از طریق لوله دیگر بطرف قسمت پائین گردآور جریان یافته و تا زمانیکه تابش خورشیدی برای گرم کردن آب کفایت کند، این عمل ادامه می یابد.

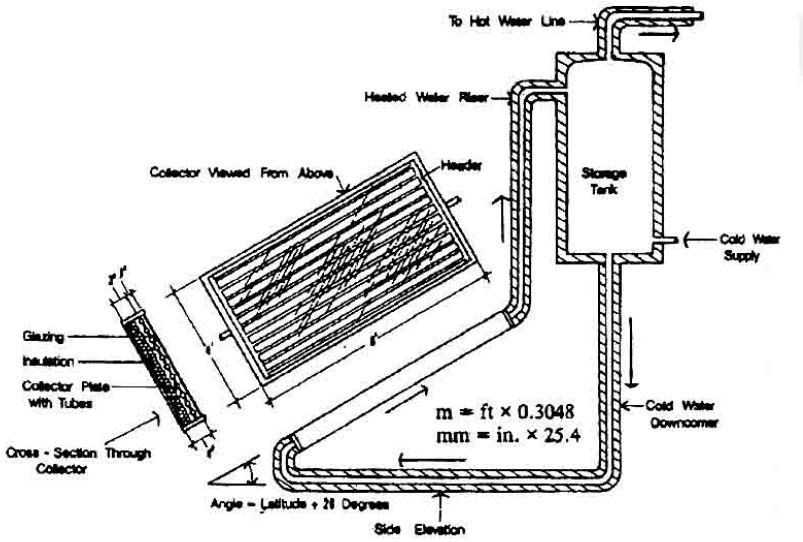
شکل (زیر) شماتیک یک آبگرم کن خورشیدی ترموسیفونی را نشان می دهد توجه داشته باشید که مقطع گردآور نیز بطور جداگانه در شکل نمایش داده شده است.

در پایان یک روز آفتابی، آزمایش روی آبگرم کن فوق نشانداده است که مخزن در زمستان دارای آب ٤٩ درجه سانتیگراد و در تابستان دمای آب به ٧٤ درجه سانتیگراد رسیده است. در صورتیکه سطح گرد آور برابر با ۱/۵ الی ۲ متر مترمربع باشد و ظرفیت مخزن بین ٤٠ تا ٦٠ گالن انتخاب شود، این آبگرم کن می تواند جوابگوی نیاز آبگرم مصرفی یک خانواده ۳ الی ۵ نفری باشد.

در مورد استفاده از آبگرم کن های ترموسیفونی اقدامات احتیاطی ضروری می باشد زیرا با وجود بالابودن سطح مخزن ذخیره، امکان جریان معکوس سیال از مخزن به

گردآور در شبهای سرد وجود دارد. همچنین گردآورهائیکه با پوششی از یک لایه شیشه ساخته شده باشند امکان یخ زدن در هوای سرد وجود دارد که اقداماتی برای جلوگیری از این دو مورد باید صورت گیرد.

اولین گردآورهای ساخته شده برای آبگرمکنهای خورشید، بشکل لوله های ممتد در آرایش سینوسی (کویلی شکل) بود که این نوع لوله ها درجه حرارت آبرا به میزانی بالا می برد که رسوبات مواد معدنی در داخل کویل تشکیل می گردید. برای رفع این عیب تصمیم بر استفاده از سیستم شبکه ای گرفته شده که شکل گردآور ترموسیفونی فوق از همین نوع می باشد. تجربیات نشان می دهد که در سیستمهای ترموسیفونی استفاده از لوله های بقطر کمتر از یک دوم اینچ مجاز نمی باشد.

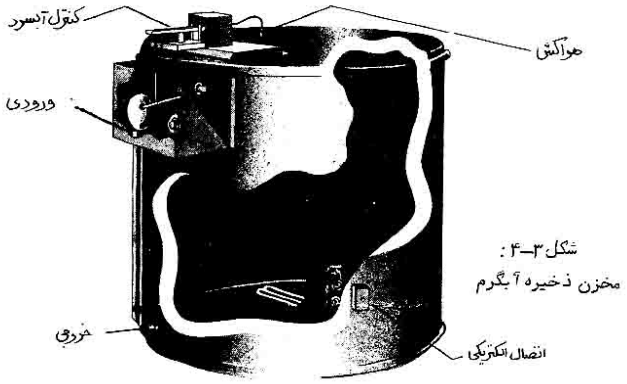


آبگرم کن خورشیدی ترموسیفونی خانگی

ذخیره کردن انرژی برای ساعاتی از شبانه روز که دسترسی به خورشید وجود ندارد، از ضرورتهای سیستمهای خورشیدی است.

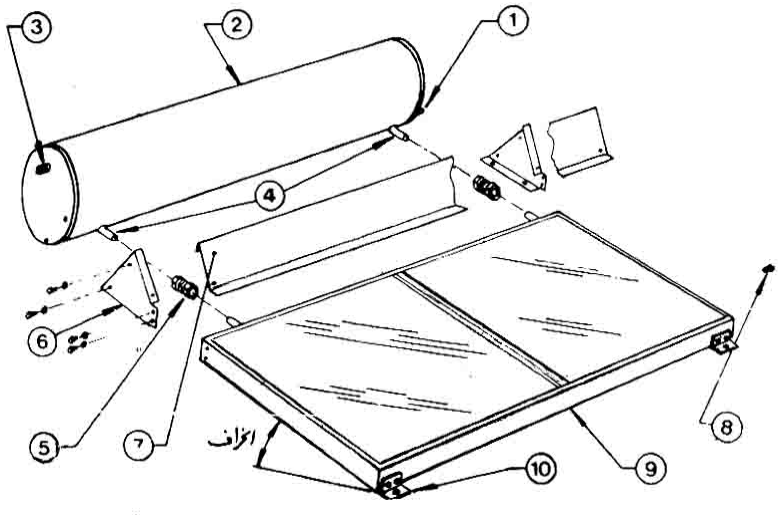
در آبگرمکنهای خورشیدی از مخازن ذخیره آبگرم استفاده کرده و انرژی حرارتی را برای مصارف مختلف جمع آوری و ذخیره می کنند. شکل (زیر) برش خورده یک

مخزن ذخیره آبگرم را نشان می دهد. مخازن ذخیره معمولاً برای ظرفیت یک تا دو روز مصرف آبگرم طراحی می شود. درجه حرارت آب گرم برای مصرف در حمام حدود ٤٠ تا ٤٥ درجه و برای شستشوی لباس بعلت وجود مواد پاک کننده، معادل ٦٠ درجه سانتیگراد مناسب می باشد. مخزن ذخیره آبگرم را می توان بطور افقی و یا قائم نصب کرد.



شکل ۳-۴ :
مخزن ذخیره آبگرم

مخزن ذخیره آبگرم کن خورشیدی خانگی



آبگرمکن خورشید با مخزن افقی و سیرکولاسیون طبیعی

معمولاً یک کویل الکتریکی برای مواقعی که انرژی خورشیدی به گرد آور نمی رسد، جهت ایجاد حرارت در روی مخازن ذخیره آبگرم نصب می گردد. شکل (زیر) یک سیستم آبگرم کن خورشیدی با مخزن افقی و جریان طبیعی را نشان می دهد. این سیستم باید مجهز بیک شیر فشارشکن نیز باشد.

آبگرم کن خورشیدی در حالت ترموسیفون (جریان طبیعی)، این محدودیت را دارد که مخزن ذخیره حتماً باید بالاتر از گردآور نصب شود. اما اگر بهر علت این امر امکانپذیر نباشد می توان مخزن را در محل مناسب حتی پائین تر از گردآور نصب کرده و برای جریان دادن آب بین گردآور و مخزن ذخیره از یک پمپ جریانی (سیکولاتور) استفاده کرد. در این حالت سیستم آبگرم کن خورشیدی را سیستم اجباری می گویند. ناگفته نماند که پمپ و کنترل قطع و وصل آن، هزینه این نوع آبگرم کن را افزایش داده و علاوه بر آن، لزوم انرژی الکتریکی در محل، و افزایش هزینه های جاری، مزایای این سیستم را کاهش می دهد.

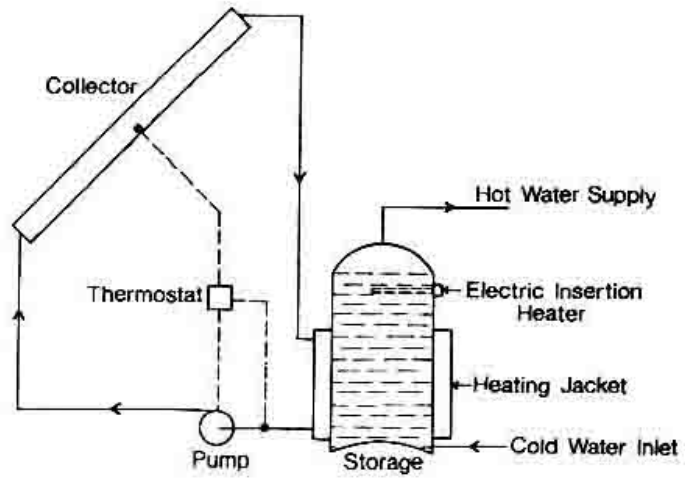
ساده ترین کنترل پمپ جریانی در این آبگرم کنها، ترموستاتی است که با افزایش دمای آب گردآور، پمپ را بکار انداخته و باعث جریان آب بین گردآور و مخزن ذخیره آبگرم کن خورشیدی می گردد.

معمولاً در سیستمهای اجباری مخازن ذخیره آب گرم از نوع مخزن دو جداره و یا کویلی است که در شکل بعدی یک آبگرم کن خورشیدی با مخزن دو جداره نشان داده شده است.

از مزایای این سیستم آنست که آب گرم کننده که در گردآور و جدار خارجی مخزن ذخیره گردش می کند هرگز با آب گرم مصرفی مخلوط نمی شود و براحتی می توان آب گرم کننده را آب ناخالص و یا سیال واسطه دیگری که دمای انجماد آن پائین بوده و گرمای ویژه بالایی دارد، انتخاب کرد. پمپهایی که در این سیستمها بکار گرفته می شوند باید قادر باشند سیال جریانی را در تمام سیستم به جریان بیندازند.

در سیستمهای باز قدرت پمپ برابر است با مجموع اصطکاک داخل لوله و اختلاف ارتفاع بین گردآور و مخزن ذخیره ، در صورتیکه در سیستم‌های بسته قدرت پمپ تنها برابر است با مجموع اصطکاک داخلی لوله ها.

در بعضی از سیستمهای آبگرم کن خورشیدی معمولاً از یک مخزن اضافی بنام مخزن اولیه (PREHEATER) استفاده می شود. شکل زیر چنین سیستمی را نشان می دهد در این آبگرم کن مخلوط ضد یخ و آب در مداری است که شامل جدار خارجی مخزن اولیه، پمپ، گردآور و منبع انبساط می باشد. آبسرد به قسمت پائین مخزن اولیه وارد شده و آب گرم از قسمت بالا خارج می شود.

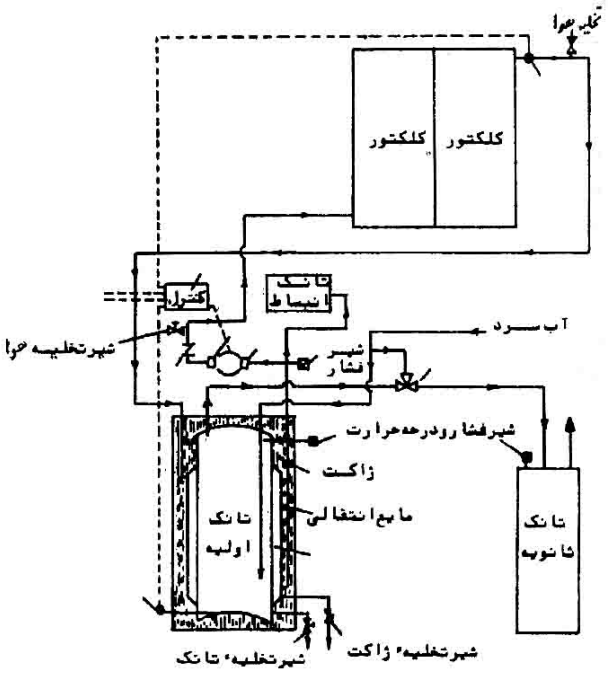


Courtesy of Heating/Piping/Air Conditioning (October 1966)

آبگرم کن خورشیدی خانگی با جریان اجباری

در قسمت خروجی آبگرم، شیر کنترلی وجود دارد و در صورتی که درجه حرارت آبگرم خروجی بالاتر از ۵۰درجه سانتیگراد باشد این شیر مقداری آبسرد به آن اضافه می کند تا همواره آب ورودی به مخزن دوم ۵۰ درجه سانتیگراد باشد. نسبت حجم مخزن اولیه به مخزن دومی قابل تغییر بوده مثلاً اگر تانک اولیه در حدود ۳۰۰

تا ۵۰۰ لیتر ظرفیت داشته باشد حجم تانک ثانویه در حدود ۱۲۰ تا ۲۰۰ لیتر خواهد بود که البته به سطح گردآور نیز بستگی خواهد داشت.



دیاگرام کامل یک سیستم

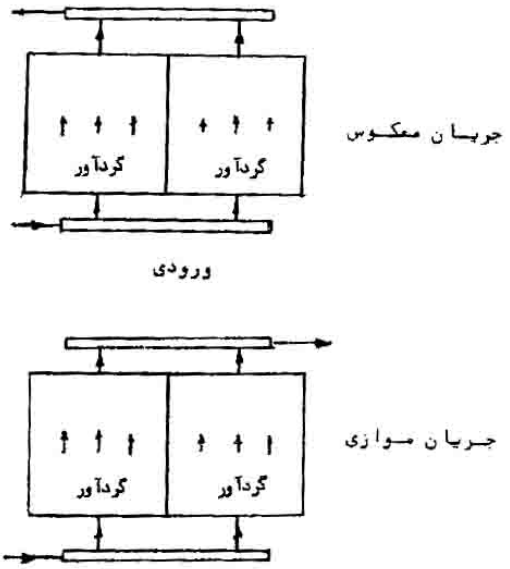
بمنظور ایجاد یک دبی یکنواخت و همگون در گردآورها معمولاً دو روش مرسوم است که بنام روش جریان معکوس و روش جریان موازی نامیده می شود. در جریان معکوس مقاومت در گردآور سمت چپ کمتر است و بیش از ۵۰درصد دبی را حمل می کند ولی در جریان موازی مقاومتها در هر دو گردآور یکی است ولی لوله کشی بیشتری موردنیاز است.

شکل زیر دو نمونه از اتصال گردآورها را نشان می دهد.

سیستم کنترل آبگرم کنها توسط ترموستات مقایسه ای عمل می کند باین ترتیب وقتی که اختلاف درجه حرارت بین گردآور و مخزن (TC-TS) در حدود ۶۰ درجه سانتیگراد باشد ترموستات پمپ را روشن کرده و سیال جریان می یابد. پمپ تا

زمانی کار می کند که (TC-TS) به حدود ۲ درجه سانتیگراد برسد که در این حالت ترموستات پمپ را خاموش می کند.

آبگرمکنهای نوع ترموسیفونی و پمپ با یک یا چند گردآور که دارای یک یا دو مخزن ذخیره داشته باشند هریک کاربرد خاصی داشته و استفاده از سیستمهای فوق بستگی کامل به شرایط محیط، محاسبات اقتصادی و سطح تکنولوژی موجود در منطقه خواهد داشت ولی برای روستاهای آفتاب خیز، سیستمهای ترموسیفونی با مخازن عایق شده توصیه می شوند.

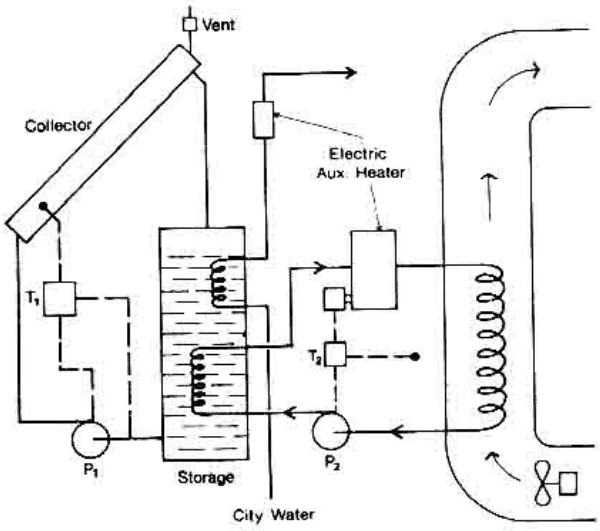


اتصال دو گردآور بطریق معکوس و موازی

ب- سیستمهای آبگرم خورشیدی برای گرمایش ساختمان و مصرف

در سیستمهای مکانیکی که از گردآورهای خورشیدی برای جذب انرژی حرارتی خورشیدی استفاده می شود. معمولاً از سیال واسطه ای مثل آب استفاده کرده و انرژی را به مخزن ذخیره ای منتقل می کنند. از مخزن ذخیره، هم برای تهیه آبگرم مصرفی و هم برای گرمایش ساختمان می توان استفاده کرد. نمونه ای از چنین

سیستمی که برای تأمین آبگرم مصرفی و همچنین گرمایش ساختمان طراحی شده است در شکل زیر نشانداده شده می شود.



سیستم گرمایش و آبگرم مصرفی خورشیدی

در این سیستم مخزن ذخیره بزرگی در فشار اتمسفر مورد استفاده قرار گرفته و از این مخزن آب بوسیله پمپ P_1 و با عملکرد ترموستات تفاضلی T_1 به گردآور خورشیدی فرستاده می شود. در این سیستم از آب برگشتی سیستم برای جلوگیری از عمل انجماد آب در هوای سرد در گردآور استفاده شده و علت آن کاهش هزینه سیستم در ممانعت از کاربرد ضدیخ می باشد.

آبگرم مصرفی ساختمان بوسیله کویل آبگرمی که در قسمت بالای مخزن نصب شده و گرمترین آب مخزن در آن محل جریان دارد، تأمین می شود. یک کویل الکتریکی نیز برای افزایش درجه حرارت آبگرم مصرفی به میزان احتیاج، پیش بینی شده است.

گرمایش ساختمان با درخواست ترموستات T_2 که به درجه حرارت داخل ساختمان حساس است، انجام می گیرد باین ترتیب که ترموستات T_2 با کاهش درجه حرارت داخلی پمپ P_2 را به راه انداخته و گرمای موردنیاز کویل داخل ساختمان را بوسیله

سیال جریانی در کویل زیرین مخزن ذخیره، تأمین می کند. در صورتیکه آب مخزن ذخیره بحدی گرم نباشد که قادر به تأمین حرارت مورد نیاز ساختمان باشد، در اینصورت یک کویل الکتریکی، آب ورودی به کویل سیستم گرمایش را گرم می کند. البته از آبگرم کنهای سوختی نیز در صورتیکه منبع مناسب سوخت در دسترس باشد می توان استفاده کرد.

قسمت اصلی این سیستم خورشیدی عبارتست از یکی سری گردآورد که بطور سری با موازی بیکدیگر متصل شده و به کمک لوله ها، پمپ ها، ترموستات و کویلها و فن، و سایر تجهیزاتی که یک سیستم حرارتی را تشکیل داده اند به مخزن ذخیره مرتبط می گردد.

آب بوسیله پمپ جریانی P_1 از قسمت پائین مخزن بداخل گردآورها هدایت شده و پس از گرم شدن بوسیله خورشید. به قسمت بالای مخزن فرستاده می شود.

یادآوری می شود که بعلت تنوع زیاد در طراحی سیستمهای خورشیدی، تنها می‌توان خطوط کلی طراحی را مشخص کرده و انتخاب جزئیات طرح را به سلیقه و تبحر و تجزیه طراح واگذار کرد.

مسئله تأمین گرمای موردنیاز ساختمان و تهیه آبگرم مصرفی افراد را با استفاده از انرژی خورشیدی، باید جدی گرفت و در این باره و در طراحی سیستمها، سه مورد را باید در نظر گرفت:

۱- محاسبه بار حرارتی

۲- تعیین میزان تابش خورشیدی قابل دسترس در زمستان

۳- تعیین قیمت و میزان انرژی کمکی

خیلی بندرت پیش می آید که یک طراح بعلت صرفه جوئی در هزینه ها سعی کند که تمام گرمایش و همچنین تهیه آبگرم مصرفی ساختمان را فقط با استفاده از جمع آوری انرژی خورشیدی و ذخیره کردن آن انجام دهد، بلکه استفاده از انرژی خورشیدی فقط بمنظور صرفه جویی از درصدی از هزینه ها (حدود ۵۰ تا ٦۰درصد)

امکان پذیر بوده و در بیشتر کشورها ارزانترین و ساده ترین روش تهیه انرژی کمکی، کویلهای الکتریکی می باشند.

ج- سیستمهای آبگرم خورشیدی برای گرمایش و سرمایش

همانطوریکه از انرژی حرارتی ذخیره شده در مخزن یک سیستم آبگرم خوریدی بعنوان گرمایش استفاده می شود، با اضافه کردن یک سیستم تبرید جذبی، می توان برای سرمایش ساختمان نیز از همان سیستم آبگرم خورشیدی بسادگی استفاده کرد. در صورتیکه چنین سیستمی برای گرمایش و سرمایش طراحی شده باشد، یعنی قادر باشد که هم در فصل سرما و هم در تابستان مورد استفاده قرار گیرد مجموعه سیستم مطابق شکل زیر خواهد بود.

در این طرح سیستم تبرید جذبی از نوع محلول برومور لیتیوم و آب پیش بینی شده است.

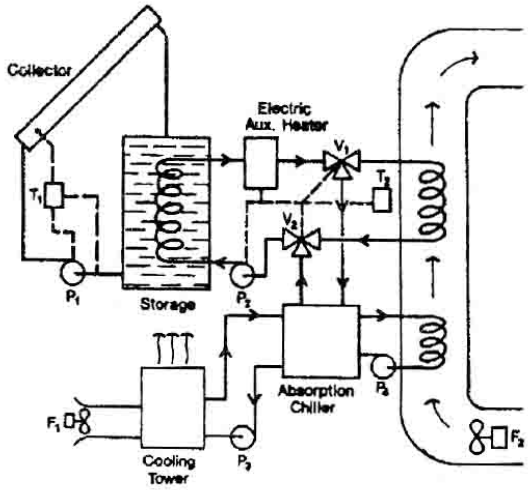
برای چنین سیستمی در تابستان و روزهای گرم که آب برگشتی از برج خنک کن از حدود ۲٦ درجه سانتیگراد تجاوز می کند، گردآورها و مخزن ذخیره ای باید طراحی شود که قادر باشد آبگرمی با دمای ۹۳/۳ درجه سانتیگراد (در حدود ۲۰۰ درجه فارنهایت) تهیه نماید.

کنترلهای قسمت جمع کننده انرژی در سرمایش و گرمایش در چنین سیستمی کاملاً از هم جا بوده و پمپ جریانی P1 بنا به درخواست ترموستات T1، آب گرم شده در گردآورها را به داخل مخزن هدایت می کند.

سیستم گرمایش با درخواست ترموستات T2 که در داخل ساختمان نصب گردیده است عمل می کند. باین ترتیب، زمانیکه ترموستات T2 درخواست حرارت می نماید شیرهای سه راهه V2, V1 در مسیر افقی باز شده و آبگرم مخزن ذخیره بوسیله پمپ P2 در داخل کویل سیستم گرمایش به جریان می افتد و هوای عبوری از روی

کویل حرارتی گرم شده، و بوسیله وانتیلاتور F2 بداخل فضای موردنظر ارسال می‌گردد.

زمانیکه ترموستات T2 درخواست سرما می کند (فصل تابستان)، شیرهای V2, V1 در مسیرهای عمودی بازشده و آب داغ مخزن ذخیره بوسیله شیر V1 بداخل ژنراتور سیستم جذبی هدایت شده و پس از گرم و تبخیر کردن محلول برومور لیتیوم و آب موجود در ژنراتور، بوسیله شیر سه راهی V2 و با کمک پمپ جریانی P2، برای گرم شدن مجدد به داخل مخزن ذخیره بر می گردد. پمپ P3 آب گرم شده در کندانسور و مدار جذب کننده سیستم تبرید را برای سردشدن به طرف برج خنک کن هدایت کرده و پمپ P4 نیز آب سرد شده در داخل سیستم جذبی را بداخل کویل سرمائی واقع در مسیر هوای جریانی که بوسیله وانتیلاتور F2 ایجاد می شود هدایت می کند. واضح است که ایندفعه، هوای ورودی به فضای موردنظر سرد خواهد شد.



سیستم گرمایش و سرمایش خورشیدی

باید توجه شود که چنین سیستمی می بایستی دارای یک مخزن ذخیره آب داغ نسبتاً بزرگ باشد تا در مواقعی که انرژی خورشیدی وجود ندارد، آب گرم ذخیره شده را بطور مستمر در اختیار سیستم گرمایش و سرمایش قرار دهد. همچنین لازم است یک

مخزن ذخیره آب سردشده بوسیله سیستم تبرید نیز پیش بینی شود تا سیستم سرمایش در ایام روز و شب قادر به فعالیت موثر باشد.

سیستمهای تهیه آب شیرین خورشیدی و دستگاه های تقطیر

مقدمه

کمبود آب یکی از مهمترین عوامل محدودکننده محیط زندگی و کشاورزی و عدم توسعه صنایع می باشد و در حقیقت بدون آب زندگی و پیشرفت ممکن نیست. اقیانوسها یکی از بزرگترین منابع ذخیره آب بوده ولی با داشتن حدود ۳/۵٪ وزنی از املاح مختلف در آب، استفاده مستقیم از این آبها در بیشتر موارد دچار اشکال می‌گردد. درصد املاح محلول اقیانوسها و دریاها نسبت به عمقهای مختلف متفاوتست چون آب مصرفی در محلول اقیانوسها و دریاها نسبت به عمقهای مختلف متفاوتست چون آب مصرفی در ساختمانهای مسکونی و صنعت و کشاورزی و شرب، هریک مشخصات خاصی دارند که با آب اقیانوسها و دریاها مطابقت نمی کند لذا حذف قسمت اعظم املاح آب اقیانوسها و انجام پاره ای تغییرات در ترکیبات آنها قبل از مصرف، حتی و ضروری است مثلاً آب آشامیدنی نباید بیش از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر املاح داشته باشد و یا آبی که در کشاورزی مصرف می شود حداکثر املاح مجاز آن ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر است. در صنعت نیز آبهای سخت با املاح زیاد، علاوه بر امکان خوردگی، با ایجاد رسوب در لوله ها و دستگاهها، مشکلاتی در تأسیسات ایجاد کرده و سرمایه های هنگفتی را بهدر می دهند و باین ترتیب آب اقیانوسها و دریاها با داشتن ۳۵ گرم در لیتر از مواد محلول، بهیچ عنوان نمی توانند مستقیماً در صنعت و کشاورزی و شرب مورد استفاده قرار گیرند. از مهمترین املاحی که از آب اقیانوسها برای شیرین کردن آنها باید گرفته شود کلرور سدیم است که به (SALINITY) معروف بوده و مقدار متوسط آن ۳٤ گرم در لیتر می

باشد. همچنین مقادیری از املاح کلسیم و منیزیم نیز ممکن است در این آبها موجود باشند که باید حذف شوند.

در طراحی تأسیسات شیرین کردن آبهای شور، دو مسئله اساسی زیر بیش از سایر مسائل باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- در اختیار داشتن مقادیر زیادی انرژی ارزان قیمت.

۲- سرمایه گذاری قابل توجه اولیه در صورت استفاده از انرژی خورشید.

برای تفهیم مطالب فوق، مقدار انرژی لازم برای تهیه هر متر مکعب آب شیرین در حدود یک کیلووات ساعت است البته باید در نظر داشت که در حین عمل مقداری انرژی تلف می شود که جلوگیری از آن امکان پذیر نمی باشد و لذا مقدار بیشتری انرژی برای تولید آب شیرین لازم است. در تهیه آب شیرین از آب دریاها، مراعات نکات اقتصادی کمال اهمیت را دارد مخصوصاً در مورد کشاورزی باید دقت شود که قیمت تهیه آب شیرین از قیمت محصولات بدست آمده کشاورزی بیشتر نباشد و یا محصولات کشاورزی بیش از اندازه گران تمام نشوند. همچنین در طراحی تأسیسات و دستگاههای تهیه آب شیرین در نظر گرفتن موقعیتهای محلی از نظر زمان و مکان و مصرف اهمیت فراوان دارد.

موضوع شیرین کردن آب اقیانوسها و دریاها امروزه مورد توجه اکثر کشورها قرار گرفته و این بدلیل اهمیت آب شیرین در مصارف گوناگون می باشد مثلاً در نقاط گرمسیر برای برداشت یک تن یونجه حدود ۷٦۰ متر مکعب و برای یک تن گندم حدود ۸۰۰۰ متر مکعب آب لازم است. همچنین برای پرورش یک تن گوشت گاو ۳۱۰۰۰ مترمکعب و در صنایع برای تهیه هر تن فولاد حدود ۲۰۰مترمکعب، برای لاستیک حدود ۲۵۰۰ و برای تهیه یک تن بنزین حدود ۲۰ مترمکعب آب لازم است.

مقدر آب لازم برای هر نفر در نقاط مختلف دنیا و در کشورها متفاوت می باشد و در کشورهای کشاورزی مثل ایران حدود ۹۰۰مترمکعب در سال و در کشورهای صنعتی این رقم به حدود ۲۷۰۰ مترمکعب در سال برای هر فرد می رسد. از این رقم

مقدار ناچیزی برای شرب و بقیه بمصرف خانگی و کشاورزی و صنعتی می رسد که قسمت اعظم آن آب شیرین (بدون نمک) می باشد.

در بعضی از مناطق و کشورها، انرژی خورشید تنها امید برای تهیه آب مناسب و ارزان قیمت بوده و جنبه حیاتی برای ساکنین منطقه دارد. در سال ۱۸۷۲ اولین بار در کشور شیلی، با استفاده از انرژی خورشیدی به مقیاس ۲۰ مترمکعب در روز آب شیرین از آب دریا تهیه شد. اصول آب شیرین کن خورشیدی تقریباً مشابه تهیه آب شیرین در طبیعت تبخیر و جابجائی طبیعی، مواد محلول از جمله نمکها تبخیر نشده و لذا بارش بصورت برف و باران به حالت آب شیرین نازل می شود، آب شیرین را از طریق انجماد آب شور نیز می توان بدست آورد زیرا که موقع یخ بستن آب شور، نمک از آب جدا شده و پس از ذوب یخها آب شیرین حاصل می شود.

روشهای تهیه آب شیرین

مهمترین و مرسومترین روشهای تهیه آب شیرین عبارتند از:

۱- روش تقطیری که خود به انواع، تقطیر ساده (یک مرحله‌ای) تقطیر چند مرحله ای تقطیر ناگهانی- تقطیر فشاری- تقطیر بروش متراکم گریز از مرکز و ... تقسیم بندی می شود.

۲- روش الکترودیالیز

۳- روش مبادله کننده های یونی

٤- روش تبرید و انجماد

چهار روش فوق بنام روشهای اصلی آب شیرین کنها موسوم بوه و مطالعات و تحقیقات کافی روی آنها انجام، و مورد بهره برداری قرار گرفته اند بعلاوه روشهای دیگری نیز برای شیرین کردن آب شور پیشنهاد شده اند که بعضی مورد استفاده قرار گرفته و بعضی مراحل تحقیق و پیشرفت را می گذرانند. عمده ترین این روشها عبارتند از:

۵- روش استفاده از حلالها

٦- روش تراوش معکوس (REVERSE OSMOSIS) یا روش (OSMIONS) که از دو لغت IONS, OSMOSE تشکیل شده است.

۷- روش تصفیه دقیق یا فراپالایش (ULTRA FILTERATION)

۸- روش تقطیر در فشار بحرانی

۹- روش انجماد در خلاء (VACUME FREEZING)

باید توجه داشت که بعضی مواقع برای اینکه آب شیرین بدست آمده ارزان تمام شود چند روش را با هم تلفیق می نمایند که در اینصورت نه تنها قیمت تمام شده آب پائین می آید بلکه تلفات انرژی را نیز می توان بحداقل رساند، یعنی از انرژیهای تلف شده یک واحد، برای استفاده در دستگاه دیگر استفاده نمود.

نکته مهم دیگر اینست که یکی از مهمترین و پردردسرترین اشکالات در دستگاههای تهیه آب شیرین تشکیل رسوبات در جدار داخلی تأسیسات می باشد که بهتر است برای جلوگیری از افزایش انرژی لازم برای تهیه آب شیرین، و در نتیجه کاهش هزینه‌ها، و ادامه کار دستگاهها با راندمان قبلی، از تشکیل رسوبات جلوگیری بعمل آید. پیشنهادات مهم برای احتراز از تشکیل رسوب در تأسیسات تهیه آب شیرین بقرار زیرند:

۱- خارج ساختن املاحی که ایجاد رسوبات می کنند قبل از ورود آب خام به دستگاهها

۲- طرح دستگاه و انتخاب مواد متشکله آن، بطوریکه رسوبات مجال تشکیل شدن را نداشته باشند.

۳- افزودن اسید به محیط عمل برای پایداری آب نسبت به رسوبات در دماهای بالا

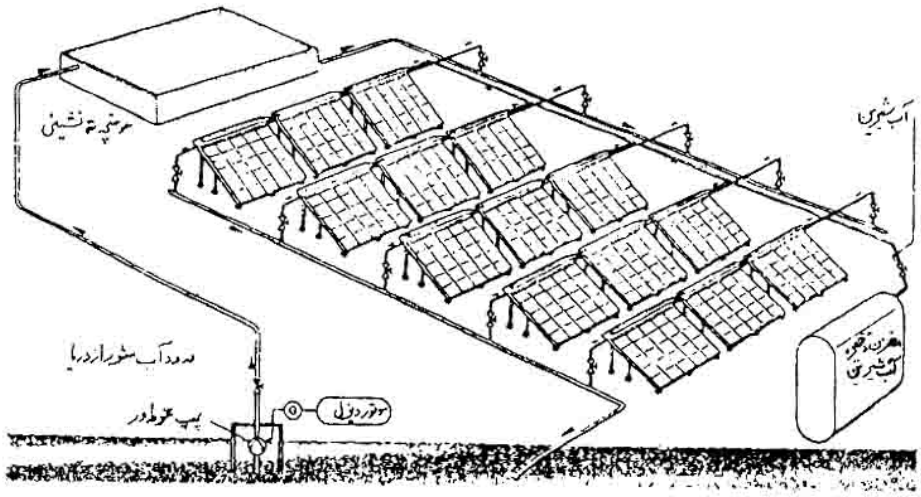
٤- افزودن موادی که مانع ایجاد رسوبات سخت شود مثل ترکیبات مختلف فسفات- نشاسته

۵- کم کردن زمان توقف آب در سیستم، یعنی افزایش عمل سیرکولاسیون در سیستم

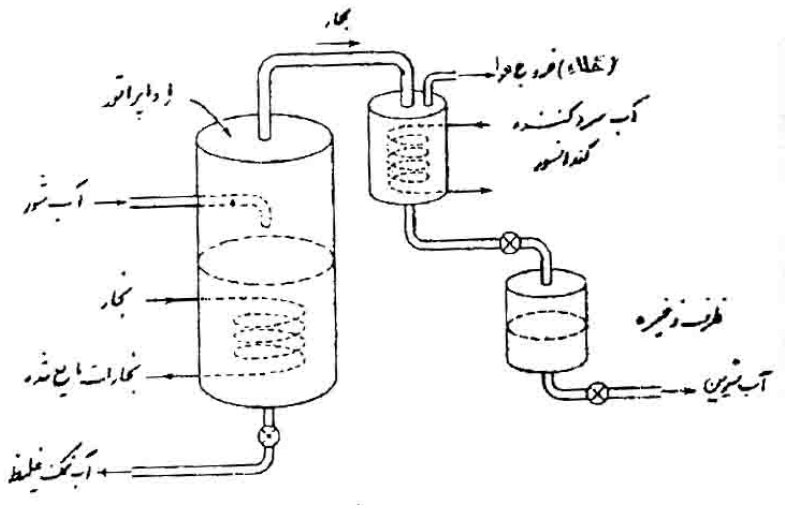
تهیه آب شیرین با استفاده از روش تقطیر

تمام روشهای تقطیر بر این اصل متکی هستند که آب و گازهای محلول در آب شور، در اثر حرارت تبخیر شده ولی املاح محلول باقی می مانند. از آب شور دریاها و اقیانوسها می توان به روش تقطیر آب شیرین تهیه کرد. شکل زیر) چنین سیستمی را نشان می دهد.

هنگامیکه حرارت دریافت شده از خورشید با درجه حرارت کم روی آب شور اثر کند تنها آب تبخیر شده و املاح باقی می مانند سپس با استفاده از روشهای مختلف آب تبخیر شده را تقطیر کرده و باین ترتیب آب شیرین تهیه می شود. شکل بعدی روش تبخیر و تقطیر ساده ای را نشان می دهد.



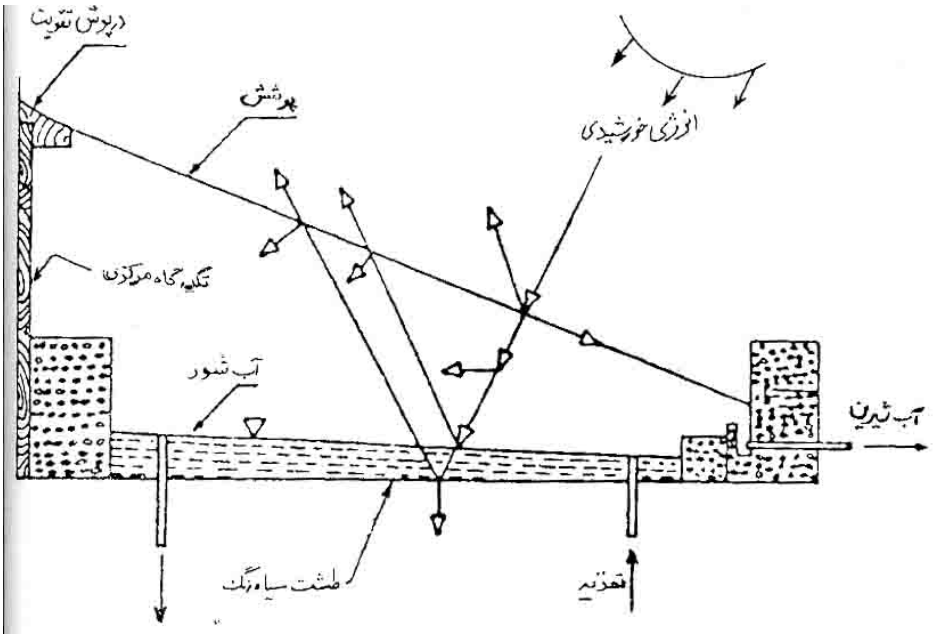
سیستم آب شیرین کن خورشیدی بروش تقطیری



روش تقطیر ساده آب شور (تهیه آب شیرین)

در سیستمهای تقطیری خورشیدی، آب دریا را به ظروف کم عمقی که کاملاً آب بندی شده است و با هوای خارجی ارتباطی ندارد، وارد می کنند. پوشش شفافی مانند شیشه و یا پلاستیک، سطح فوقانی ظروف مربوطه را می پوشاند. انرژی خورشیدی با طول موجهایی از شیشه گذشته و تابش خورشید با آب داخل ظرف برخورد نموده و آبرا گرم می کند.

شیشه شفاف مانع خروج اشعه های بازتاب خورشیدی از محفظه شده و علاوه باعث می شود که افت حرارتی از طریق جابجائی بمقدار زیادی کاهش یابد. باین ترتیب انرژی حرارتی خورشیدی در دستگاه آب شیرین کن، محصور شده و موجب افزایش درجه حرارت آب، و تولید و بالا رفتن میزان بخار آب در محفظه می گردد و در نتیجه نمک موجود در آب دریا در محفظه رسوب می کند. بتدریج که رطوبت نسبی در محفظه افزایش می یابد. بخار آب در اثر دفع حرارت از شیشه، روی سطح داخلی شیشه تقطیر شده و آب شیرین حاصله، بطرف محل جمع آوری در انتهای پوشش حرکت می کند و باین ترتیب با استفاده از انرژی خورشیدی و عمل تقطیر، آب شیرین تهیه می شود. آب نمک غلیظ شده نیز بطور دائم یا متناوب، از دستگاه خارج و به آب دریا وارد می شود.



آب شیرین کن خورشیدی تقطیری یکطرفه

اشکال بالا و زیر ساده ترین آب شیرین کن خورشیدی یک مرحله ای یکطرفه و دوطرفه را نشان می دهند. مهمترین عامل موثر در آب شیرین کنهای خورشیدی شدت نور خورشید می باشد زیرا که میزان تولید آب شیرین برحسب کیلوگرم در هر مترمربع در روز با شدت تابش خورشید نسبت مستقیم دارد. بعلاوه عواملی چون درجه حرارت محیط خارج- سرعت باد- مقدار باران و درجه حرارت آب دریا، در مقدار بازدهی دستگاه موثر می باشند.

برای جذب حداکثر انرژی خورشیدی در آب شیرین کنها، مواد مصرفی مخصوصی بکار می رود. با ملاحظه شکل بالا مشاهده می شود که قسمتی از تشعشع خورشیدی از طریق انعکاس و جذب بوسیله شیشه و صفحه سیاه رنگ محفظه شیرین کن، و قسمتی نیز از طریق جابجائی در فضای بین شیشه و آب شور دستگاه، بهدر می‌رود. برای جلوگیری از این تلفات انرژی، باید در طرح آب شیرین کنها نکات زیر مورد توجه قرار گیرند.

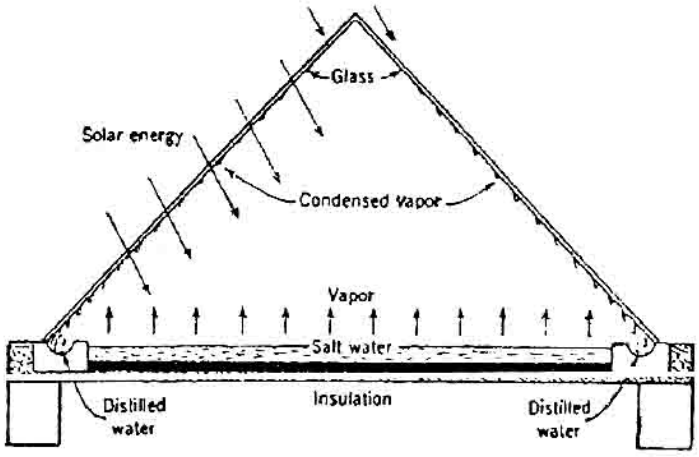
الف- پوشش یا شیشه آب شیرین کن تقطیریباید نازک بوده و هادی بیشتر اشعه خورشیدی باشد.

ب- باید سعی شود از تشکیل بلورها نمک در کف دستگاه جلوگیری شود.

ج- فاصله شیشه آب شیرین کن و سطح آب شور حداقل باشد.

د- کف حوضچه آب شور سیاه رنگ باشد تا بیشترین گرما را جذب کند.

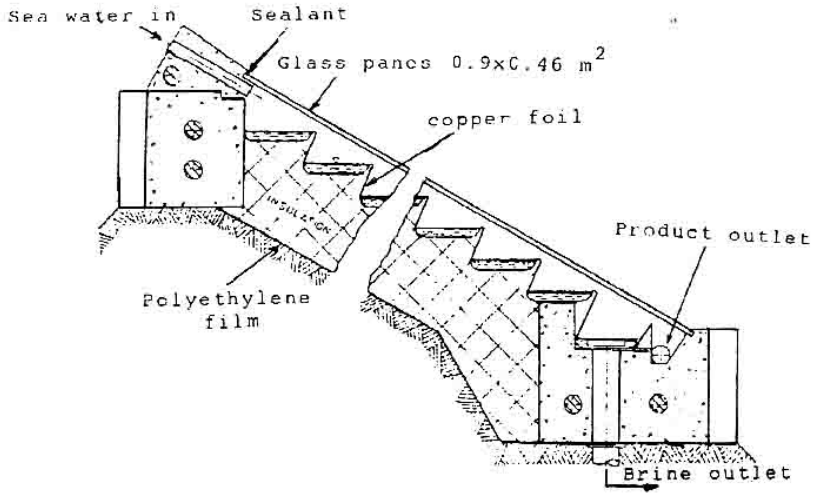
ه- حوضچه کاملاً آب بندی شده و هیچ ارتباطی با هوای خارج نداشته باشد.



آب شیرین کن خورشیدی دو طرفه

آب شیرین کنهای یک مرحله ای دارای انواع مختلفی هستند که از معروفترین آنها آب شیرین کن چند حوضچه ای و کف پله ای را می توان نام برد. عنوان یک مرحله ای باین معنی است که در این دستگاهها آب شیرین در یک مرحله تهیه و تولید می شود. شکل زیر یک دستگاه آب شیرین کن یک مرحله ای چند حوضچه ای را که نسبت به سطح افق دارای شیب می باشد نشان می دهد. از این نوع آب شیرین کنها در کشورهای مختلف جهان نمونه هائی با مساحتها و ظرفیتهای گوناگون ساخته شده و مورد بهره برداری قرار گرفته اند.

شکل زیر نیز نمونه ای از همین نوع آب شیرین کنهای یک مرحله ای پله ای را نشان می دهد.



آب شیرین کن چند حوضچه‌ای مایل

اشکالاتی که در آب شیرین کنهای یک حوضچه ای وجود دارد طراحان و پژوهشگران را برای طراحی و ساخت آب شیرین کنهای چند حوضچه ای و پله ای و طرحهای مشابه دیگر، هدایت کرده است. از جمله اشکالات موجود، افقی بودن سطح آب داخل حوضچه است که با اشعه های خورشیدی برخورد کمتری دارد، بعلاوه ظرفیت زیاد آب شور داخل حوضچه، میزان افزایش دما که در نتیجه میزان تولید آب شیرین را محدود می کند. آب شیرین کنهای چند حوضچه ای و پله ای، نمونه خوبی از آب شیرین کنهای مایل هستند، در این دستگاهها میزان تولید آب شیرین در طول روز و زمانی که اشعه خورشید بزمین می رسد بیشترین است ولی تولید شبانه آنها تقریباً صفر است.

در آب شیرین کن یک حوضچه ای با عمق آبی در حدود ٤/٥ سانتیمتر، ظرفیت حرارتی بالائی وجود دارد و در نتیجه انرژی خورشیدی درجه حرارت آب را حداکثر تا ٤٠ درجه سانتیگراد می رساند. در این حرارت کم عمل تبخیر و تقطیر به آرامی

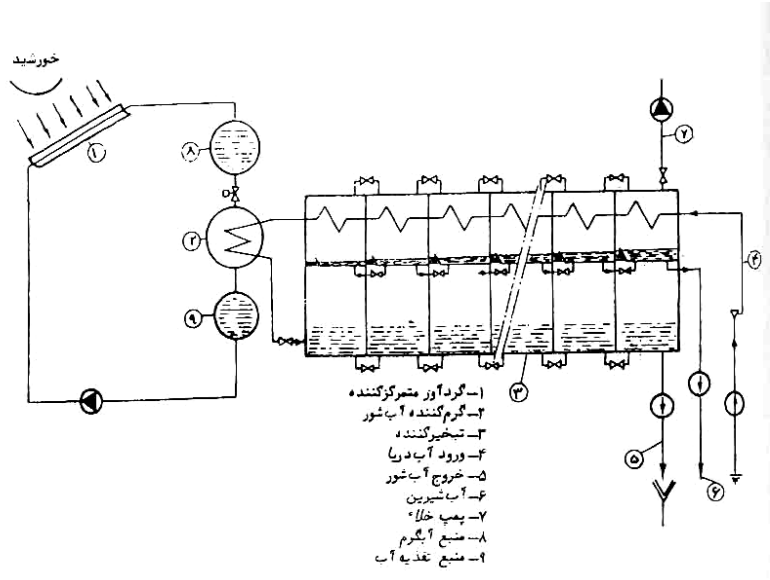
انجام می گیرد ولی به علت بالابودن حجم آب، در هنگام شب درجه حرارت آب کاهش کمی پیدا می کند ولی تولید شبانه آن سهم قابل توجهی از تولید کل آب شیرین را دارد. در مقابل در یک آب شیرین کن مایل مثل کف پله ای با عمق آب شور کمتر از ۱/۳ سانتیمتر، درجه حرارت آب در هنگام روز تا بالای ٦٦درجه سانتیگراد هم می‌رسد. واضح است که در این شرایط میزان تولید آب شیرین در ساعات تابش خورشیدی بمراتب بیشتر از نوع حوضچه ای است و بدین سبب آب درون حوضچه های پله ای سریعتر سرد شده و بعد از غروب آفتاب درجه حرارت آنها بحدی کاهش پیدا می کند که عمل تبخیر و تقطیر و در نتیجه تولید شبانه بحد صفر می رسد.

آب شیرین کن تقطیری چند مرحله ای

شکل زیر یک سیستم آب شیرین کن خورشیدی چند مرحله ای را نشان می دهد. در این سیستم، انرژی خورشیدی که معمولاً بوسیله گردآوردها متمرکز کننده دریافت می شود، در یک مبدل حرارتی آب دریا را تا حالت سوپر هیت گرم می کند. آب شور داغ (در دمای بیش از ۱۰۰ درجه سانتیگراد) به اولین محفظه تبخیر پاشیده شده و قسمتی از آن تبخیر می شود. بخار حاصله در اثر تماس با لوله های حامل آب دریا که بطرف مبدل حرارتی جریان دارد، تقطیر شده و در عین حال باعث گرم شدن آب شور می گردد. آب شور محفظه اول به کمک شیر کنترل وارد محفظه دوم شده و قسمتی از آن تبخیر می شود.

فرآیند محفظه اول بترتیب در محفظه های دوم و سوم و آخری تکرار می شود و بترتیب در هر محفظه آب شورتر شده و بمقدار آب شیرین در هر محفظه افزوده می‌شود. برای اینکه عمل تبخیر در دمای پائین در محفظه های بعدی انجام گیرد مجموعه سیستم که شامل محفظه های مختلف می باشد بوسیله یک پمپ خلاء در فشار پائین تر از جو نگهداری می شود.

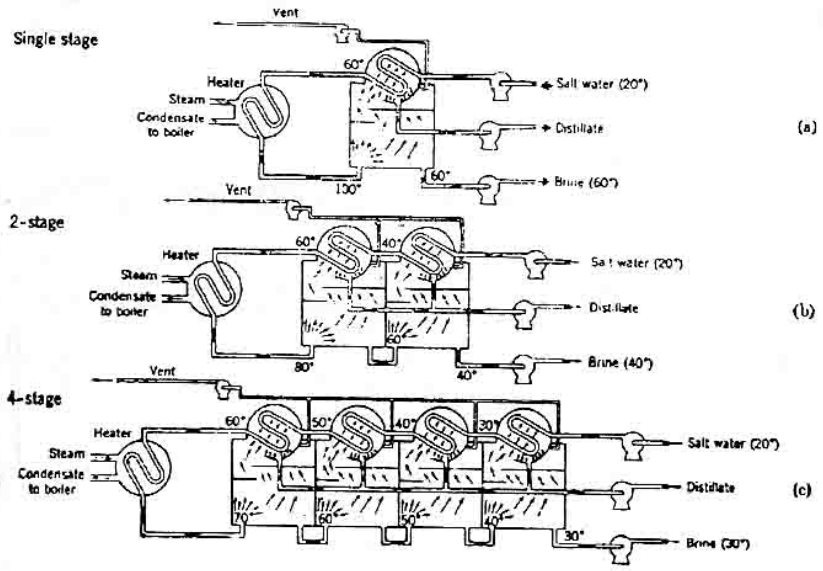
در این سیستمها معمولاً چهار پمپ، انتقال سیالات مختلف را بعهده دارند. پمپ اولی در مدار گردآور خورشیدی نصب شده و سیال گرم کننده را از مبدل حرارتی گرفته و بطرف گردآور متمرکز کننده هدایت می کند تا مجدداً داغ و بخار شده و سیستم آب شیرین کن را بکار اندازد. پمپ دوم روی لوله شماره (٤) نصب می شود تا آب شور دریا را به طرف آب شیرین کن پمپ کند. پمپ سومی وظیفه دارد که آب شیرین تهیه شده را به طرف دستگاههای مصرف هدایت کند و بالاخره پمپ چهارمی آب شور غلیظ شده را از آب شیرین کن خارج می کند.



دیاگرام شماتیکی تاسیسات آب شیرین کن خورشیدی چند مرحله‌ای تقطیری

آب شیرین کنهای چند مرحله ای تقطیری ساخته شده که با انرژی خورشیدی کار می‌کنند قادرند تا میزان ٤٠٠ لیتر در ساعت آب شیرین تولید کنند. بعلاوه آب شیرین کنهای با سوخت مایع (نوع دیزلی) نیز ساخته شده اند که ظرفیت تولید آنها روزانه بین ۱۲۰ تا ۱۰۰۰ مترمکعب آب شیرین است. اگر انرژی خورشیدی توأم با سوخت فسیلی بکار گرفته شود تولید آب شیرین بسیار با صرفه خواهد بود. شکل زیر نوع دیگری از آب شیرین کن تقطیری چندمرحله ای را نشان می دهد که قادر است هم با

انرژی خورشیدی و هم با سوختهای فیسلی (با استفاده از دیگ آبگرم و یا دیگ بخار) کار کند. در این تأسیسات، شرایط کار و روش تهیه آب شیرین عیناً مانند شکل (بالا) می‌باشد.



آب شیرین کن تقطیری یک – دو و چهار مرحله‌ای

معرفی و مقایسه انواع آب شیرین کنهای خورشیدی

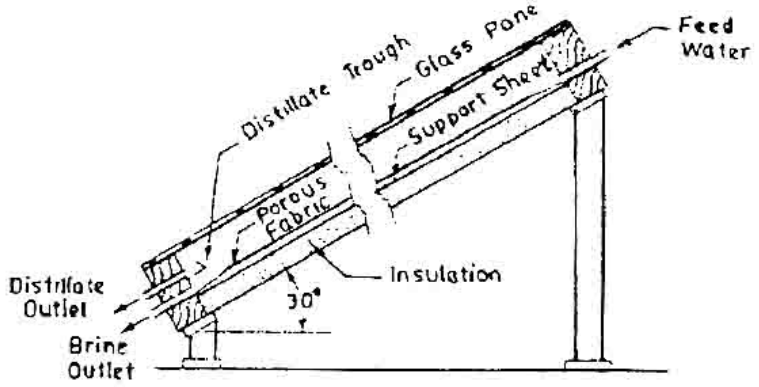
آب شیرین کن خورشیدی یک فتیله ای

این نوع آب شیرین کن در مقیاس کوچک که ماکزیمم سطح آن حدود ۲/۳ متر باشد بصورت نمونه های آزمایشی ساخته شده است. در این دستگاه فتیله پر منفذی از جنس نوعی پارچه سیاه وجود دارد که آب شور به آرامی از روی آن عبور داده می‌شود. انرژی خورشیدی که از شیشه عبور کرده است باعث گرم شدن پارچه شده و عمل تبخیر شروع می شود. بخار آب با برخورد با شیشه یا پلاستیک پوشش دستگاه، تقطیر شده و در کانالی که در گوشه پائینی پوشش قرار دارد. جمع می شود

و آبهای شور تقطیر نشده نیز از انتهای فتیله به بیرون آب شیرین کن ریخته می‌شود. شکل زیر این دستگاه بعلت قرارگیری منساب در مقابل اشعه خورشیدی، همچنین بدلیل داشتن ظرفیت حرارتی کمتر، دارای میزان تولید زیادی بازاء هر مترمربع از سطح می باشد ولی در مقابل دارای معایبی است که عبارتند از:

الف- مشکل جریان یکنواخت آب شور از دستگاه

ب- پوسیدگی سریع فتیله بعلت خشک شدنهای مکرر، این دستگاه از نظر اقتصادی با صرفه نمی باشد.

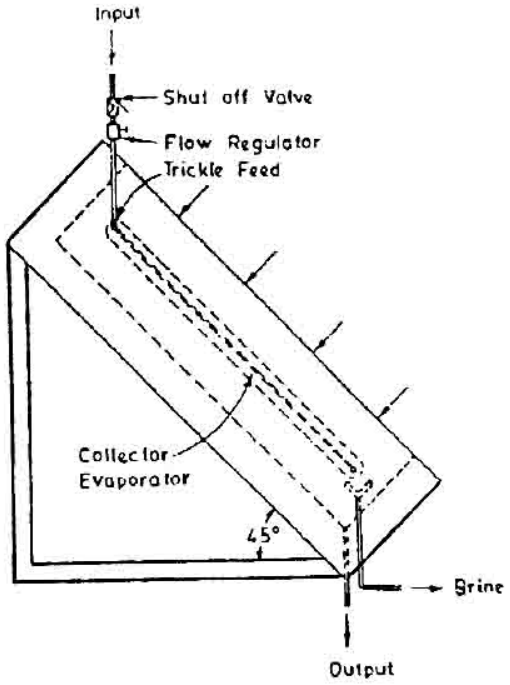


آب شیرین کن یک فتیله‌ای

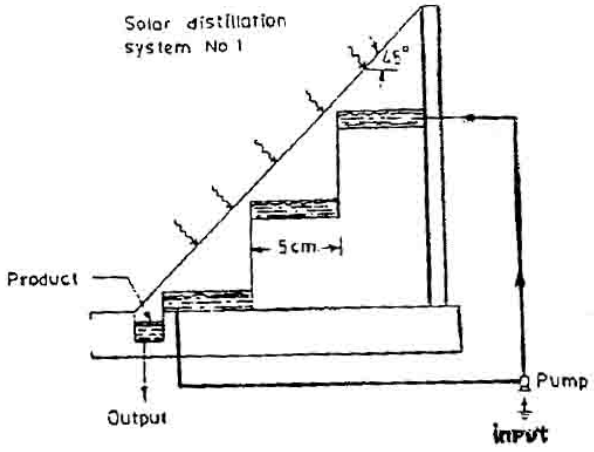
اشکال زیر سه نوع دیگر از آب شیرین کنهای خورشیدی مایل را نشان می دهند. شکل اول از نوع فتیله ای و دو شکل دیگر از انواع آب شیرین کنهای حوضچه ای هستند که شرح ساختمان و طرز کار آنها در طرحهای قبلی تشریح شده اند و تصاویر مربوطه نیز کلیه قسمتهای مختلف آب شیرین کن را نشان می دهند.

آب شیرین کن یا دستگاه تقطیر خورشیدی از نوع ریزشی
DIFFUSION SOLAR STILL

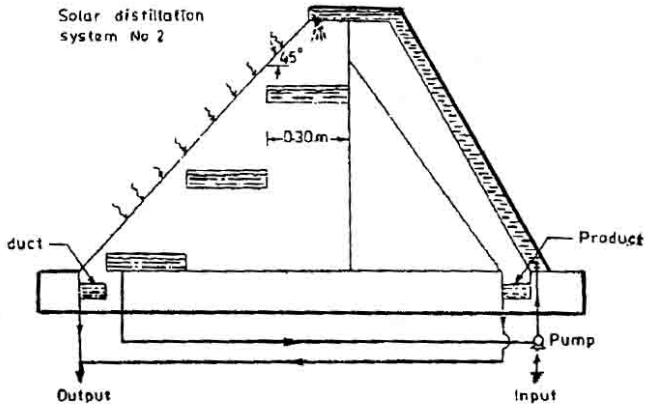
قسمت اصلی این دستگاه از صفحات موازی که در یک جعبه حاوی گاز بی اثر مثل هیدروژن نصب شده اند تشکیل شده است. آب شور دریا از قسمت فوقانی صفحات به داخل محفظه واردشده و از روی صفحات عبور داده می شود. سطح دیگر این صفحات بوسیله آبگرم تولیدشده توسط گردآور خورشیدی متعلق بدستگاه، گرم شده و تبخیر می گردد، بخار حاصله در اثر تماس با سطح صفحه مقابل تقطیر، و بطرف کانال تجمع آب شیرین سرازیر می شود و حرارت ناشی از تقطیر هر صفحه، بعنوان منبع حرارتی صفحه مقابل عمل می کند. در این دستگاه آب شور تبخیر نشده که غلظت آن افزایش یافته است، در قسمت تحتانی جعبه جمع و از دستگاه خارج می شود. (شکل آخر)



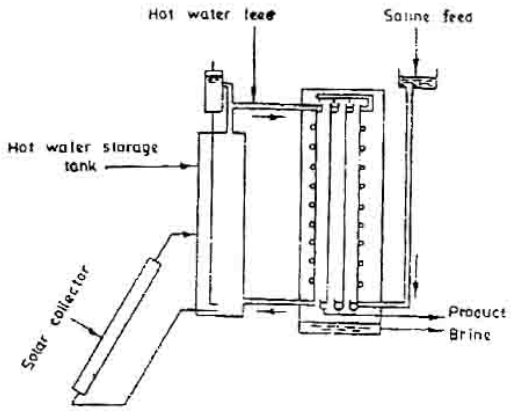
آب شیرین کن فتیله‌ای از نوع کلکتور اواپراتوری



آب شیرین کن حوضچه‌ای مایل با سیستم پر کننده



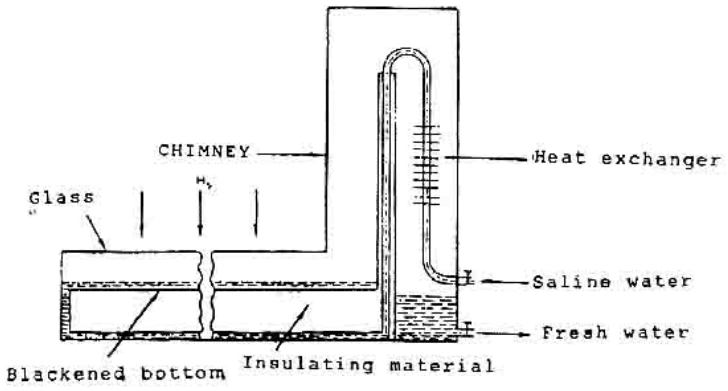
آب شیرین کن حوضچه‌ای مایل دو طرف با سیستم پر کن و مخزن تقطیر



آب شیرین کن از نوع ریزشی (دیفیوژن)

آب شیرین کن خورشیدی از نوع دودکشی

این دستگاه با شیشه پوشانده شده و دارای صفحه سیاه رنگی است که آب شور روی سطح این صفحه در اثر تابش خورشیدی تبخیر می شود. بخار حاصله بعلت جابجائی وارد دودکش شده و در اثر برخورد با یک مبدل حرارتی که از داخل لوله‌های آن آب شور سرد جریان دارد تقطیر می گردد. در اثر عمل تقطیر و دفع حرارت، آب شور ورودی به دستگاه پیش گرم شده و آب شیرین تهیه شده در قسمت پائین دودکش جمع و از آنجا برای مصرف برداشت می شود. شکل زیر کلیه قسمتهای این دستگاه را نشان می دهد.



آب شیرین کن خورشیدی مدل دودکشی

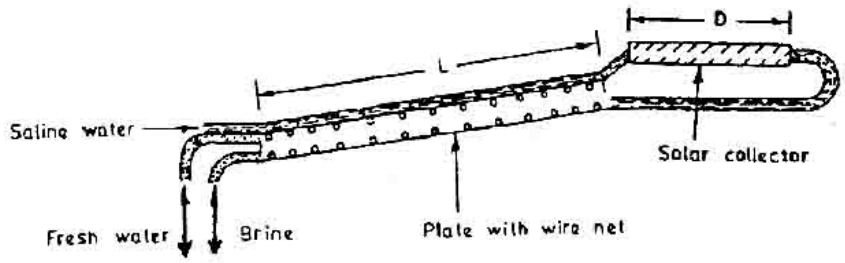
آب شیرین کن خورشیدی از نوع پیشانی گرم

HEATED HEAD STILL

این دستگاه تقطیر برپایه جداسازی گردآور خورشیدی از تبخیرکننده، طراحی و ساخته شده است. شکل زیر دیاگرام شماتیکی آنرا نشان می دهد.

در این دستگاه بعلت مجاورت جریان آب شور و آب شیرین، درجه حرارت آبهای خروجی معادل با درجه حرارت آب شور ورودی می باشد. تبخیر کننده از سه صفحه تشکیل شده است. آب شور ورودی در لوله های متصل به صفحه دوم در

سمت بالا جریان یافته و آب شیرین در سمت پائین صفحه دوم بطرف پائین جریان می یابد. بمنظور کاهش سرعت جریان آب شور، و برای جذب بیشتر حرارت و جلوگیری از ریزش آب شیرین، صفحه سوم و سمت پائین صفحه دوم، مجهز به شبکه ای از تور سیمی می باشد.



آب شیرین کن سه مرحله‌ای

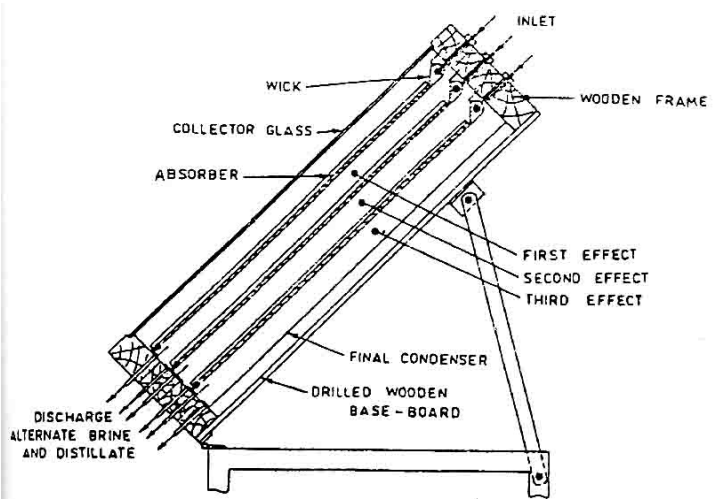
عمل تقطیر در زیر صفحه آب شور ورودی، و در روی شبکه تور سیمی انجام می‌گردد و حرارت حاصله بعنوان پیشگرم کن آب شور ورودی به دستگاه را گرم می‌کند. آب شیرین تهیه شده و آب شور غلیظ از محلهای تعیین شده از دستگاه خارج می شوند.

آب شیرین کن سه مرحله ای (دستگاه تقطیر خورشیدی سه اثره)

این نوع آب شیرین کن که در شکل زیر نشانداده شده است مشابه دستگاه تقطیر شکل قبل می باشد.

این دستگاه شامل صفحات موازی فاصله دار و مایلی است که فضای بین هر دو صفحه یک مرحله عمل تقطیر را تشکیل می دهد.

در این آب شیرین کن، هر صفحه نقش تبخیر کننده برای یک مرحله، و تقطیرکننده برای مرحله بعدی را باز می کند به جز اولین و آخرین صفحه که بترتیب و فقط بعنوان تبخیرکننده و تقطیرکننده آخری عمل می کنند.



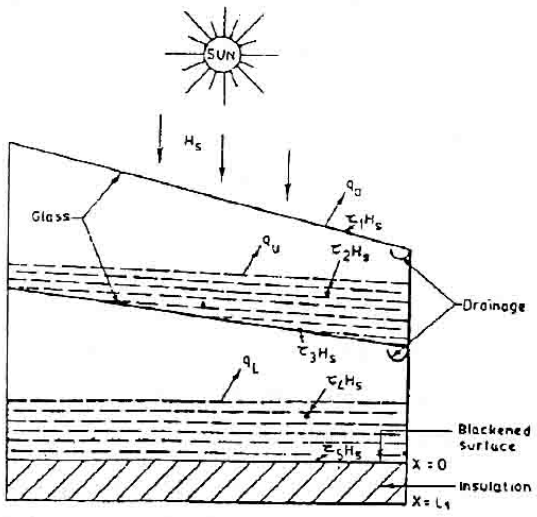
آب شیرین کن سه مرحله‌ای

طرز عمل در این دستگاه باین ترتیب است که اشعه خورشیدی از شیشه گذشته و در صفحه جذب کننده، تولید حرارت می کند و صفحه بعدی (صفحه تقطیرکننده) نیز در اثر عبور جریان آب شور، سرد می شود. هنگام عبور آب شور از سطح زیرین صفحه جذب کننده، آب تبخیر شده و روی سطح بالائی صفحه دیگر، تقطیر می گردد. در این عملیات حرارت دفع شده در اثر تقطیر، نقش پیشگرم کن برای مرحله بعدی را دارد. باین ترتیب آبهای تقطیرشده از طریق سه صفحه و آب شور تبخیر نشده بوسیله سه سطح دیگر جریان یافته و مطابق شکل از دستگاه خارج می شوند.

آب شیرین کن خورشیدی دو لگنه

DOUBLE BASIN SOLAR STILL

این دستگاه مشابه آب شیرین کن حوضچه ایست با این تفاوت که وجود یک شیشه شفاف بین پوشش شیشه ای اصلی و کف سیاه حوضچه، آنرا بیک آب شیرین کن دو طبقه تبدیل کرده است. این صفحه شفاف بعنوان کف برای لگن بالائی است. (شکل زیر).



آب شیرین کن دو لنگه

انرژی خورشیدی از پوشش اصلی و آب شور از لگن بالائی و سطح شفاف گذشته و بوسیله صفحه سیاه جذب کننده لگن پائینی جذب می شود. هرچند که آب داخل لگن بالائی، انرژی خورشیدی دریافتی بوسیله جذب کننده را کاهش می‌دهد ولی امکان تبخیر آب در لگن بالائی و تقطیر آن بوسیله پوشش شیشه ای را فراهم می سازد. مسئله جالب توجهی که در این طرح وجود دارد اینست که : اولاً حرارت نهان تقطیر آب در سطح زیرین پوشش شیشه ای، برای گرم کردن لایه نازکی از آب در لگن بالائی بکار برده می شود ثانیاً بعلت قرارگرفتن دو حوضچه در روی هم، سطح لازم برای دستگاه آب شیرین کن کاهش می یابد. عایق زیرین دستگاه بمنظور جلوگیری از تلفات حرارتی بکار برده شده است.

آب شیرین کنهای سبک و قابل حمل

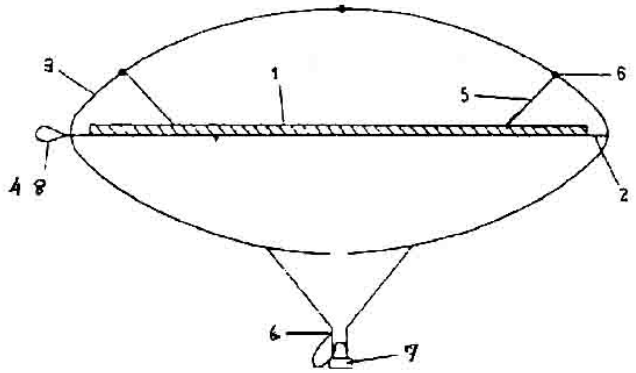
آب شیرین کنهای مختلفی که در صفحات گذشته معرفی شدند برحسب لزوم در مقیاسهای نسبتاً بزرگی ساخته می شوند و هدف اصلی در طراحی و ساخت آنها رسیدن به حداکثر تولید می باشد. در بعضی مواقع نظیر مسافرتهای دریائی و ایام

جنگ و غیره، یک دستگاه سبک و ارزان قیمت و قابل حمل، کارائی بیشتر داشته و جنبه های حیاتی خواهد داشت. دستگاههایی که با این هدف ساخته شده اند تعداد زیادی هستند که در این قسمت به معرفی و تشریح بعضی از آنها می پردایم:

آب شیرین کن خورشیدی نوع قایقی

این دستگاه تمام پلاستیک شناور و قابل بادکردن بوده و جهت استفاده در قایقهای نجات ساخته شده است شکل (زیر) این دستگاه از یک لایه پرمنفذ سیاه رنگی تشکیل شده (شماره۱) که در وسط یک پوشش شفاف پلاستیکی (شماره ۳) آویزان شده است.

کار دستگاه باین ترتیب می باشد که در نتیجه شناور ماندن دستگاه برروی آب لایه سیاه رنگ مقداری از آب دریا از طریق شکاف پایینی جذب می کند. انرژی خورشیدی در اثر تابش از پوشش شفاف گذشته و در لایه سیاه جذب کننده تقطیر شده و به داخل بطری جمع آوری (شماره ٤) چکیده می شود. قطعه ۲ نگهدارنده لایه- شماره ٥ آویز لایه- شماره ٦ نگهدارنده- شماره ۷ درپوش- شماره ۸ حلقه برای یدک کشی دستگاه را نشان می دهند. سبکی وزن (حدود نیم کیلوگرم) و نداشتن هیچ نوع قطعه فلزی از امتیازات این آب شیرین کن سفری می باشد.



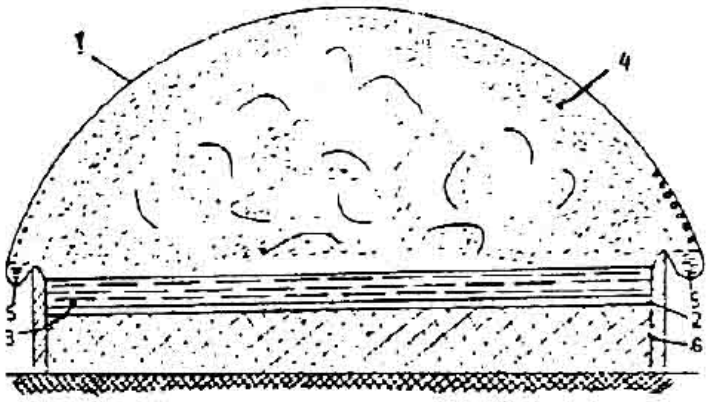
آب شیرین کن خورشیدی نوع قایقی

آب شیرین کن خورشیدی با پوشش نازک

FILM COVERED SOLAR STILL

اصول کار این دستگاه براساس آب شیرینکنهای حوضچه ای می باشد. شکل زیر این دستگاه و قطعات مربوطه را نشان می دهد. در مدلهای جدید این آب شیرین کن که از صفحات پلی اتیلن بعنوان پوشش شفاف استفاده می شود. می توان کارائی دستگاه را با پاشیدن گردهای مخصوصی با نام تجارتی (صافی خورشیدی) برروی پوشش آنها، افزایش داد.

یکی از معایب این دستگاهها خرابی زودرس پوشش آنها است که با استفاده از صافی خورشیدی می توان عمر آنها را افزایش داد.



آب شیرین کن خورشیدی با پوشش نازک

۱- پوشش شفاف نیمکره

۲- پارچه سیاه رنگ

۳- آب شور

٤- مخلوط هوا و بخار آب

٥- کانال تقطیر

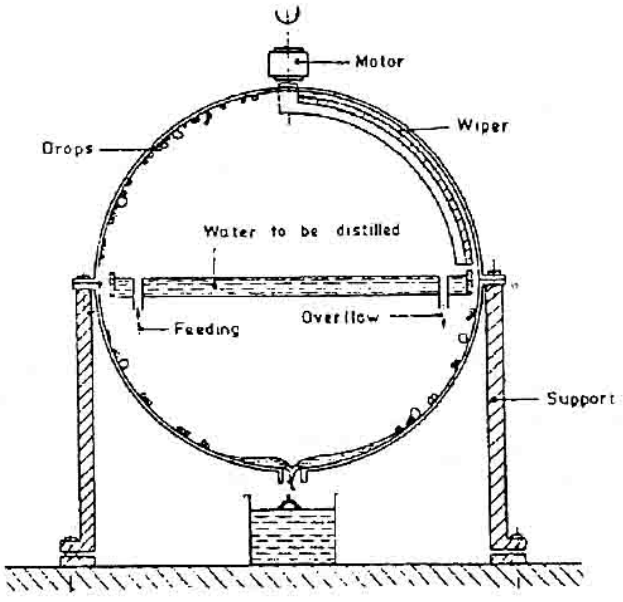
٦- عایق حرارتی

آب شیرین کن خورشیدی کره ای با خشک کن

WIPING SPHERICAL SOLAR STILL

ساختمان این دستگاه مشابه آب شیرین کنهای نوع قایقی است با این تفاوت که به جای لایه متخلخل در این دستگاه از حوضچه فلزی سیاه رنگی استفاده شده است بعلاوه به قسمت بالائی پوشش شفاف نیز یک الکتروموتور متصل گردیده است (شکل زیر).

موتور الکتریکی خشک کن داخل نیمکره بالائی را بطور دورانی بحرکت در می آورد. این خشک کن قطرات آب تقطیر شده در زیر سطح نیمکره بالائی را جاروب کرده و از طریق شکافهائی به نیمکره پائینی هدایت می کند. عمل خشک کن باعث می شود که از ریزش آبهای تقطیرشده بداخل حوضچه آب شور جلوگیری شده و باین ترتیب میزان تولید و جمع آوری آب شیرین تا حدود ۲۵ درصد افزایش می یابد. در شکل محل ورود و خروج آب شور و تکیه گاههای این دستگاه مشخص شده اند.



آب شیرین کن کره‌ای با خشک کن دوار

آب شیرین کن خورشیدی لوله ای هم مرکز

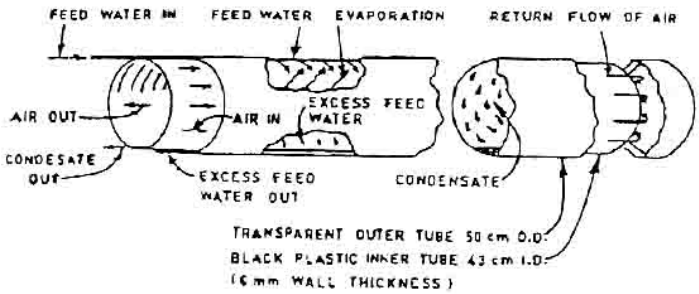
CONCENTRIC TUBE SOLAR STILL

این دستگاه از دو لوله متحدالمرکز تشکیل شده که لوله بزرگتر از پلاستیک شفاف قابل انعطاف که یکطرف آن بسته شده ساخته شده و لوله کوچکتر نیز که داخل لوله بزرگتر قرار گرفته از فلز سیاه رنگی ساخته شده و بعنوان صفحه جذب کننده عمل می کند. دو طرف این لوله باز می باشد. آب شور بوسیله لوله ای که دور لوله کوچکتر پیچیده شده به داخل دستگاه جریان می یابد و از طریق سوراخهائی که روی لوله تعبیه شده به بیرون تراوش می کند.

مکانیزم عمل در این آب شیرین کن به این ترتیب می باشد که هوا با درجه حرارت و رطوبت محیط به فضای حلقوی بین دو لوله فرستاده می شود. تابش خورشیدی که بوسیله سطح خارجی و سیاه رنگ لوله کوچک جذب شده است باعث افزایش دما و رطوبت هوا بعلت تبخیر آب شور گردیده و هوای مرطوب جدید وارد قسمت داخلی لوله کوچکتر می شود. رطوبت هوا روی سطح داخلی کوچک تقطیر شده و جمع آوری می گردد.

هوای خشک نیز به محیط فرستاده می شود.

در این عملیات حرارت نهان تقطیر بعنوان یک پیش گرم کن، برای آب شور جریانی در لوله سوراخدار عمل می کند.



آب شیرین کن خورشیدی لوله‌ای متحدالمرکز

آب شیرین کن خورشیدی با بازتابنده

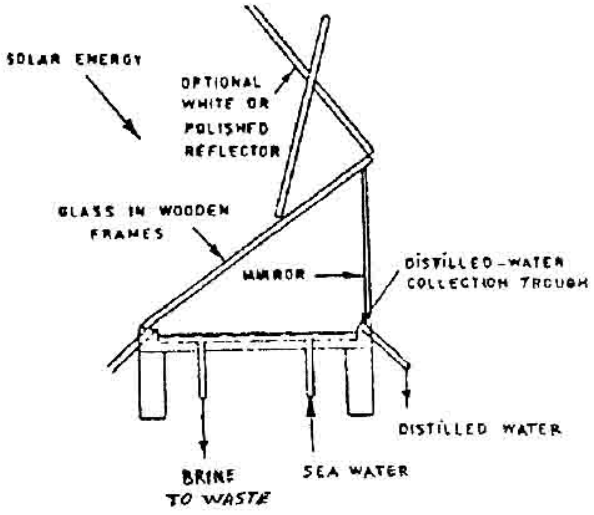
استفاده از سطوح منعکس کننده، مستلزم استفاده از آئینه هائی در سطوح عمودی عقبی به دستگاههای کوچک محدود می شود (شکل زیر)

با وجود اینکه استفاده از این نوع آئینه ها بطور محسوسی میزان تولید را افزایش می دهد ولی آئینه ها گران قیمت بوده و چندان بادوام نیستند.

آب شیرین کن خورشیدی قالب پلاستیکی

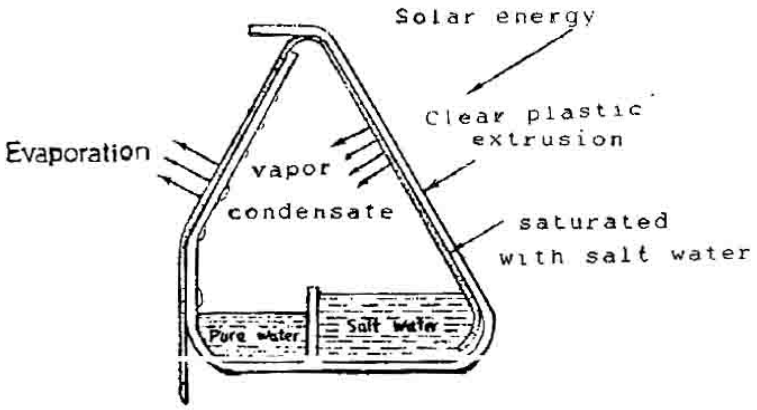
EXTRUDED PLASTIC STILL

طرح ساده این نوع دستگاه با فتیله سیاه برای تبخیر و سردکردن در شکل زیر نشانداده شده است. تابش خورشیدی پس از عبور از پلاستیک شفاف، آب درون فتیله سیاه را گرم می کند. در نتیجه این عمل، آب تبخیر شده در قسمت دیگر دیواره دستگاه پس از دفع حرارت، تقطیر می شود. و در قسمت دوم کف دستگاه که توسط دیواره ای از حوضچه آب شور جدا شده است. جمع آوری می گردد.



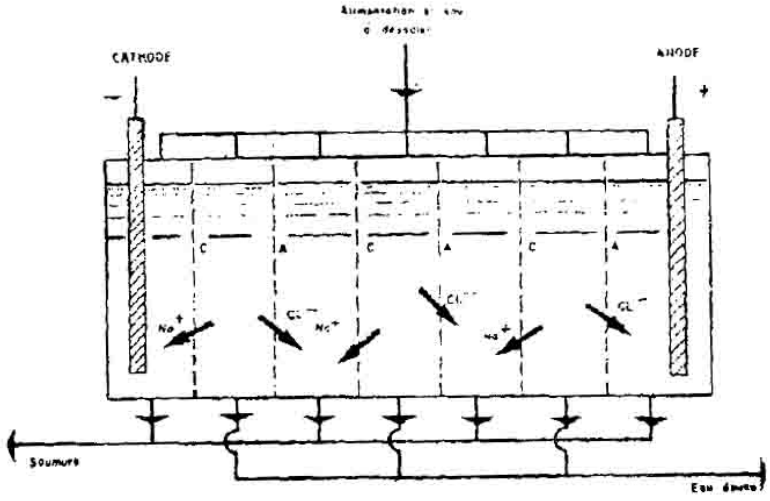
آب شیرین کن خورشیدی با بازتابنده

در این دستگاه حرارت نهان حاصل از تقطیر بوسیله آبی که در سطح دیواره تقطیر جریان دارد به هوای محیط منتقل می شود.

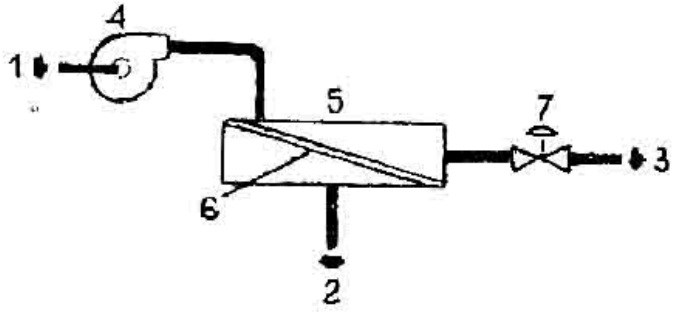


آب شیرین کن خورشیدی قالب پلاستیکی

اشکال زیر دو نوع دیگر از انواع آب شیرین کنها را که اولی با روش الکترودیالیز بوده و دومی شمای کلی از یک سیستم تراوش معکوس می باشد، نشان می دهد.



استفاده از روش الکترودیالیز برای شیرین کردن آب



استفاده از روش تراوش معکوس برای شیرین کردن آب

طراحی آبگرمکن خورشیدی گردآور پارابولیک

در این بخش آبگرمکن خورشیدی گردآور بالابولیک در شرایط اقلیمی ایران طراحی شده و پس از ارائه مشخصات اجزاء آن، محاسبات مربوطه انجام می شود.

مشخصات قسمت انعکاس گردآور پارابولیک

صفحه منعکس کننده

طول: ۱ متر

پهنای دهانه سهمی: ٦٠ سانتیمتر

جنس صفحه: ورقه آلومینیوم کاملاً صیقل داده شده

علت انتخاب این فلز وزن کم، قیمت مناسب و همچنین انعطاف پذیری آن است.

مقطع صفحه: سهمی شکل

صفحه نگاهدارنده

طول: ۱ متر

پهنای دهانه سهمی: ٦٠ سانتیمتر

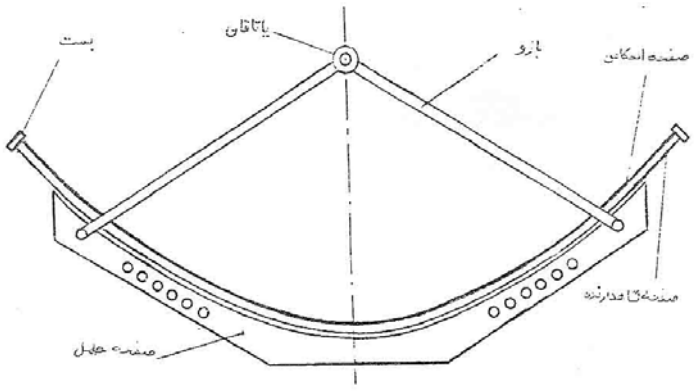
جنس صفحه: آلومینیوم

صفحه منعکس کننده درون این صفحه قرار می گیرد و از دو طرف به وسیله دو ناودانی هریک بطور یک متر که به صفحه نگاهدارنده متصل می باشد، ثابت می شود. جنس ناودانی ها را نیز می توان از آلومینیوم در نظر گرفت.

صفحه حامل

طول: ۱ متر

پهنای دهانه سهمی: ٤٠ سانتیمتر

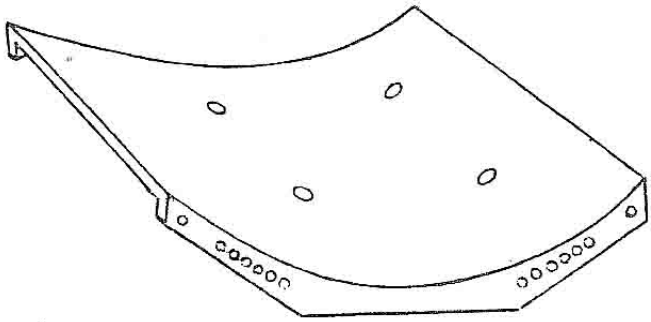


قسمت انعکاس دهنده

جنس صفحه: آلومینیوم، این قطعه را از فیبر یا چوب سبک هم می توان ساخت ولی چون دستگاه در فضای آزاد و زیر باران و برف قرار می گیرد. بهتر است از آلومینیوم ساخته شود.

صفحه حامل مطابق شکل ۲ ساخته شده و از طریق سوراخهای موجود در سطح آن به صفحه نگاهدارنده پیچ می شود در دوطرف این صفحه دو صفحه وجود دارد که شکل هندسی آنها در شکل ۲ مشخص می باشد. برروی این صفحات سوراخهایی تعبیه می شود که امکان تغییر زاویه گردآور نسبت به افق را در ماههای مختلف سال

مقدور می سازد. زیرا چنانکه اشاره شد زاویه تابش خورشید در طول سال، در یک زمان معین از روز، متفاوت است.



صفحه حامل

شیب صفحه منعکس کننده

شیب این صفحه، زاویه سطح دهانه گردآور نسبت به افق می باشد که فراخور ماه موردنظر زاویه تابش و براساس مطالب بیان شده تنظیم می شود.

یاتاقان و بازوها

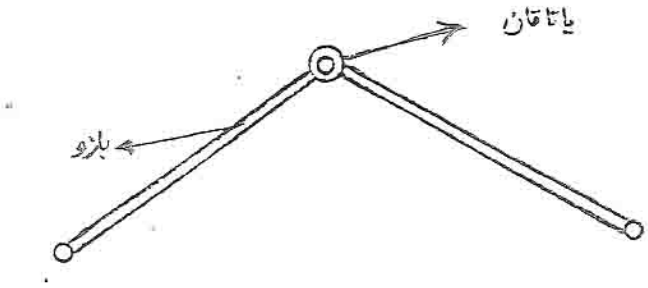
تعداد: ۲ عدد

طول: هریک ٥ سانتیمتر

قطر داخلی: ۳ سانتیمر

قطر خارجی: ٤ سانتیمتر

جنس: آهن



لوله حفاظ جذب کننده که بصورت یک نیم لوله می باشد از دو انتها درون این یاتاقان‌ها قرار می گیرد و بوسیله پیچ های معمولی یا آلن که در بدنه یاتاقان قرار دارند، محکم می شود.

هریک از یاتاقانها دارای دو بازوست که به صفحه حامل بوسیله پیچ متصل شده است. وظیفه این بازوها نگاهداری لوله جذب کننده در مرکز سهمی منعکس کننده است.

مشخصات قسمت جذب کننده

لوله جذب کننده

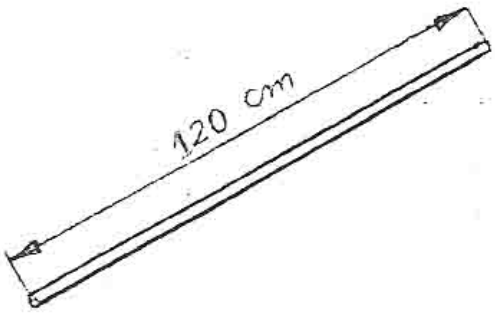
طول: ۱۲۰ سانتیمتر

قطر اسمی: یک اینچ نوع L

قطر خارجی: ۲/۸۵۸ سانتیمتر

قطر داخلی: ۲/٦۰٤ سانتیمتر

جنس: مس، سطح خارجی لوله سیاه می شود.



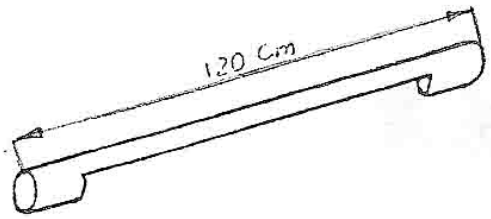
نیم لوله منعکس کننده

طول: ۱۲۰ سانتیمتر

قطر اسمی: ۲ اینچ

جنس: چدن

مشخصات لوله: چنانکه در قسمت قبل اشاره شد، این لوله وظیفه انعکاس امواجی که از کنار لوله جذب کننده می گذرد را برعهده دارد. برش این لوله مطابق شکل ٥ بصورت طولی انجام شده ولی دو انتهای آن برش داده نمی شود تا درون یاتاقانها قرار گیرد. طول این لوله عمداً ١٠ سانتیمتر بلندتر در نظر گرفته شده تا در صورت ایجاد امکان برای نصب سیستم کنترل اتوماتیک دنده مخروطی مربوطه لوله مسی سیاه شده، درون این لوله قرار می گیرد. در این لوله ابتدا سطح داخلی کاملاً عایق شده و سپس یک انعکاس دهنده خوب مانند ورقه فولاد ضدزنگ (Stainless steel) و یا آلومینیوم کاملاً صیقل داده شده در سطح داخلی آن نصب می شود تا امواج نوریی را که از کنار لوله جذب کننده به هدر می روند، برروی این لوله منعکس نماید.



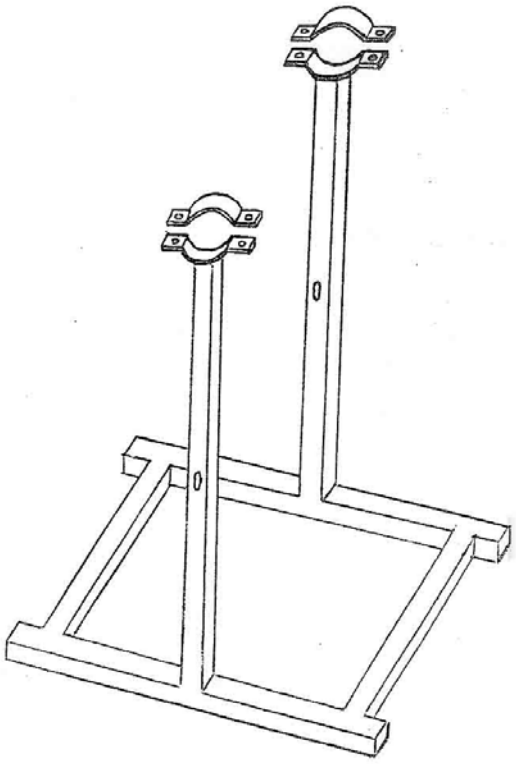
پایه دستگاه

ارتفاع: ٦٠ سانتیمتر

جنس: آهن قوطی شکل

در قسمت بالا هر یا از پایه های دو یاتاقان که نیم لوله انعکاس دهنده را در خود نگاه می دارند در نظر گرفته شده است. قطر داخلی این یاتاقانها برابر با قطر خارجی نیم لوله است.

در قسمت میانی هریک از پایه ها نیز شکافی تعبیه می شود که از داخل آن صفحه حامل در وضعیتی که گردآور بیشترین مقدار تابش را جذب نماید، پیچ می شود.



پایه گردآور

اتصال قسمتهایی از پایه که روی زمین قرار می گیرد به پایه های عمودی بوسیله جوش انجام می شود.

سیال عامل

با توجه به اینکه در ایران و بویژه در تهران امکان انجماد آب در لوله جذب کننده وجود دارد، بهتر است اتیلن گلیکول یا پروپیلن گلیکول به آب افزوده و از یخ زدن آن جلوگیری نمود.

بدیهی است در این صورت سیستم مورد استفاده از نوع بسته خواهد بود و از مبدل حرارتی استفاده خواهد شد.

سیال انتخابی در این گردآور محلول آب و اتیلن گلیکول دارای غلظت ٤٠٪ می باشد که دمای انجماد این سیال برابر با ٣١/٧- درجه سانتیگراد است.

مخزن ذخیره- مبدل حرارتی

در محاسبه مخزن باید حجمی برابر مصرف ۱/۵ تا ۲ روز را برای آن در نظر گرفت. البته چون در اینجا گردآور طراحی شده نسبتاً کوچک می باشد، حجم مخزن برابر مصرف ۱/۵ روز در نظر گرفته می شود.

از سوی دیگر میزان مصرف متوسط سرانه آبگرم در هر روز برای ایران حدود ۵۰ لیتر است که در صورتیکه این دستگاه به یک خانواده ۵ نفری سرویس بدهد حجم مخزن برابر خواهد بود با:

50 Lit/ cap.day* 5 Cap * 1.5day = 375Lit

چنانکه قبلاً نیز گفته شد معمولاً مبدل حرارتی درون مخزن قرار دارد. وزن سیال عامل که درون لوله جذب کننده جریان می یابد در قسمت محاسبات بدست خواهد آمد، و در نتیجه حجم مبدل حرارتی نیز از روی آن تعیین می شود. در بعضی از انواع مخازن ذخیره از یک آبگرمکن الکتریکی کمکی استفاده می شود تا در موقع لزوم بصورت دستی یا اتوماتیک بکار گرفته شود.

مبدل را می توان از نوع منبع دوجداره انتخاب نموده و درجه حرارت مورد نیاز را تأمین کرد. درجه حرارت آب برای حمام و دوش بین ۳۷ تا ٤۳ درجه سانتیگراد در نظر گرفته می شود.

نوع سیرکولاسیون

در اکثر آبگرمکن های خورشیدی می توان از سیستم ترموسیفون استفاده کرد، اما در صورتیکه به علتی نصب مخزن آبگرم در محلی بالاتر از گردآور عملی نباشد، می‌توان از پمپ سیرکولاسیون استفاده نمود و ایجاد سیرکولاسیون اجباری نمود. البته اینکار هزینه های اضافی در بر خواهد داشت.

به هر حال با فرض اینکه مخزن آبگرم در نقطه ای پایین تر از گردآور قرار گیرد، از پمپ سیرکولاسیون استفاده می نماییم. مشخصات پمپ بسته به میزان جرم سیال

عامل و مقدار انتقال حرارت بستگی دارد که در محاسبات مورد توجه قرار خواهد گرفت.

لوله ها- شیرآلات- اتصالات و کنترلها

در آبگرمکن خورشیدی، نیاز به شیرآلاتی برای انجام وظایفی از جمله هواگیری، کاهش فشار، ایجاد جریان یکطرفه و ... می باشد.

همچینین اتصال قسمتهای مختلف بوسیله لوله های لاستیک، برای اتصال به گردآور و لوله های چدنی برای اتصال قسمتهای دیگر، مورد استفاده قرار می گیرد. قطر مناسب برای لوله ها و اتصالات و شیرها یک انیچ می باشد.

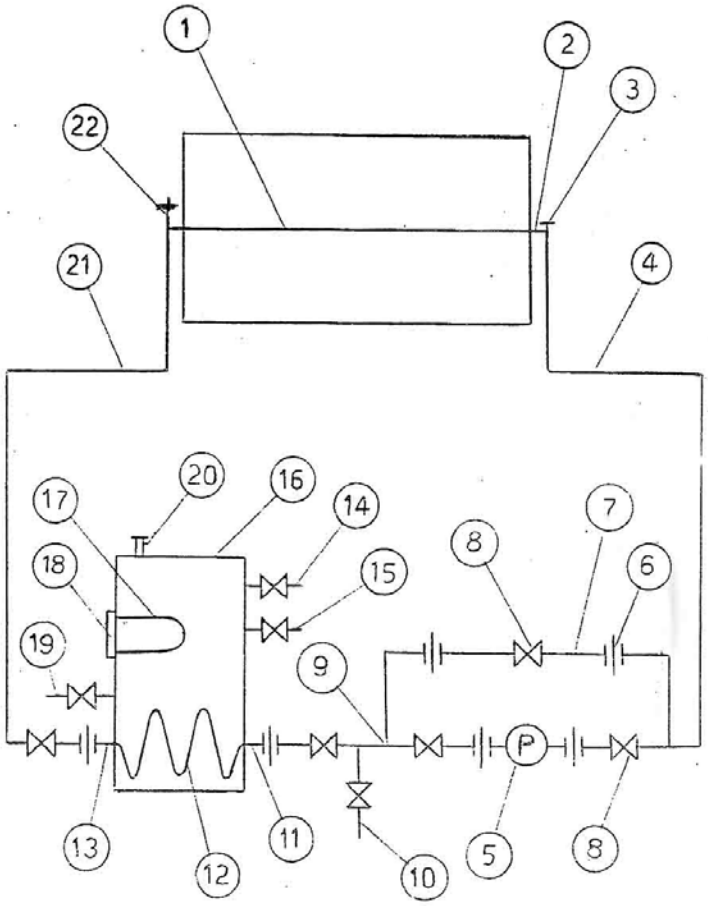
همچنین برای کنترل درجه حرارت و عملکرد پمپ، نیاز به کنترلهایی از قبیل ترموکوپل می باشد. کلیه قطعاتی که باید در سیستم آبگرمکن خورشیدی بکار رود در شکل زیر معین شده است.

عایق بندی

تمامی لوله های رابط باید بخوبی عایق بندی شوند تا از میزان اتلاف حرارتی کاسته شود، بخصوص لوله هایی که در فضای آزاد قرار دارند.

نگاهداری گردآور

در نگاهداری گردآور پارابولیک باید به مسائلی از قبیل اکسیدشدن سطح منعکس کننده در اثر باران و برف و کثیف شدن این سطح و نشستن گرد و غبار برروی آن و در کل کدر شدن سطح انعکاس توجه کامل شده و از این پیامدها جلوگیری نمود. زیرا در غیراینصورت راندمان گردآور کاهش زیادی خواهد داشت. اتلاف حرارتی گردآور پارابولیک در صورت عدم انعکاس صحیح حدود ۲۰٪ می باشد که در صورت وجود گرد و غبار و یا زنگ زدگی برروی آن راندمان تا ۵۰٪ کاهش می یابد.



سیستم ساده آبگرمکن خورشیدی با سیرکولاسیون اجباری

۱- لوله مسی

۲- مجموعه خروجی و هواگیری

۳- درپوش

٤- رفت سیال به لوله مسی

٥- پمپ سیرکولاسیون

٦- مهره ماسوره

۷- بای پاس

۸- شیرفلکه

۹- سه راهی

۱۰- لوله سرویس

۱۱- ورودی سیال گرم به مبدل

۱۲- مبدل حرارتی

۱۳- خروجی سیال از مبدل

۱٤- رفت آبگرم مصرفی

۱۵- شیر فشار شکن

۱٦- مخزن آبگرم

۱۷- کویل الکتریکی کمکی

۱۸- جعبه کنترل سیستم

۱۹- ورود آب سرد به مخزن

۲۰- فشار سنج و ترمومتر

۲۱- برگشت سیال به لوله مسی

۲۲- شیر هواگیری

محاسبات آبگرمکن خورشیدی گردآور پارابولیک

در بخش گذشته گردآور پارابولیک و سیستهای متعلق به آن مورد بحث قرار گرفت. همچنین نمای شماتیک از مجموعه آبگرمکن خورشیدی ارائه گردید. در این بخش محاسبات مربوط به این آبگرمکن انجام می شود. در واقع مطالبی که تابحال بطور کلی و اصولی بیان گردید، در اینجا در مورد شهر تهران محدود می شود.

میزان آبگرم مورد نیاز

چنانکه قبلاً اشاره شد میزان متوسط مصرف روزانه آبگرم برای هر نفر در تهران حدود ۵۰ لیتر در روز می باشد. بنابراین برای یک خانواده ۵ نفره:

میزان مصرف متوسط روزانه = $5 \times 50 = 250$ Lit/day

با در نظر گرفتن ضریب مصرف ماکزیمم روزانه K_d = ۱/۲ خواهیم داشت:

ماکزیمم مصرف روزانه = $250 \times 1.2 = 300$ Lit/day

همچنین اشاره شد که دمای مطلوب برای آبگرم دوش و حمام بین ۳۷ تا ٤۳ درجه و برای ظرفشویی حدود ۵۰ درجه سانتیگراد می باشد.

اگر درجه حرارت آب ورودی شهر به منبع را برابر ۱۰ درجه سانتیگراد در نظر بگیریم، می توان حرارت موردنیاز برای گرم کردن آب مصرفی را بدست آورد:

$$T_b = \frac{50+10}{2} = 30^o C$$

$C_p = 4.179$ Kj/Kg^{o}c , $\rho = 995$ Kg/m^3

دبی ماکزیمم مصرف روزانه برابر خواهد بود با:

$$M = \rho Q = \frac{300 \times 10^{-3} \times 995}{24 \times 3600} = 3.455 \times 10^{-3} \text{ Kg/sec}$$

بنابراین:

$$Q = mC_p (T_o - T_i)$$

$$= (3.455 \times 10^{-3})(4.179 \times 10^{-3})(50-10) = 577.5 W$$

یعنی ۵۷۷/۵ وات انرژی برای گرم کردن آب شهر به میزان ۵۰ درجه سانتیگراد برای مصرف یک خانواده ۵ نفری موردنیاز است.

این مقدار انرژی همان گرمایی است که آب باید از سیال عامل که در اینجا اتیلن گلیکول ٤۰٪ می باشد دریافت کند.

مبدل حرارتی- مخزن ذخیره

چنانکه اشاره شد میزان آبگرم موردنیاز حدود ۳۰۰ لیتر درهر روز و حجم مخزن حدود ۳۷۵ لیتر می باشد که بهتر است از یک مخزن ٤۰۰ لیتری استفاده شود.

$V_{\text{مخزن}} = 400$ Lit

همچنین با توجه به اینکه مبدل حرارتی مورد استفاده در آبگرمکنها معمولاً لوله ای است که درون مخزن قرار می گیرد، طول و قطر آن در زیر پیشنهاد می گردد که در

صورت نداشتن بازده مناسب این مقادیر تغییر داده خواهد شد. این لوله معمولاً از جنس مس می باشد. قطر اسمی لوله انتخابی یک اینچ می باشد.

$L_{مبدل}$= 150 cm

D = 28.58 mm

$A = \pi DL = (\pi)(0.02858)(1.5) = 0.1347\ m^2$

انتقال حرارت واحد سطح در مبدل

در قسمتهای قبل مشخص شد که ۵۷۷/۵ وات انرژی موردنیاز است. این انتقال انرژی در مبدل صورت می گیرد. به عبارت دیگر میزان تبادل گرما در واحد سطح در مبدل برابر است با:

$$q = \frac{577.5}{0.1347} = 4287.3\ W/m^2$$

انرژی دریافتی از خورشید

در اینجا از مقادیر انرژی تابشی محاسبه شده برای تهران و سایر شهرها استفاده می گردد. مقادیر داده شده برحسب $\frac{Cal}{Cm^2.day}$ می باشد که معادل است با:

$$\frac{Cal}{Cm^2.day} \times \frac{4.184\, j/\sec}{(24\times 3600)\sec/day} = 10^4 Cm^2/m^2 = 0.484\ W/m^2$$

برای انجام محاسبات، یکی از ماههای سرد سال انتخاب شده است. از سوی دیگر چنانکه اشاره شد گردآور پارابولیک قسمت عمده انرژی موردنیاز خود را از تابش مستقیم خورشید دریافت می کند و تابش غیرمستقیم تأثیر چندانی بر آن ندارد.

$$I_{direct} = 128\ \frac{Cal}{Cm^2.day} = 128 \times 0.4842 = 61.98\ W/m^2$$

تابش خورشید به گردآور پارابولیک پایه ثابت، در ساعات ابتدایی و انتهایی روز، تمام سطح گردآور را در بر نمی گیرد. معمولاً برای این گردآور راندمان ۸۰٪ برای دریافت انرژی خورشیدی در نظر گرفته می شود:

$I_{actual} = 61.98 \times 0.8 = 49.58\ W/m^2$

ضریب تمرکز

برای گردآور طراحی شده با توجه به آنکه قطر خارجی لوله جذب کننده انرژی ۵۸/ ۲۸ میلیمتر می باشد، ضریب تمرکز برابر است با:

$$C_r = \frac{WDL}{\pi DL} = \frac{(0.6)(1)}{(\pi)(28.58\times10^{-3})} = 6.68 \approx 6.7$$

درجه حرارت سطح خارجی لوله جذب کننده

مقدار ضریب انعکاس p برابر آلومینیوم خالص کاملاً صیقل داده شده و مقدار a و ε برای مس خالص از همان جدول مطابق زیر است:

$\rho = 0.9$

$\alpha = 0.15$

$\varepsilon = 0.03$

مقدار تابش انعکاس یافته به سطح لوله جذب کننده برابر است با:

$I_T = \rho I_{act} = (0.9)(49.58) = 44.62\ W/m^2$

$I_T\ C_r\ \alpha = \sigma\varepsilon T^4$

$\sigma = 5.669 \times 10^{-8}$

$T = 354.7^k = 81.5^oc$

$(0.6 \times 1 \times 44.62)(6.7)(0.15) = (5.669 \times 10^{-8})(0.03)T^4$

یعنی سطح خارجی لوله مسی دمای حدود ۸۱/۵ درجه سانتیگراد خواهد یافت.

درجه حرارت سطح داخلی لوله جذب کننده

لوله جذب کننده حرارت از مس خالص است و دارای ضریب حرارت زیر است:

$K = 381\ W/m^oc$

$$q = \frac{2\pi kL(\Delta T)}{1n(D_o / D_i)}$$

مقدار انتقال حرارت بدست آمده در قسمتهای قبل و مقادیر اقطار داخلی و طول لوله مسی در رابطه بالا قرار گرفته، حاصل چنین خواهد بود:

$$4287.3 = \frac{(2\pi)(381)(1)(\Delta T)}{1n28.58/26.04}$$

$(\Delta T) = 0.167^oc$

چنانکه ملاحظه می شود اختلاف درجه حرارت بین سطوح داخلی و خارجی لوله مسی قابل توجه نیست و به همین دلیل از آن صرفنظر می شود.

درجه حرارت سیال عامل

چنانکه قبلاً اشاره شد، سیال عامل در گردآور محلول آب و اتیلن گلیکول دارای غلظت ٤٠٪ می باشد. با توجه به درجه حرارت سطح داخلی لوله جذب کننده که ٨١/٥ درجه سانتیگراد و درجه حرارت آبگرم موردنیاز که ٥٥ درجه سانتیگراد می باشد دمای توده سیال عامل برابر با ٦٥ درجه سانتیگراد حدس زده می شود.

$T_b = 65^oc = 149^oF$

$\mu = 1.25\ C.P. = 1.25 \times 10^{-3}\ Kg/m.sec$

$\rho = 1.025 \times 980.4 = 1004.9\ Kg/m^3$

$C_p = 0.87 \times 4.1869 = 3.64\ Kj/Kg^oc$

$K = 0.265 \times 1.7307 = 0.459\ W/m^oc$

با در نظر گرفتن سرعت ١m/sec برای جریان سیال عامل درون لوله می توان نوشت:

$$R_e = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{(1004.9)(1)90.02604)}{1.25\times10^{-3}} = 20934$$

$$P_r = \frac{Cp\mu}{K} = \frac{(3.64\times10^{3})(1.25\times10^{-3})}{0.459} = 9.91$$

با توجه به دمای دیواره لوله می توان نوشت:

$T_w = 81.5^{o}c$ $\mu_w = 7.5 \times 10^{-4}$ Kg/m.sec

با استفاده از روابط تجربی زیر برای عدد ناسلت داریم:

$$Nu = (0.027)\ R_e^{0.8} P_r^{1/3} (\mu/\mu_w)^{0.14}$$

$$Nu = (0.027)(20934)^{0.8}(9.91)^{1/3}\left(\frac{1.25\times10^{-3}}{7.5\times10^{-4}}\right)^{0.14} = 178.3$$

و یا از رابطه Nusselt :

$$Nu = (0.036)R_e^{0.8} P_r^{1/3} (d/L)^{0.055}$$

$$Nu = (0.036)(20934)^{0.8}(9.91)^{1/3}(0.02604/1)^{0.055} = 181.1$$

چنانچه ملاحظه می شود مقادیر بدست آمده از روابط تجربی بالا، تقریباً یکسان می باشند و مقدار متوسط ۱۸۰ برای عدد ناسلت در نظر گرفته می شود.

برای تعیین ضریب انتقال حرارت می توان نوشت:

$$h = \frac{Nu.K}{d}$$

$$h = \frac{(180)(0.4586)}{0.02604} = 3180 w/m^{o}c$$

و همچنین داریم:

$$\dot{m}\, c_p\, \Delta T = h\, A(T_w - T_b)$$

$$\dot{m} = \rho AV = (1004.9)(\pi/4)(0.02604)^2(1) = 0.535 \text{ Kg/sec}$$

$$(0.535)(3.64 \times 10^{3})(\Delta T) = (3180)(\pi)(0.02604)(1)(16.5)$$

$$\Delta T = 2.2^{o}C$$

و برای تعیین مقدار درجه حرارتهای ورودی و خروجی سیال عامل می توان نوشت:

$$\frac{T_i + T_o}{2} = 65^{o}c$$

$T_i - T_o = 2.2^oc$

با حل دو معادله بالا جواب بصورت زیر خواهد بود:

$T_i = 63.9^oc \qquad T_o = 66.1^oc$

برای بررسی صحت محاسبات و روابط استفاده شده مقدار انتقال حرارت در لوله محاسبه می شود:

$q = h\ A(T_w - T_b)$

$q = (3180)(\pi)(0.02604)(1)(81.5\text{-}65)$

$q = 4292.4\ W/m^2$

محاسبه میزان خطا:

$$(\frac{4292.4}{4287.3} - 1) \times 100 = 0.12\%$$

این خطا که مقدار آن از یک درصد هم بسیار کمتر می باشد، بیانگر صحت محاسبات و فرضهای انجام شده است.

این روش محاسبه را می توان برای ماههای مختلف سال تعمیم داد.

افتهای مسیر

نوع شیر یا اتصال	تعداد تقریبی	طول معادل واحد
شیر فلکه	۸	۸/۵
سه راهی	۵	۱/۵
زانوئی معمولی ۹۰	۲۰	۰/۹

همچنین طول تقریبی لوله ۱۵ متر می باشد، بنابراین طول معادل برابر است با:

$8.5 \times 8 + 1.5 \times 5 + 0.9 \times 20 + 15 = 108.5m$

برای تعیین ضریب اصطکاک با توجه به نوع لوله که از نوع نرم می باشد و با داشتن عدد رینولدز، می توان نوشت:

$R_e = 20934\ ,\ \varepsilon/D = 0.0035 \ \Rightarrow f = 0.0155$

بنابراین با استفاده از معادله دارسی و ایزباخ مقدار افت فشار کلی برابر است با:

$$h_L = f\frac{L}{D}.\frac{V^2}{2g}$$

$$h_L = 0.0155.\frac{108.5}{0.02604}.\frac{1^2}{2\times(9.81)} = 3.29 \approx 3.3m$$

مشخصات پمپ سیرکولاسیون

طبق معادله برنولی:

$$\frac{P_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1+H_P=\frac{P_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2+h_L$$

با توجه به ثابت بودن سرعت سیال در طول مسیر و نیز صرفنظر از تغییرات فشار می توان نوشت:

$$H_p = (Z_2 - Z_1) + h_L = H + h_L$$

که H ارتفاع گردآور نسبت به محل پمپ می باشد. اگر این ارتفاع را حدود ۲/۷ متر در نظر بگیریم، می تون نوشت:

$$H_p = 2.7 + 3.3 = 6m$$

از سوی دیگر با توجه به دبی جرمی سیال عامل می توان دبی حجمی پمپ را تعیین نمود:

$$\dot{Q}=\frac{\dot{m}}{\rho}=\frac{0.535\times10^3\times60}{1004.4}=31.94Lit/\min$$

بنابراین پمپ انتخابی دارای مشخصات روبرو می باشد:

H = 6 m

Q = 32 Lit/min

راندمان گردآور

راندمان گردآور را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$\eta = \frac{Q_{out}}{I_{direct}.W.L}$$

که در آن:

Q_{out} مقدار حرارت دریافت شده توسط آبگرم مصرفی (W)

I_{direct} شدت تابش مستقیم خورشید به گردآور پارابولیک (W/m^2)

W پهنای دهانه صفحه منعکس کننده (m)

L طول صفحه منعکس کننده (m)

در محاسبه گردآور طراحی شده در این پروژه، به علت در نظر گرفتن افتهای مختلف در محاسبات و استفاده از روابطی که اکثراً تجربی و حاصل از عمل بودند و همچنین بکارگیری جداول و دیاگرامهای موجود برای ایران و تهران، نتیجه محاسبات رضایتبخش بوده و خطای محاسبات بسیار کم است.

از سوی دیگر در اکثر کتب، راندمان یک گردآور پارابولیک ۸۰٪ ذکر شده است و در صورتیکه سطح منعکس کننده آن کثیف شود یا زنگ بزند این راندمان تا ۵۰٪ نیز کاهش می یابد.

که در هر حال تنظیم صحیح گردآور با در نظرگرفتن زاویه تابش خورشید در هر ماه عایق بندی کامل کلیه لوله ها و اتصالات تا حد امکان و نیز پاک نگاهداشتن سطح منعکس کننده گردآور از عوامل مهمی است که در بالابودن راندمان گردآور تأثیر بسزایی دارد.

محاسبات دستگاه آب شیرین کن خورشیدی به ظرفیت 50 Lit/day

در این بخش طریق محاسبه یک دستگاه آب شیرین کن خورشیدی به ظرفیت 50 Lit/day با فرض اطلاع از فرمولهای اولیه با اجمال توضیح داده می شود.

$q_f = q_{ro} + q_{co}$

$q_{ro} = \varepsilon_g(\sigma.T_{gi}^4 - q_{ra})$

$\varepsilon_g = 0.95$

$\sigma = 0.171 \times 10^{-8}$ Btu/hr.ft^2.^{o}K^4 $= 5.669 \times 10^{-8}$ W/m^2.^{o}K^4

$q_{ra} = 12.1 \times 10^{-3}$ Cal/sec.Cm^2 $= 12.1 \times 10^{-3} \times 4.186 \times 10^4$ W/m^2

$q_{ro} = 0.95[5.669 \times 10^{-8} (T_{gi}^4) - 12.1 \times 10^{-3} \times 4.186 \times 10^4$

$q_{ro} = 5.39 \times 10^{-8} T_{gi}^4 - 481.2$ W/m^2

برطبق رابطه حرارت منتقل شده توسط وزش:

$q_{co} = h_c (T_{go} - T_a)$

$h_c = 1.36 \times 10^{-4} + 9.1 \times 10^{-7} \times V$

$T_a = 40^{oc}$

$V = 5$ Mill/hr $= 5 \times \frac{1852 \times 100}{3600} = 257$ cm/sec

$h_c = 1.36 \times 10^{-4} + 9.1 \times 10^{-7} \times 257 = 3.698 \times 10^{-4}$ Btu/hr.ft^2.^{o}f

$h_c = 3.698 \times 10^{-4} \times \frac{1000 \times 4.186}{3600} = 2.1 \times 10^{-3}$ W/m^2.hr.^{o}C

$q_{co} = h_c (T_{go} - T_a)$

$q_{co} = 2.1 \times 10^{-3} (T_{go} - 40)$

$q_f = q_{ro} + q_{co}$

$q_f = 5.39 \times 10^{-8} T_{gi}^4 - 481.2 + 2.1 \times 10^{-3} T_{go} - 84 \times 10^{-3}$

$q_f = 5.39 \times 10^{-8} T_{gi}^4 + 2.1 \times 10^{-3} T_{go} - 481.284$

$T_{gi} - T_{go} = 4^o$c

$q_f = 5.39 \times 10^{-8} T_{gi}^4 + 2.1 \times 10^{-3} (T_{gi} - 4) - 481.284$

با بدترین شرایط، بالاترین رنج سرعت باد را در نظر می گیریم:

$V = 257$ cm/sec $\qquad V^* = 400$ cm/sec

$q_{re} = 30/100\ qf$

$5.39 \times 10^{-8} T_{gi}^4 - 481.284 = 0.3\ [5.39 \times 10^{-8} T_{gi}^4 + 2.1 \times 10^{-3}\ (T_{gi}-4) - 481.284]$

$T_{gi} = 318^oK = 45^oc$

$T^{go} = 41^oc$

$q_f = 5.39 \times 10^{-8}(45 + 273)^4 + 2.1 \times 10^{-3}(41 + 273) - 4 - 481.284$

$q_f = 63.7\ W/m^2 \qquad q'_f = 3.7\ q_f$

۳/۷ ضریب اطمینان است که به ضرر دستگاه است اما برای طرح دستگاه مفید است.

$q'_f = 3.7 \times 63.7 = 235\ W/m^2$

مقدار تولید آب شیرین از دستگاه آب شیرین کن خورشیدی از فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$Q_s = \frac{\eta q'_f}{L}$$

L گرمای نهان تبخیر آب است.

$L = 2.43 \times 10^6\ j/Kg = \frac{2.43 \times 10^6}{3600 \times 24} = 28.1\ W.day/Kg$

$Q_s = \frac{50/100 \times 235}{28.1} = 4.17\ Kg/day.m^2$

$Q_s = \frac{4.17[Kg/day.m^2]}{\rho = 1[Kg/lit]} = 4.17 lit/day.m^2$

سطح موردنیاز جهت تولید ۵۰ لیتر آب شیرین در روز:

4.17 lit/day	$1m^2$
50	$X = ?$

$X = \frac{50 \times 1}{4.17} = 12m^2$

چک کردن محاسبات:

حال بایست محاسبات خود را چک کنیم تا مطمئن شویم که درست است:

$Q_s = 4.2$ lit/day.m^2

$q_{ro} = 30/100\ q_f = 0.3 \times 235 = 70.5$ W/m^2

$$q_{ro} = 70.5 \times \frac{3600 \times 24}{4.186 \times 1000} = 1455 \text{ Btu/ft}^2\text{.day}$$

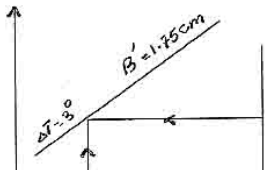
$q_{ro} = 1455$ Btu/ft^2.day

$q_s = 4.2$ lit/day.m^2

بر طبق شکل:

$\Delta T = 3^o$c

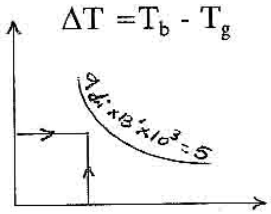
B' = 1.75 cm



$T_b = 47^o$c

$$\Delta T = T_b - T_g = T_b - \frac{T_{gi} - T_{go}}{2} = 47 - \frac{45+41}{2} = 4c$$

$\Delta T = 4^o$c بر طبق شکل $q_{di} \times B' \times 10^3 = 5$



$$q_{di} = \frac{5}{1.75 \times 10^{-3}} \text{ Cal/cm}^2\text{.sec} =$$

$$\frac{5}{1.75 \times 10^{-3}} \times 4.186 \times 10^4 \text{ W/m}^2$$

$q_{di} = 119$ W/m$^2 = 2.86 \times 10^{-3}$ Cal/cm^2.sec ~ 3×10^{-3} cal/cm^2.sec

$T_b = 47^o$c

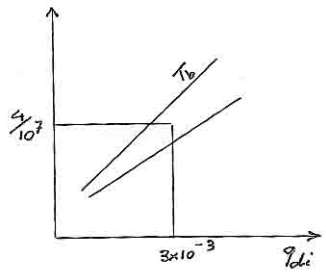
بر طبق شکل داریم:

$$N = \frac{4}{10^7}\ gr.mol/cm^2.\text{sec}$$

$q_{di} = N \cdot M \cdot H \Rightarrow H = (595.9 - 0.55\ T_b + 1/43^o\text{C}$

$$q_{di} = \frac{4}{10^7} \times 18 \times (595.9 - 0.55 \times 320)$$

$\Rightarrow 2.86 \times 10^{-3} = 2.86 \times 10^{-3}$



لذا محاسبات ما درست بوده است.

در نتیجه ٤ واحد دستگاه آب شیرین کن خورشیدی که هریک از واحدها دارای یک قاب فلزی با گنجایش سه جام شیشه ای می باشد به ابعاد زیر در نظر گرفته می‌شود:

$A = 3(60\ cm \times 170\ cm) \approx 3m^2$

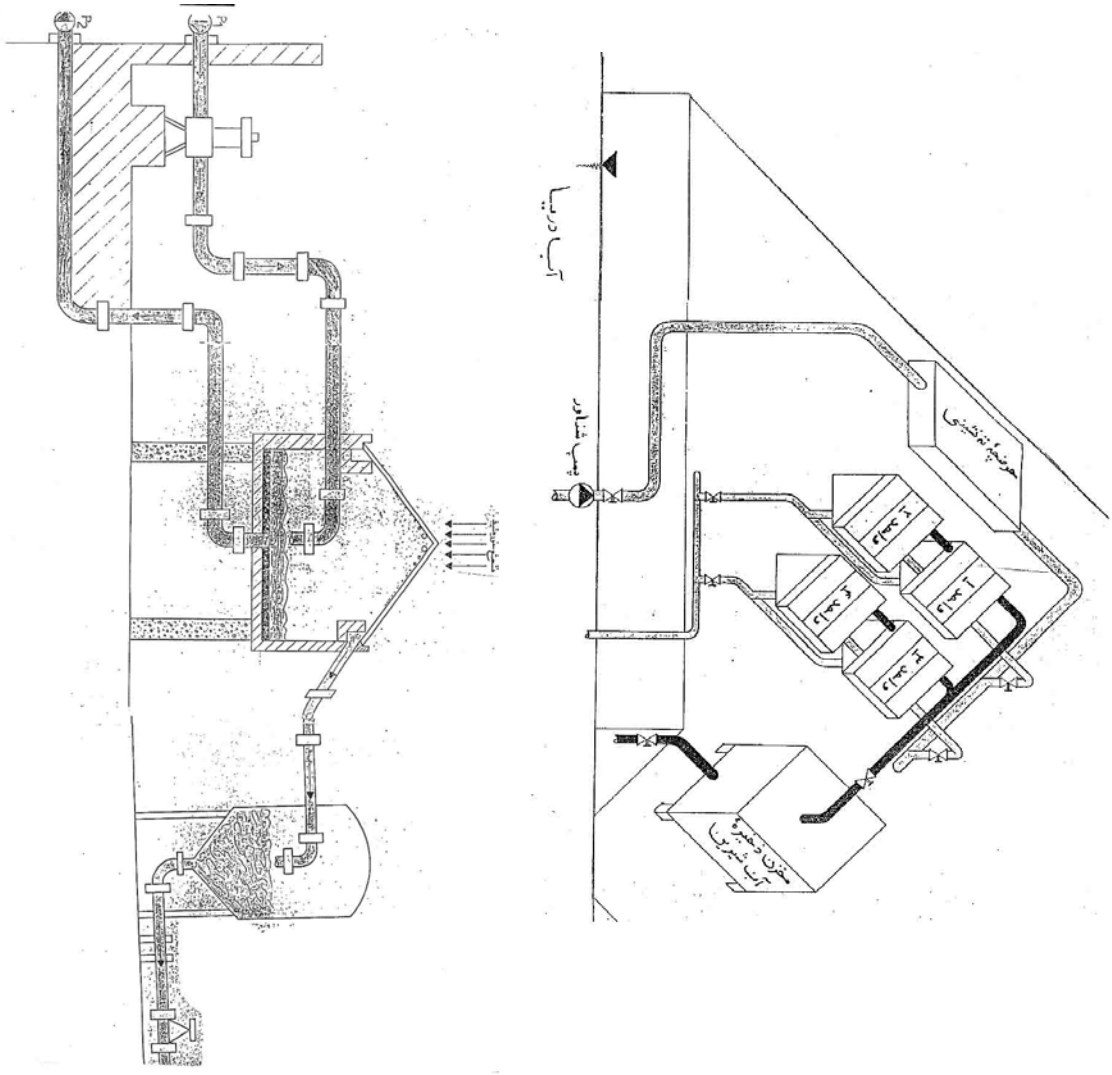
$3 \times 4 = 12m^2$ مقدار کل شیشه لازم

ابعاد تشکها و زوایا

از نظر تجربی و برای نیل به راندمان ماکزیمم زاویه قاب با سطح افق با درنظر گرفتن ساعات مختلف روز و جهات جغرافیایی و آزمایشات مکرر جهت انرژی خورشیدی برای ایران $\alpha=28^o$ می باشد لذا:

$A = 4 \cos 28^o \sim 3.53\ m^2$

$A = 1.80\ cm \times 1.96m$



سیستمهای خشک کن خورشیدی

تاریخچه

خشک کردن مواد غذائی برای نگهداری آنها، از زمانهای بسیار قدیم مرسوم بوده و انسانهای نخستین خشک کردن را یک هنر دانسته و برای خشک کردن و نگهداری انواع میوه ها مثل خرما و انجیر و انواع گوشت و ماهی اهمیت خاصی قائل بودند. ماهی خشک شده در جریان هوا- گوشت خشک شده در آفتاب- میوه ها و سبزیجات خشک شده، سالهاست که مورد استفاده قرار می گیرند.

نمک سودکردن- دوددادن- سولفوره کردن و سایر عملیات مشابه نیز برای خشک کردن و نگهداری مواد غذائی مورد استفاده بوده و هنوز هم در بسیاری از مناطق کاربرد دارند.

استفاده از تکنولوژی در فرآیند خشک کردن محصولات سابقه دویست ساله دارد. در سال ۱۷۸۰ در انگلستان برای خشک کرن سبزی از روشی به غیر از خورشید استفاده می کردند. دو محقق فرانسوی سبزی را در ٤١ درجه سانتیگراد خشک کردند و بعد خشک کنهای نقاله ای خشک کنهای خلائی و خشک کردن بروش انجماد، طراحی و بکارگرفته شدند.

وقوع جنگ جهانی اول و افزایش نیاز ارتشها در جنگ دوم جهانی، حجم تولیدات مواد غذایی خشک بخصوص میوه و سبزی را افزایش داد. سهولت حمل و نقل- جاگیری کم در انبارها و حمل کالا- فاسد نشدن مواد غذایی در حالت خشک، از امتیازاتی بودند که ارتشها را تشویق برای یک برنامه ریزی وسیعی کرد و در زمان جنگ از قطب شمال تا جنوب از مواد غذایی خشک برای تغذیه سربازان استفاده گردید

در دهه ۱۹۷۰ تقاضا و گرایش برای مصرف میوه و سبزی خشک شده بیش از هر زمان دیگر بوده و هم اکنون نیز در حال افزایش می باشد. آمار نشان می دهد که در سال ۱۹٤۳ تعداد ١٤٠ کارخانه سبزی خشک کنی در آمریکا وجود داشت که در حدود ٦/٨ میلیون کیلو محصول خشک به ارزش ٥٠ میلیون دلار تولید و این رقم در

سال ۱۹٦۰به ۳۷۵ کارخانه افزایش یافته است. کشور آلمان در سال ۱۹٤٤ حدود ۳۰ میلیون کیلو سیب زمینی خشک تولید نموده است. طبق آمار در سال ۱۸۹۸ فقط ۳ دستگاه خشک کنی در آلمان وجود داشت و این رقم در سال ۱۹۲۰ به حدود ۱۹۰۰ دستگاه افزایش یافته است.

پیشرفتهای حاصل در زمینه تحقیقات مواد غذائی و نگهداری آنها، منجر به ابداع و طراحی سیستمهای جدیدی برای خشک کردن شده و با بکاربردن آنها، خصوصیات محصولات غذائی از جمله طعم طبیعی، رنگ و ارزش غذائی آنها تغییر نکرده و حتی اعتقاد بر اینست که تولید مواد غذایی خشک قادر است بدون تغییر کیفیت آنها قیمتها را نیز کاهش دهد.

در ایران تکنولوژی خشک کردن مواد، زیاد مورد توجه قرار نگرفته و فقط چند کارخانه در زمینه تهیه و بسته بندی خشکبار و تهیه غذاهای آماده و سبزیجات خشک احداث شده ولی استفاده از روشهای سنتی برای خشک کردن سبزیحات، میوه، چای، توتون، علوفه و ماهی و گوشت از دیرباز متداول بوده و هنوز هم در بسیاری از نقاط کشور مورد استفاده می باشد.

اصول خشک کردن و خشک کنهای خورشیدی

خشک کردن عبارتست از گرفتن قسمتی از آب موجود در مواد غذائی و سایر محصولات. آب موجود در مواد غذائی در حالت طبیعی بصورت مولکولهای آزاد قادر است در فعل و انفعالات شیمیائی و میکروبی شرکت نموده و موجبات انتشار سریع فساد در مواد غذائی گردد.

هدف از خشک کردن، خارج نمودن آب از یک ماده و در نتیجه افزایش عمر انباری محصول از طریق جلوگیری از رشد باکتریها می باشد.

در فرآیند خشک کردن معمولاً عملیات گرم کردن برای تبخیر آب موجود، و جریان دادن هوا جهت خارج کردن بخار آب ایجاد شده، انجام می گیرد. با بکاربردن یک منبع

حرارتی مثل خورشید و یا یک کوره و امثال آن، عمل تبخیر و یا تصعید ایجاد شده و مرحله اول خشک کردن حاصل می شود. روشهای مکانیکی نیز برای خارج کردن آب موجود در مواد غذائی و سایر محصولات بکاربرده می شود مثل گرفتن آب با عمل سانتریفوژ- پرس کردن- صاف کردن، که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و انرژی حرارتی کمتری را دربر دارد. روشهای خشک کردن مواد غذائی بصورتهای زیر تقسیم بندی شده است:

۱- خشک کردن با جریان هوای گرم:

در این حالت مواد غذایی در تماس مستقیم با جریان هوای گرم قرار گرفته و انرژی حرارتی لازم برای تبخیر آب موجود در مواد، در اثر جابجایی هوا انتقال داده شده و بخار ایجاد شده از سیستم خارج می شود.

۲- خشک کردن با استفاده از سطح گرم:

در این روش انرژی حرارتی لازم برای تبخیر آب موجود در مواد، از طریق هدایت از سطح گرم به مواد غذائی منتقل شده و بخار ایجاد شده بوسیله ایجاد خلاء در محفظه خشک کن و یا جریان گازهای پاک کننده، خارج می شود.

۳- خشک کردن با استفاده از یک منبع تابشی مثل اجاق مایکروویو

٤- خشک کردن با روش انجماد:

در این روش ابتدا آب موجود در مواد غذائی با بکاربردن یک سیستم سردکننده، منجمد گردیده و بعد با بکاربردن حرارت در فشار پائین، عمل تصعید صورت گرفته و یخها تبخیر می شود.

خشک کنهای خورشیدی بیشتر شامل روش اول می باشند، باین ترتیب که مواد خشک شدنی بطور مستقیم و یا غیرمستقیم از انرژی حرارتی خورشیدی استفاده کرده و هوا نیز بطور طبیعی و یا اجباری جریان یافته و باعث خشک شدن محصول می گردد.

در خشک کنهای سیستم باز، مواد مستقیماً تشعشع خورشید را دریافت کرده و بخار آب حاصله بوسیله جریان هوا از مواد خشک کردنی دور می شود. جریان هوا بوسیله جابجائی طبیعی، ناشی از گرم شدن مواد خشک شدنی و یا مستقیماً توسط بادهای محلی بوجود می آید.

در سیستمهایی با جریان اجباری هوا، که معمولاً از انواع سوخت جهت خشک کردن مواد استفاده می شود، مواد خشک کردنی در داخل یک محفظه بسته بنام گرمخانه قرار گرفته و هوای گرم را از روی محصول عبور می دهند. در سیستمهای خورشیدی نیز که طراحی می شوند اخیراً از روش مشابه استفاده می گردد باین ترتیب که هوای گرم شده بوسیله تابش خورشیدی را از اطاق بسته ای که مواد خشک کردنی در آن قرار گرفته با روش جریان طبیعی یا اجباری عبور می دهند. با این عمل رطوبت مواد موجود و خشک کردنی گرفته شده و به خارج هدایت می شود.

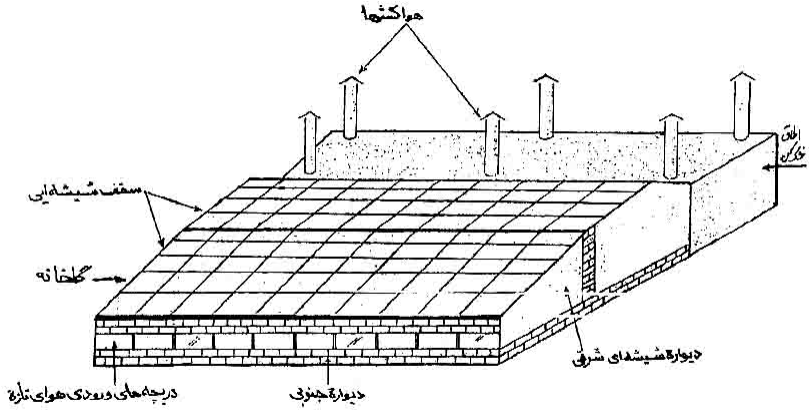
امروزه در اکثر کشورها برای خشک کردن مواد غذائی از گلخانه های خورشیدی استفاده می کنند باین ترتیب که هوای محیط هنگام عبور از گلخانه خورشیدی گرم شده و سپس به فضای خشک کن هدایت می شود. این خشک کنها از دو قسمت تشکیل شده اند.

۱- گلخانه خورشیدی

۲- اطاق خشک کن. شکل زیر یک خشک کن خورشیدی را نشان می دهد.

همانطوریکه در شکل نشان داده شده است گلخانه دارای سقفی شیبدار بوده و از دو قسمت با دو شیب مختلف تشکیل شده است. زوایای شیب این سقفها بترتیب برای فصول بهار و پائیز طوری طراحی می شود که بهترین جذب تابش خورشیدی را داشته باشد. دیوارهای شرقی و غربی و سقف گلخانه از شیشه ساخته می شوند و برای جلوگیری از تلفات حرارتی بهتر است از شیشه دولایه با فاصله ۲/۵ میلیمتر ساخته شوند. دیوار جنوبی معمولاً یک قسمت آجری در پائین و یک ردیف دریچه های سرتاسری چهت ورود هوای تازه محیط بداخل گلخانه می باشد. دیوار شمالی

گلخانه که دیوار مشترک گلخانه و اطاق خشک کن می باشد در قسمت فوقانی دارای دریچه هائی جهت هدایت هوای گرم به گلخانه و اطاق خشک کن تعبیه شده است. گلخانه نیز مثل اطاق خشک کن دارای دو درب آهنی عایق شده در سمت شرق و غرب می باشد و در صورتیکه محصول در مقابل خورشید خشک کردنی باشد واگن حامل طشتکهای محصول در این قسمت قرار می گیرند و در غیر اینصورت مواد خشک شدنی به داخل اطاق خشک کن هدایت می شوند. کف گلخانه را عایق بندی کرده و روی آن را با ماسه سیاه به ضخامت حدود ۱۰ سانتیمتر استفاده می کنند. اطاق خشک کن نیز بمنظور جلوگیری از تلفات حرارتی دارای دیوارها و کف و سقف عایق شده می باشد. در این اطاق هوای گرم ورودی از گلخانه، پس از تماس با محصول تر و مرطوب و جذب رطوبت آنها، از طریق هواکشهائیکه در سقف آن تعبیه شده است به خارج هدایت می شود.



خشک کن خورشیدی

تحقیقات انجام شده نشان داده اند که بعضی از مواد غذائی و محصولات خشک شدنی در صورتیکه مستقیماً در مقابل تابش خورشیدی خشک شوند دارای کیفیت بهتری خواهند بود. در حالیکه برخی دیگر خشک شدن در سایه را ترجیح می دهند. در خشک کن معرفی شده امکان استفاده از هر دو روش خشک کردن بطور هم زمان

وجود دارد. به منظور استفاده از خشک کن در روزهای ابری و یا شبها، از سوخت فسیلی برای گرم کردن هوای خشک کردن استفاده می شود.

ناگفته نماند که قبل از خشک کردن محصولات غذایی، مراحل مختلف آماده سازی انجام می گیرد و مجموعه مراحل عبارتند از:

۱- انتخاب مواد غذائی
۲- تمیز کردن محصول
۳- درجه بندی برحسب خصوصیات فیزیکی
٤- درجه بندی برحسب کیفیت و مرغوبیت
٥- خارج کردن مواد زائد از محصول
٦- پوست گیری (اگر لازم باشد)
۷- خرد کردن (اگر مورد احتیاج باشد)
۸- بی اثر کردن آنزیمی
۹- سولفوره کردن
۱۰- خشک کردن
۱۱- بسته بندی
۱۲- نگهداری (با استفاده از یکی از عملیات حرارتی- انجماد خشک کردن- غلیظ کردن با شکر یا نمک و سرکه و ...)

خشک کن خورشیدی برای غلات

عملیات خشک کردن با استفاده از تکنولوژی پیشرفته در اکثر کشورها متداول گردیده و امکان خشک کردن مقادیر قابل توجهی از محصولات در زمان کوتاه حاصل شده است.

این سیستمها بیشتر با مصرف سوختهای فسیلی بوده و عملیات در درجات حرارت بالا و سرعت زیاد انجام می گردند.

سیستمهای خشک کن آرام و ارزان نیز وجود دارند که در آنها محصول امکان پیدا می کند که بتدریج حرارت محیط را گرفته و رطوبت خود را از دست داده و خشک شود.

سیستم خشک کردن در انبار نیز یک روش ارزان و معمول در اکثر کشورها است. در این روش اصل بر آنست که رطوبت هوای انبار در حدی باشد که عمل تبخیر رطوبت غلات را امکان پذیر سازد.

با وجود آنکه اغلب از سوختهای نفتی برای بالا بردن درجه حرارت سیال استفاده می‌شود ولی یک سیستم ساده خورشیدی قادر است که عمل خشک کردن را براحتی انجام دهد. در اکثر خشک کنهای خورشیدی از چند گردآور خورشیدی آب یا هوا که در کنار دستگاه خشک کن نصب شده است استفاده می شود و یا اینکه ممکن است دستگاه خشک کن هم بعنوان گردآور و هم خشک کن مورد استفاده قرار گیرد. اگر سیستمهای خشک کن خورشیدی فقط برای خشک کردن یک نوع محصول طراحی و ساخته شود با صرفه نخواهد بود ولی اگر سیستم طوری طراحی شود که برای خشک کردن محصولات نمونه مشخصات یک سیستم برنج خشک خورشیدی که در انستیتو تکنولوژی آسیا در کشور تایلند طراحی و ساخته شده است تشریح می گردد تا پژوهشگران با استفاده از این الگو، و برحسب نوع محصول و شرایط جغرافیایی کشور ایران، بتوانند در طرح و ساخت خشک کنهای خورشیدی مختلف، موفق باشند.

طرح خشک کن خورشیدی برنج

هدف طراحی سیستمی بوده است که قادر باشد با استفاده از انرژی خورشیدی، هوا را گرم کرده و بعد با استفاده از روش جابجائی طبیعی، آنرا از روی سطح گسترده شده برنج عبور دهد. این سیستم تشکیل شده است از یک گرمکن هوای خورشیدی، و سطوحی برای گسترش و توزیع برنج (طشتکها) و یک هواکش که با ایجاد عمل مکش، جابجائی طبیعی هوا را ممکن می سازد، و یک پوشش پلاستیک شفاف که در ضمن

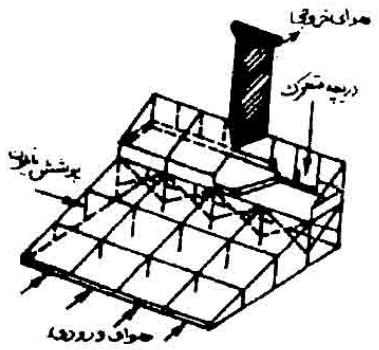
عبور و حفظ انرژی خورشیدی، محصول برنج را از زیانهای باد و باران حفظ می‌کند. برنج در شرایط معمولی بین ۸ تا ۳۰ درصد رطوبت داشته و در هنگام برداشت آن در حدود ۲٤درصد بوده، در حالیکه رطوبت انبارکردن آن در حدود ۱٤درصد تعیین شده است. روندهائی که در هنگام خشک کردن برنج تحقق می یابد عبارتند از: حرکت آب داخلی برنج به سطح خارجی آن و سپس تبخیر سطحی که بستگی به فشار بخار رطوبت برنج و فشار بخار هوای محیط دارد. در صورتیکه این دو فشار برابر باشند میزان رطوبت متعادل بوده ولی اگر این دو فشار نابرابر باشند. برنج رطوبت از دست داده و یا رطوبت می گیرد.

از خلاصه تحقیقات و اندازه گیریهای مختلفی که انجام گرفته، این نتیجه بدست آمده است: هنگامی که درجه حرارت برابر ۳۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۰ تا ۸۰ درصد باشد (شرایط محلی کاشت برنج در آسی) میزان تعادل رطوبت حدود ۱٤ درصد می باشد و این همان رطوبت مناسب برای نگهداری و انبارکردن برنج است.

درجه حرارت هوای گرم و خشک تهیه شده از ٤٥ درجه سانتیگراد نباید افزایش یابد زیرا در غیراینصورت ترکهائی در برنج ایجاد می‌گردد. پوشش خشک کن از پلاستیک شفاف نوع P.V.C بضخامت ۰/۱۵ میلیمتر تعیین شده که بکمک تیرکهائی فضای گسترش برنج و هوای مجاور آنرا می پوشاند. هواکش نیز از تیرکهای چوبی که اطراف آن برای جذب گرما با نایلون سیاه رنگ پوشانده شده تشکیل شده و در انتهای آن کلاهکی برای جلوگیری از ورود باران نصب شده است (شکل زیر) تعداد سینی ها- طریقه قرار گرفتن آنها- عمق بستر برنج، از عوامل موثر در خشک کنها است که باید در محاسبات اولیه مشخص گردند.

چون پس از مدتی از خشک کردن برنج سطح خارجی بستر برنج خشک شده ولی لایه های زیرین مرطوب باقی می مانند، بهتر است برای خشک کردن کامل، هرچند وقت یکبار برنج ها زیر و رو شوند.

شکل زیر مقطع خشک کن که در روی آن، ارتفاع، وزن مخصوص و فشارهای داخل خشک کن در نقاط مختلف آن نشانداده شده اند، همچنین شکل بعدی برنج خشک کن خورشیدی ساخت (A.I.T) را نشان می دهد.

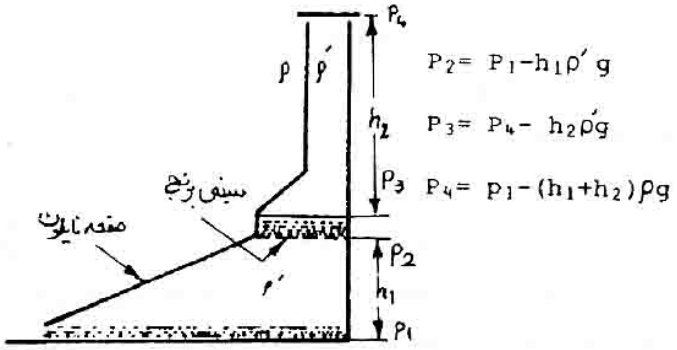


برنج خشک کن خورشیدی

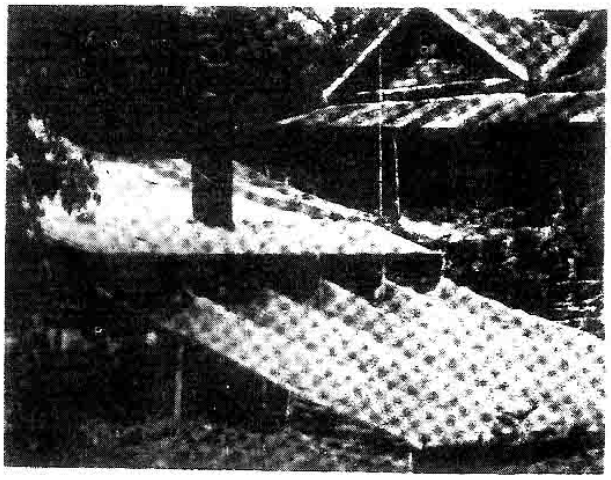
در بعضی از مناطق برای خشک کردن برخی از محصولات کشاورزی نظیر انگور- انجیر، خرما از به نخ کشیدن و آویزان کردن آنها در خانه ها و انبارها استفاده می‌شود و یا با استفاده از نایلون و یا تخته هایی که در پشت بام یا در مزرعه و باغات قرار داده می شود، میوه جات موردنظر مثل آلو- زردآلو- آلبالو- قیصی و نظیر آنها را روی تخته ها پخش کرده و در مقابل خورشید قرار می دهند، سپس بطور مرتب محصولات زیرو رو می شوند تا به میزان کافی خشک شوند. سایر محصولات نظیر: سبزیجات- غلات، حبوبات، پوست- گوشت- ماهی، پسته و تنباکو را نیز می توان با این روش خشک کرد. محصولاتی که باین طریق بدست می آیند دارای کیفیت خوبی بوده ولیکن این روش خشک کردن به نیروی کار بیشتری احتیاج داشته و زمان لازم برای خشک کردن نیز مبراتب طولانی تر است، در ضمن این روش دارای برخی مشکلات نیز می باشد که اهم آنها عبارتند از:

۱- بارندگی ها یا تغییرات جوی نظیر ابری بودن باعث کندی جریان خشک شدن محصولات گردیده و یا آنها را فاسد می کند.

۲- بعلت گرد و غبار و آلودگیهای هوا، محصولات آلوده شده و غیربهداشتی می‌شوند.



مقطع برنج خشک کن خورشیدی



برنج خشک کن خورشیدی ساخت انستیتو تکنولوژی آسیا(A.I.T)

۳- حشرات آلوده موجب آلودگی محصولات، بخصوص میوه جات می گردند.

٤- قسمتی از محصول قبل و بعد از خشک کردن از بین می رود.

٥- افراد- حیوانات و پرندگان نیز باعث از بین رفتن قسمتی از محصولات در حال خشک شدن می گردند.

برای جلوگیری از آلودگیها و سرعت بخشیدن به عمل خشک کردن، در اکثر کشورها خشک کردن با روشهای صنعتی جایگزین روشهای سنتی گردیده و از این طریق توانسته اند محصولاتی با کیفیت بالاتر را بدون ضایعات و در زمان کوتاه بدست آورند.

برای ارزیابی خشک کنهای خورشیدی می توان آنها را بدو دسته کوچک وبزرگ تقسیم کرد. خشک کنهای نوع کوچک برای کشاورزانی که دارای زمین محدود و محصولات کشاورزی کم هستند مناسب بوده و برای خشک کردن مازاد محصولات خودشان از آنها استفاده می کنند.

بعضی از این خشک کنهای خورشیدی قابل حمل و نقل بوده و برای انتقال آنها از محلی به محل دیگر از وسایلی نظیر کامیون یا تراکتور استفاده می شود. بادبزنهای این دستگاهها با انرژی الکتریکی و یا از سلولهای خورشیدی بعنوان مولد برق استفاده کرده و بکار می افتند. خشک کنهای بزرگ معمولاً محصولات صادراتی را برای کشورهای مختلف و یا مصارف داخلی تهیه می کنند و معمولاً احتیاج به مصرف انرژی الکتریکی و سوختهای فسیلی نیز دارند

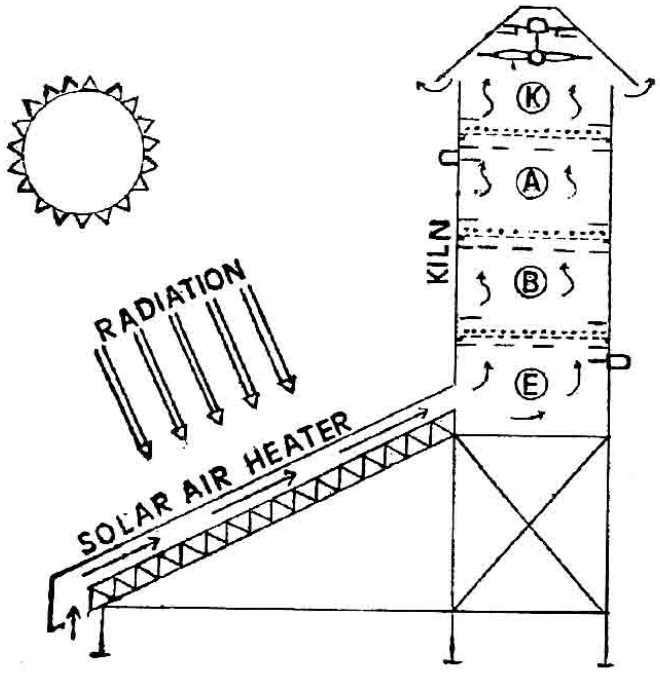
خشک کنهای خورشیدی که در اندازه ها و طرحهای مختلف و برای محصولات و مصارف گوناگون طراحی و ساخته می شوند بطور کلی یا بصورت جریان طبیعی هوا عمل می کنند که معمولاً از نوع خشک کن روستایی بوده و یا بصورت خشک کنهای گلخانه ای هستند و با جریان اجباری هوا کار می کنند یعنی دارای بادبزن یا وانتیلاتور هستند که آنها نیز بانواع صنعتی و نیمه صنعتی تقسیم می شوند.

برای آشنایی با انواع مختلف خشک کنهای خورشیدی ساخته شده، چند طرح روستائی و نیمه صنعتی آن همراه شکل شماتیکی آنها تشریح می شوند:

شکل (زیر) طرح یک خشک کن خورشیدی روستایی را نشان می دهد. این خشک کن دارای گردآور گرم کن هوا بوده و هوای گرم شده بوسیله تابش خورشیدی را مستقیماً وارد محفظه خشک کن می نماید. اطاق خشک کن دارای چند طبقه بوده و در

هر طبقه طشتکهای حامل محصولات خشک شونده قرار می گیرند. ابعاد گردآور برحسب میزان و نوع محصولات خشک شونده و زمان خشک شدن قابل محاسبه بوده و یا نسبت به کوچکی و بزرگی خشک کن انتخاب می شود. طبق اندازه گیریهایی که در چند مدل روستائی مشابه در استرالیا انجام گردیده نشان می دهد که بین ساعات ۱۲ و ۲ بعدازظهر که میزان تابش خروشید ماکزیمم می باشد، درجات حرارت هوای جریانی در محفظه های E و B و A و K متغیر بوده و بترتیب در حدود ٦٥- ٥٥- ٤٥ و ۳۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری شده است. جریان هوا بطور طبیعی انجام می گیرد.

شکل زیر طرح یک خشک کن خورشیدی نیمه صنعتی را که دارای مخزن ذخیره گرما از نوع سنگ ریزه و کنترل کننده دما می باشد، نشان می دهد. در این سیستم نیز گردآور از نوع گرم کن هوا بوده ولی سیستم با جریان اجباری است و وانتیلاتور در نقطه C روی کانال تغذیه هوای گرم نصب شده است.

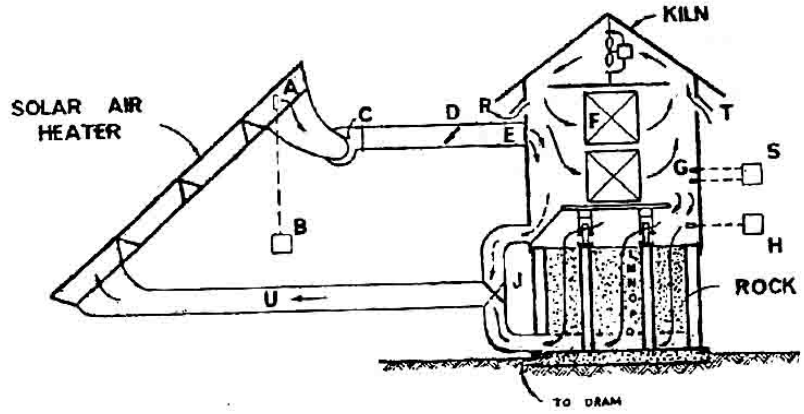


خشک کن خورشیدی مدل روستائی

کوره خشک کن هوای گرم را از نقطه E و هوای تازه را از نقطه T دریافت کرده و از روی محصولات F و یا برحسب تقاضا از روی محصولات و مخزن ذخیره گرما عبور داده و از طریق کانال U بطرف گردآور خورشیدی بر می گرداند. مقداری از هوای مرطوب کوره نیز پس از خشک کردن محصول، از راه دریچه R بخارج هدایت می شود. هنگام شب محصولات گرمای موردنیاز خود را از طریق مخزن ذخیره دریافت می کنند. در این سیستم میزان باز و بسته شدن دمپرها بطور اتوماتیک و با کنترلهای دما و رطوبت هوای کوره انجام می گیرد.

شکل زیر نمونه دیگری از یک سیستم خشک کن خورشیدی محصولات کشاورزی را نشان می دهد که در آن سیستم بازیابی انرژی حرارتی نیز پیش بینی شده است. این سیستم دارای گردآور خورشیدی از نوع گرم کن آب بوده که در سقف کوره خشک کن نصب و بوسیله یک کویل حرارتی آبی، هوای ورودی به کوره را گرم می کند.

شکل بعد نیز یک سیستم خشک کن با مخزن ذخیره و سیستم کمکی مولد گرما را نشان می دهد.



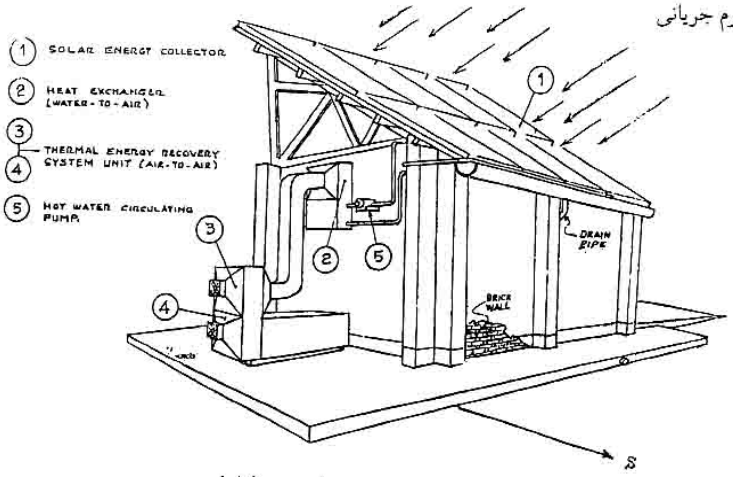
خشک کن خورشیدی نیمه صنعتی

۱- کلکتورهای خورشیدی

۲- مبدل حرارتی (آب به هوا)

۴و۳- سیستم بازیافت انرژی حرارتی (هوا به هوا)

۵- پمپ آبگرم جریانی



خشک کن خورشیدی با روش مکانیکی

۱- فن

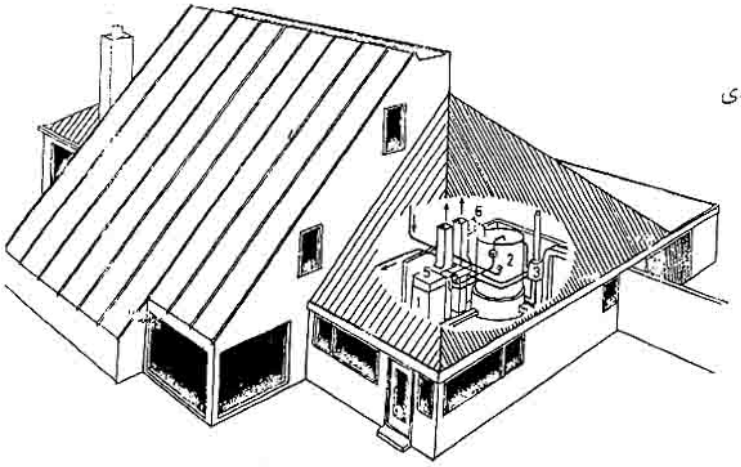
۲- مخزن ذخیره

۳- دیگ کمکی

۴- کلکتور خورشیدی

۵- گرم‌کن هوا

۶-جریان آبگرم بالا



نمونه یک سیستم خشک کن خورشیدی محصولات کشاورزی که دارای سیستم ذخیره گرما و یک سیستم کمکی مولد گرما می‌باشد

سیستمهای سردکننده خورشیدی

الف) چیلر جذبی پیوسته

در سیستهای سرکننده متداول از مبرد مایع استفاده می کنند باین ترتیب که مبرد را در محفظه ای با فشار کم می پاشند و در اثر تبخیر مبرد، حرارت از محیط گرفته شده و سرما تولید می شود. مشکل تولید مجدد مایع مبرد در این سیستمها درجه حرارت پائین است، در سیستمهای تبرید تراکمی، این عمل با تراکم بخار مبرد در کمپرسور، و تقطیر آن در کندانسور صورت می گیرد و مایع مبرد پس از عبور از شیر انبساط، و ورود به محیط کم فشار اواپراتور، تبخیر شده و جذب حرارت می‌نماید. انرژی اصلی ورودی به یک سیستم تبرید تراکمی انرژی الکتریکی است که تبدیل به انرژی مکانیکی شده و کمپرسور را بکار می اندازد. سیستمهای تبرید همچنین می توانند با انرژی حرارتی ورودی عمل کنند. چنین سیستمهایی که براساس جذب، عمل می کنند بنام سیستم تبرید جذبی مشهور هستند. از آنجائی که حرارت، بیشتر از انرژی الکتریکی و مکانیکی در دسترس می باشد بنظر می رسد که تبرید جذبی بیشتر از تبرید تراکمی دارای مزیت و برتری است ولی متأسفانه عملکرد و کارائی یک چیلر جذبی بطور اشکار کمتر از یک چیلر تراکمی می باشد.

یادآوری این نکته ضروریست، اگر از خورشید که منبع انرژی مناسبی برای استفاده در چیلرهای جذبی می باشد. برای حرکت دادن یک موتور حرارتی جهت تولید کار مکانیکی که یک چیلر تراکمی را بحرکت در می آورد، استفاده شود هردو سیستم دارای ضریب عملکرد یکسان خواهند بود.

در چیلرهای جذبی از دو ماه جاذب و مبرد استفاده می شود که معمولترین آنها آب و آمونیاک یا بروموریلیتیوم و آب می باشد که در نوع اول آب بعنوان جاذب و آمونیاک بعنوان مبرد بوده ولی در نوع دوم که بحث سردکننده های خورشیدی را بیشتر شامل خواهد شد، از لیتیوم بروماید بعنوان جاذب و از آب بجای مبرد استفاده می‌شود. از معایب این سیستم آنست که چون آب مبرد و سردکننده می باشد سیستم

نمی تواند در دمای پائین تر از ۳۲ درجه فارنهایت (صفر درجه سانتیگراد) عمل کند. در این سیستمها آب در محیط خلاء در درجه حرارت ٤٠ تا ٤٥ درجه فارنهایت در تبخیر گننده عمل می کند و در نتیجه از این سیستم برای تهیه آب سرد و یا هوای سرد در تهویه تابستانی ساختمانها استفاده می شود.

معمولاً هوای یک چیلر جذبی از چهار قسمت عمده زیر تشکیل شده است:

۱- ژنراتور که در آن محلول جاذب و مبرد قرار دارد و اگر از نوع برومور لیتیوم و آب باشد در اثر ورود انرژی حرارتی، آب بحالت بخار درآمده و از آنجا بطرف کندانسور فرستاده می شود.

۲- کندانسور محلی است که حرارت بخار آب ورودی از ژنراتور را به خارج دفع کرده و بخار آب را به مایع یعنی آب تبدیل می کند.

۳- اواپراتور در یک محیط خلاء قرار گرفته بترتیبی که آب ورودی به آن تبخیر شده و گرمای محیط را جذب می کند. ممکن است یک شیر انبساط یا مجرای تقلیل فشار بین کندانسور و اواپراتور نصب شود.

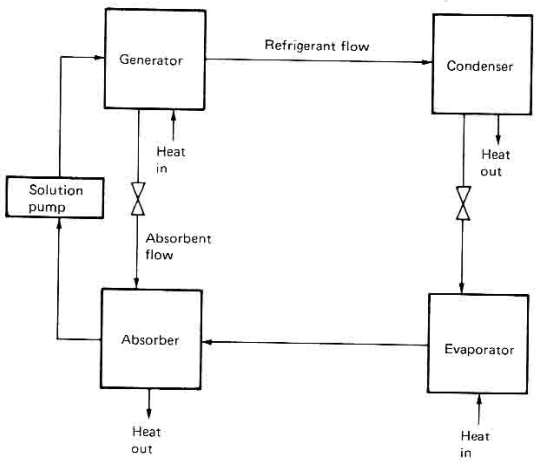
٤- جذب کننده محلی است که در آنجا بخار خروجی از اواپراتور، بوسیله محلول غلیظ فرستاده شده از ژنراتور جذب شده و محصول بدست آمده که در آن نسبت برومور لیتیوم کم و نسبت آب زیاد است (محلول رقیق)، بطرف ژنراتور فرستاده می شود تا کار سیکل قبلی تکرار شود.

شکل زیر دیاگرام جریان و شکل شماتیکی یک سیستم تبرید جذبی ساده و شکل بعدی یک سیستم تبرید تراکمی را که انرژی مورد نیاز خود را از یک ماشین حرارتی دریافت کرده اند، نشان مید هد. بعبارت دیگر در هردو سیستم تبرید، عامل حرکت انرژی حرارتی است که می توان از انرژی خورشیدی استفاده کرد.

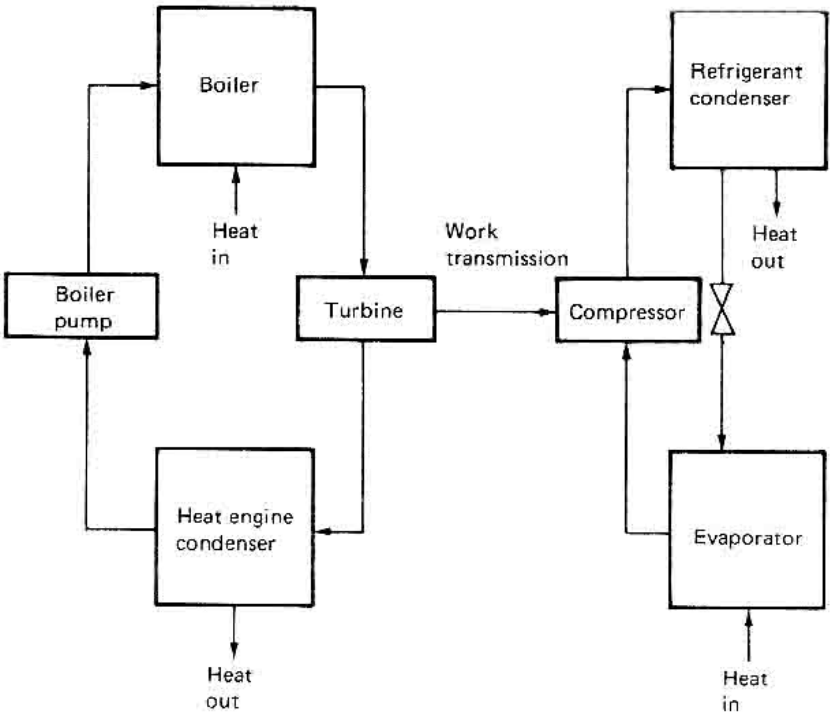
مزیت برتر سیستم چیلر جذبی در اینست که می تواند با یک منبع حرارتی با دمای جدید F ۲۰۰ (۹۲ درجه سانتیگراد) کار کند که در کاربردهای مخصوص انرژی خورشیدی دارای اهمیت خاصی است. زمانیکه چیلر جذبی با انرژی فسیلی مثل نفت

و گاز کار می کند و یا از انواع متمرکز کننده های خورشیدی استفاده می کند، درجه حرارتهای بالاتری قابل دسترسی می باشد. در چنین حالتهائی، چیلر معمولی تک مرحله ای زیاد مطلوب نیست زیرا که ضریب عملکرد آن پائین است. در این شرایط برای افزایش عملکرد برودتی سیستم، از چیلر چندمرحله ای استفاده می شود که شبیه اثر چند مرحله ای تبخیر است که در مهندسی شیمی بکار می رود. در این سیستمها ایده اصلی استفاده از درجه حرارت و فشار بالاتر در ژنراتور اصلی است و استفاده از کندانسور اولی به عنوان ژنراتور برای دومین مرحله در فشار پائین تر است. شکل آخر چنین سیستمی را نشان می دهد. با توجه به شکل مشاهه می شود که چیلر چند مرحله ای از ترکیب دو سیستم جذبی ساده تشکیل شده و دارای دو کندانسور و دو اواپراتور و دو جذب کننده می باشد و برج خنک کننده نیز در خارج ساختمان نصب و برای خنک کردن کندانسور دومی و دو جذب کننده اولیه و ثانویه، آب سرد تهیه می کند.

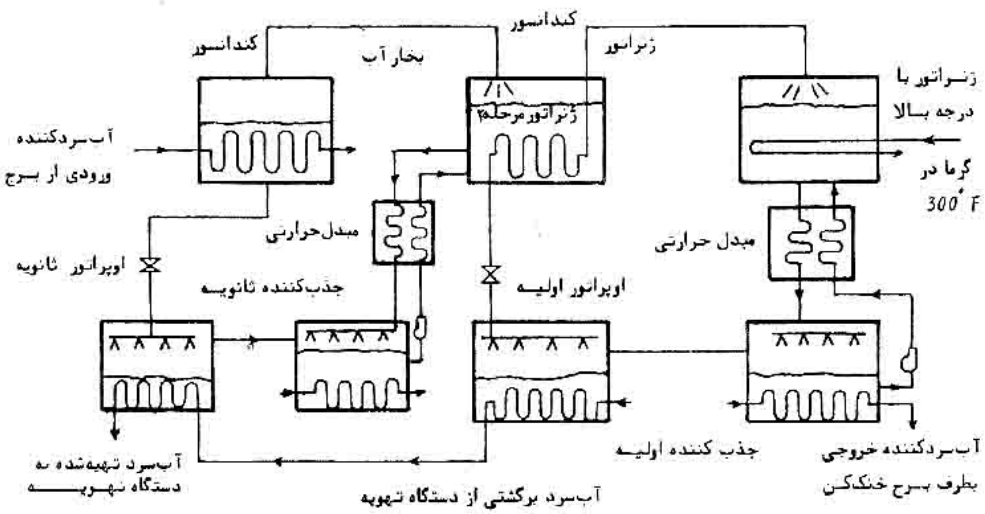
تزریق درجه حرارت بالاتر به ژنراتور، باعث می شود که ضریب عملکرد بیشتری حاصل شود، بعبارت دیگر مقدار ضریب عملکردی که در چیلرهای جذبی ساده بین ۰/۵ تا ۰/۷ می باشد، در سیستم های چند مرحله ای با منبع حرارتی در حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ درجه فارنهایت (۱۵۰ تا ۱۷۷ درجه سانتیگراد) در حدود ۱ خواهد شد.



شماتیک یک سیستم تبرید جذبی ساده



ترکیب ماشین حرارت و سیستم تبرید تراکمی



شماتیک دو مرحله‌ای چیلر جذبی

چیلرهای جذبی با وجود محاسن فوق، دارای معایبی نیز می باشند از جمله در اندازه‌های کوچک (کمتر از ۲۵ تن تبرید) براحتی قابل ساختن نیستند و در مقیاس کوچک بسیار گران تمام می شوند. با مقایسه با سیستمهای تبرید تراکمی، دستگاههای جذبی حجیم و سنگین بوده و سیکل آنها بخوبی عمل نمی کنند و بعد از هر خاموشی عموماً نیم ساعت وقت لازم دارند تا به عملکرد اصلی برسند.

در سیستمهای تهویه مطبوع خورشیدی بسیار مطلوب خواهد شد که سیستم جذبی قادر باشد آب خنک بیشتری تولید کند تا در طول شب و روز برای خنک کردن و تهویه ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. وقتیکه یک چیلر خورشیدی کار می کند آب داخل منبع ذخیره را خنک می کند مسئله اینست که منبع باید حجم زیادی از آب خنک شده را در خود ذخیره کند زیرا که آب سرد فقط با اختلاف کمی از درجه حرارت، مورد استفاده قرار می گیرد (حدود ۱۵ درجه فارنهایت برابر با ۱۰ درجه سانتیگراد) باین معنی که در اثر سرماسازی آب، فقط BTU در هر پوند سرما ذخیره می گردد. در صورتیکه می دانیم در اثر تبخیر هر پوند آب معادل ۱۰۰۰BTU حرارت جذب می‌شود. بنابراین اگر منابع ذخیره آب را بتوان به تبخیر کننده متصل کرده و یا با جذب کننده در هم آمیخت، که در اینصورت می توان با حجم کمتری از منبع ذخیره آبسرد، مقدار سرمای زیادی تولید کرد.

معرفی یک پروژه تحقیقاتی و کاربردی خورشیدی

نام پروژه: اولین ساختمان خورشیدی در ایران

محل ساختمان: ضلع شمالی محوطه دانشگاه علم و صنعت ایران

نارمک- تهران- ایران

مساحت: ۳۱۰ مترمربع با گرمخانه در پشت بام

تأسیسات: گرمایش و سرمایش فعال و غیرفعال خورشیدی

اولین ساختمان خورشیدی در ایران
(طرح و محاسبه- پژوهش و اجرای ساختمان)

مقدمه

اولین ساختمان خورشیدی در ایران، در دانشگاه علم و صنعت ایران، بمنظور مطالعه و پژوهش در خصوص بهینه سازی مصرف انرژی و امکان بررسی روشهای استفاده از انواع انرژیهای تجدیدپذیر به جای سوختهای فسیلی، بنا گردیده است. طرح و اجرای آن که الهام گرفته از معماری سنتی ایران می باشد در حقیقت تلفیقی از روشهای ساختمان سازی سنتی و طرحهای نوین استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان می باشد.

این ساختمان تحقیقاتی توسط سازمانهای بین المللی همچون سازمان تربیتی، فرهنگی و علمی ملل متحد (یونسکو)، IFIA و دیگر مراکز ملی و تحقیقاتی دست اندر کار در مطالعات انرژی و ساختمان در ایران، حمایت و مراسم افتتاح آن همراه با تشکیل سه کارگاه آموزشی و با شرکت پژوهشگرانی از کشورهای هندوستان، ترکیه و ایران، برگزار گردید. مراسم افتتاح این ساختمان در تاریخ ۷۷/۲/۲۹ در دانشگاه علم و صنعت ایران، زمینه مناسب جهت تبادل اطلاعات بین محققین و متخصصان در زمینه انرژیهای نو و بهینه سازی مصرف و بخصوص چگونگی عملکرد یک ساختان خورشیدی را فراهم آورد.

استفاده از انرژی های تجدید پذیر
در سیستمهای گرمایش و سرمایش ساختمان خورشیدی

چکیده

با طراحی و کاربرد روشهای مختلف گرمایش و تهویه مطبوع فعال و غیرفعال خورشیدی در ساختان، در میزان مصرف سوختهای فسیلی صرفه جوئی شده و مقدار آلودگی هوا نیز کاهش می یابد.

با طرح معماری خورشیدی، می توان حداقل ۵۰ درصد از انرژی مصرفی ساختمان را کاهش داد. اگر چنانچه از روشهای فعال و غیرفعال خورشیدی تواماً استفاده شود، میزان صرفه جوئی بطور قابل توجهی افزایش می یابد. بعلاوه اگر از انرژی خورشیدی برای گرم کردن آب مصرفی و تولید نیروی الکتریکی نیز استفاده شود، در مصرف انرژیهای تجدیدناپذیر، صرفه جوئی بیشتر به عمل می آید.

در این کار تحقیقاتی که با طراحی و ساخت یک ساختمان خورشیدی در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و طرح و محاسبه تأسیسات مکانیکی و الکتریکی با استفاده از انرژی خورشیدی انجام شده است، نتایج زیر حاصل گردیده است:

۱- با استفاده از دیوارهای آجری دو جداره ۵۰ سانتی متری با یک فاصله هوایی ۱۰ سانتی متر و پنجره های چوبی با شیشه دو لایه و سقف و کف عایقکاری، به میزان ۵۰ درصد در مصرف انرژی زمستانی و تابستانی ساختمان صرفه جویی شده است.

۲- با طراحی و ساخت دو عدد بادگیر به ارتفاع ۸ متر و زمهریر در عمق ۳ متری کف ساختمان به ابعاد ۸۰*۸۰ سانتی متر و طول ٤۰ متر، بعلاوه گرمخانه ای به حجم ۱۵۰ مترمکعب در پشت بام با تعدادی ظروف ذخیره آب گرم خورشیدی جمعاً به حجم ۲۰۰۰ لیتر، از میزان مصرف انرژی در تابستان برای سردکردن و در زمستان برای گرم کردن بیش از ۱۰ درصد صرفه جوئی می شود.

۳- با طراحی و نصب ۲٤ دستگاه گردآور خورشیدی هریک به ابعاد ۲*۱ متر در پشت بام و دو مخزن ذخیره آب گرم یک و سه کویلی به ضخامت ۲۰۰۰ لیتر و تعداد

٦ دستگاه فن کویل در قسمتهای مختلف ساختمان، گرمایش و سرمایش فعال خورشیدی به اضافه آب گرم مصرفی تأمین و به میزان ۳۰ درصد دیگر از انرژی مصرفی با سوختهای فسیلی ساختمان صرفه جوئی می شود. (جهت ایجاد سرما با استفاده زا آب گرم خورشیدی در تابستان، یک سیستم تبرید جذبی با ظرفیت ٥ تن تبرید پیش بینی شده است)

٤- جهت کمک به انرژی خورشیدی دریافتی و ایجاد حرارت در روزهای ابری، از یک دستگاه دیگ آب گرم از نوع گاز سوز استفاده شده است.

٥- از این تحقیق توأم با اجرای ساختمان خورشیدی در دانشگاه، این نتیجه کلی به دست آمده است که در چنین ساختمانی حدود ۹۰درصد از انرژی مصرفی با سوختهای فسیلی و منابع انرژی تجدیدناپذیر، صرفه جوئی شده و به همان نسبت از آلودگیهای محیط زیست کاسته شده است.

توجه:

سوختهای فسیلی که مرسوم ترین منابع تولید انرژی مصرفی امروز می باشند دو مشکل عمده دارند: محدود بودن منابع زیرزمینی، و آلوده کنندگی محیط زیست. به این جهت محققین در پی منابع دیگر انرژی می باشند که از جمله آنها می توان انرژی لایزال خورشیدی را نام برد که به اشکال مختلف مورد استفاده قرار می گیرد.

خوشبختانه ٤/٥ الی KWH/m^2 ٥ در روز می باشد.

با توجه به پتانسیل بسیار خوب تشعشع خورشیدی در تهران، طراحی، ساخت و تجهیز اولین ساختمان خورشیدی به صورت یک پروژه تحقیقاتی اجرا شده است.

محاسبات انتقال حرارت

ساختمان خورشیدی درجهت شمال- جنوب قرار گرفته است تا تلفات حرارتی کمتری داشته و انرژی خورشیدی بیشتری دریافت نماید. پنجره ها دارای شیشه دو لایه و

دیوارها دو جداره با فاصله هوایی ۱۰ سانتیمتری ساخته شده اند. (شکل ۱ پلان ساختمان را نشان می دهد)

میزان انرژی دریافتی از خورشید و تلفات حرارتی ساختمان با استفاده از روابط زیر محاسبه شده اند:

$$H = S \cdot F \cdot I$$

$$Q = AV\,(4T)$$

$$V = \frac{1}{\frac{1}{fi} + \sum \frac{x}{k} + \frac{1}{fo}}$$

که در آنها:

H = تابش خورشید بر سطوح پنجره ها و دیوارها

S = ضریب عبور شیشه

F= سطوح پنجره ها

I = شدت تابش خورشید

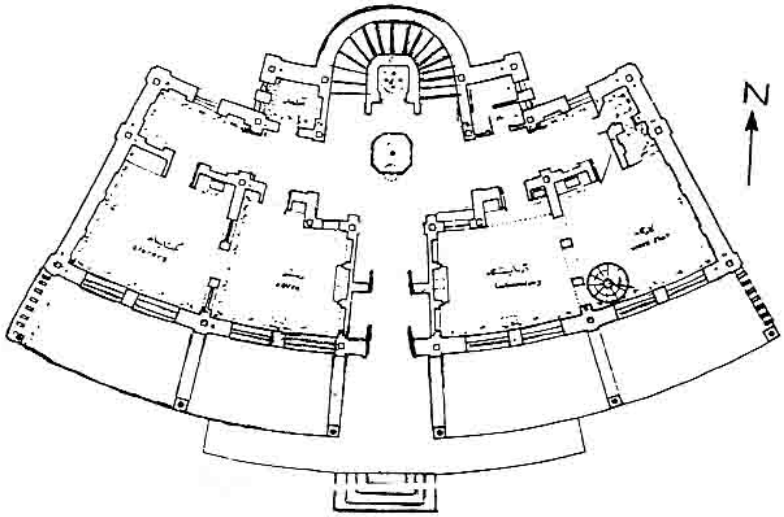
U= مجموع ضرایب هدایت حرارتی سطوح خارجی

ΔT = اختلاف دمای داخل و خارج ساختمان

f_i, f_0 = ضرایب هدایت حرارتی فیلم هوای داخلی و خارجی

X = ضخامت لایه های دیوار و سقف

K= قابلیت هدایت حرارتی مواد



شکل ۱- پلان ساختمان خورشیدی

در جدول ۱ با توجه به مقادیر k و کاهش مقدار U میزان کاهش تلفات دیوارهای دو جداره و شیشه های دولایه معلوم و ادعای صرفه جویی بیش از ۵۰٪ در انرژی مصرفی این ساختمان به اثبات می رسد.

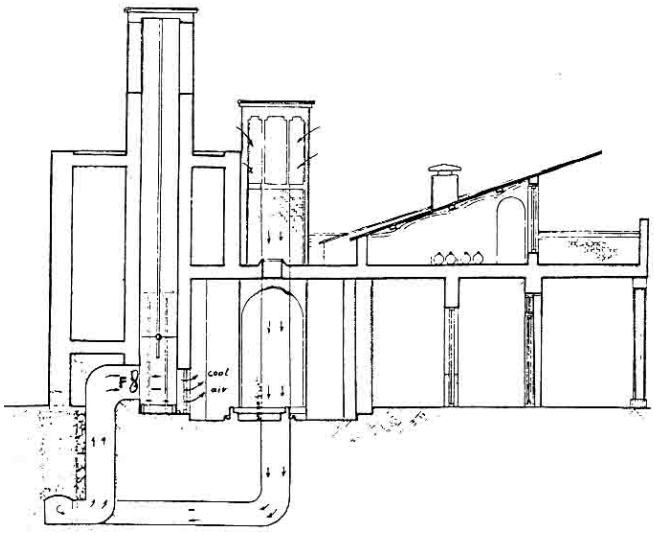
جدول ۱- ضریب قابلیت حرارتی مواد (k) و ضریب کل هدایت حرارتی جداره‌ها (U)

مواد - دیوارها - پنجره‌ها	k (W/m.°C)	U (W/m^2.°C)
هوا	0.026	-
آسفالت (سبک)	0.58	-
آسفالت (سنگین)	1.23	-
آجر توخالی	0.58	-
آجر معمولی	1.23	-
شیشه	1.05	-
پنجره تک شیشه	-	4.5
پنجره با شیشه دو لایه	-	2.5
دیوار آجری ۳۵ سانتی	-	1.74
دیوار آجری دو لایه (هر لایه به ضخامت ۲۲Cm،		
با ۱۰ سانتیمتر فاصلهٔ هوائی)	-	0.22
سقف	-	1.5
کف	-	1

گرمایش و سرمایش غیرفعال

الف- سرمایش

با طرح زمهریر و ساخت کانال زیرزمینی، سرمایش غیرفعال به اجرا در می آید. در عمق ۳ متری کف ساختمان، معمولاً دما میانگین دمای تابستانی و زمستانی محل می‌باشد (در حدود ۱۸ درجه سانتیگراد در تهران) و لذا در تابستان حدود ۱۰ درجه سانتیگراد از هوای خارج خنک تر است. با بکارگیری دو بادگیر به ارتفاع ۸ متر و زمهریر به طول ٤٠ متر در عمق ۳ متری، در تابستان هوای گرم خارج به داخل زمهریر فرستاده می شود و پس از خنک شدن برای خنک کردن هوای ساختمان از روی فواره آب حوضی نیز گذرانده می شود و به صورت هوای خنک و مرطوب وارد ساختمان می گردد. (شکل ۲)

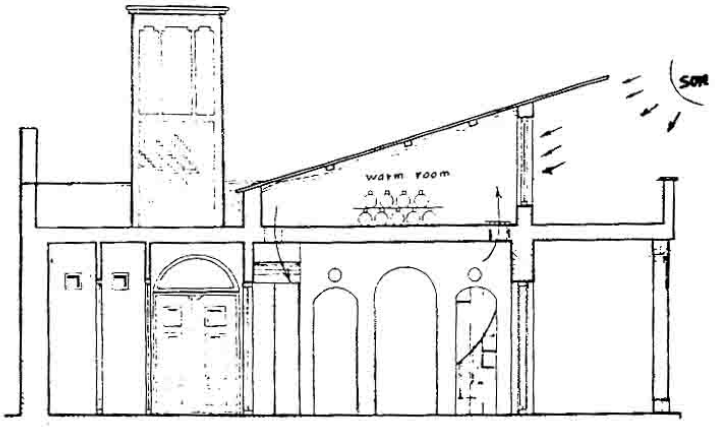


شکل ۲- کانال زیرزمینی (زمهریر) و بادگیرها

ب) گرمایش غیرفعال با استفاده از گرمخانه

در پشت بام ساختمان گرمخانه ای به حجم ۱۵۰ مترمکعب ساخته شده است. گرمخانه دارای ۱۸ متر مربع پنجره با شیشه دو لایه، و دیواره های دوجداره و سقف

عایقکاری شده می باشد. در این فضا پشت پنجره ها ۵۰ مخزن ذخیره آب جمعاً به حجم ۲۰۰۰ لیتر جهت ذخیره انرژی خرارتی خورشید در زمستان، جاسازی شده است. به علت اختلاف دمای هوا بین گرمخانه و فضای داخلی ساختمان، هوای گردشی باعث گرم شدن ساختمان می گردد.(شکل ۳)



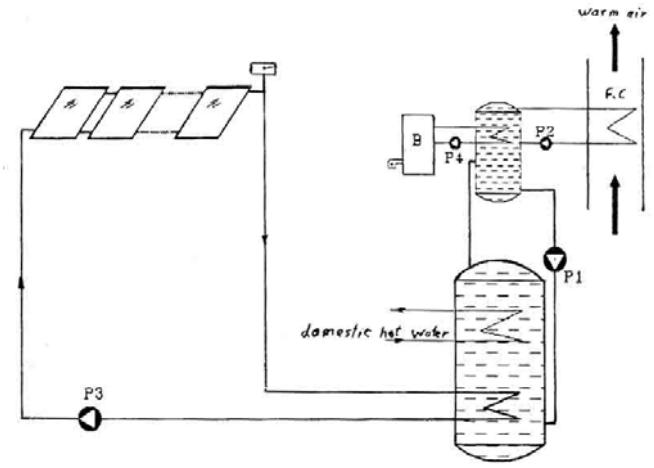
شکل ۳- روش انتقال هوای گرم از گرمخانه

گرمایش و سرمایش فعال خورشیدی

الف) سیستم گرمایش خورشیدی

با بکاربردن سیستم فعال خورشیدی می توان بیش از ٦٠درصد از انرژی موردنیاز گرمایش و سرمایش ساختمان را، تأمین کرد. برای این منظور از ٢٤ دستگاه گردآور تخت آب گرم خورشیدی، هریک به ابعاد ۲ متر مربع و دو مخزن آب گرم یک کویلی و سه کویلی به ظرفیت ۲۰۰۰ لیتر، و یک پمپ استفاده شده است. در این روش در ایام روز، با تابش خروشید، آب بوسیله گرد آورها گرم شده و بوسیله پمپ جریانی به داخل مخزن ذخیره اولی هدایت می گردد. آبگرم از مخزن اولی به مخزن سه کویلی ارسال می شود و آب گرم ذخیره شده در این مخزن، بوسیله پمپ دیگری به

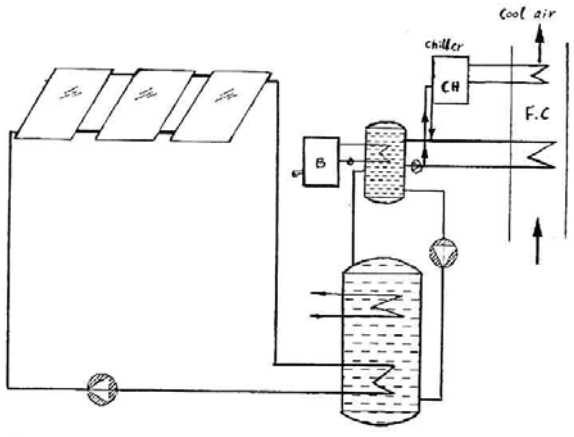
داخل فن کویلهائی که در قسم مختلف ساختمان نصب شده اند. جریان یافته و باعث گرم شدن هوای داخل ساختمان می گردد. (شکل ٤)



شکل ۴- سیستم گرمایش فعال خورشیدی

ب) سیستم سرمایش خورشیدی

با استفاده از سیستم گرمایش فعال خورشیدی (٢٤ دستگاه گردآور خورشیدی و مخازن ذخیره) و یک دستگاه آب سردکن سیستم تبرید جذبی و یک دیگ کمکی، یک سیستم فعال سرمایش برای فصل تابستان و خنک کردن ساختمان، طراحی شده است.



شکل ۵- سیستم سرمایش فعال خورشیدی (سیستم ترکیبی)

یادآوری

ساختمان خورشیدی طرحی است که در آن تلفات حرارتی و برودتی حداقل باشد. در طرح معماری این ساختمان نیز برای دستیابی باین هدف، دو جداره کردن دیوارها با یک فاصله هوایی بین دو جدار به عنوان عایق و دو شیشه کردن پنجره های چوبی و عایقکاری سقف، اعمال گردیده است و در نتیجه بیش از ۵۰ درصد در تلفات انرژی حرارتی ساختمان صرفه جوئی شده است.

در این ساختمان با طراحی و اجرای سیستمهای غیرفعال خورشیدی (Passive) و فعال خورشیدی (Active) ، سرمایش و گرمایش سنتی ایران با روشهای جدید گرمایش و سرمایش خورشیدی درهم آمیخته و یک طرح جدید پژوهشی را بوجود آورده است. با این طرح خورشیدی ٤٠ درصد از ٥٠درصد باقیمانده از انرژی مصرفی ساختمان بوسیله انرژی خورشیدی تأمین شده است. بمنظور کمک به انرژی دریافتی از خورشید و ایجاد حرارت در روزهای ابری، از یک دیگ آبگرم از نوع گاز سوز در سیستم گرمایش و سرمایش ساختمان استفاده گردیده است.

محاسبات بارهای حرارتی و برودتی ساختمان خورشیدی، و مقایسه فنی و اقتصادی آن را با یک ساختمان مشابه معمولی

ساختمان در جهت شمال- جنوب قرار گرفته است تا شرایط بهتری برای دریافت انرژی خورشیدی داشته باشد. این ساختمان دارای دیوارهای دوجداره بالایه هوایی، پنجره های چوبی با دو لایه شیشه، سقف تیرچه بلوک عایقکاری شده، کف دارای ٤٥ سانتیمتر سنگ ریزه جهت کاهش تلفات حرارتی، دارای دو بادگیر به ارتفاع ٨ متر، زمهریر در عمق ٣ متری بطول ٤٠ متر، گرمخانه ای در پشت بام، همچنین دارای ٢٤ دستگاه کلکتور تخت خورشیدی با منابع ذخیره، و کلیه تجهیزات و تأسیسات خورشیدی، برای گرمایش و سرمایش ساختمان می باشد.

برای محاسبه بارهای حرارتی و برودتی (تلفات حرارتی ساختمان در زمستان و تابستان) ساده ترین روش اینست که ساختمان را یک جعبه فرض کنیم و کلیه تلفات سطوح خارجی و تعویض هوا را یک جا محاسبه، و مجموع بارهای کل ساختمان را بدست آوریم. همچنین لازم است مقادیر انرژیهای خورشیدی و تجدیدپذیر دریافتی را محاسبه کنیم و بالاخره مقدار انرژی باقیمانده موردنیاز و میزان مصرف سوختهای فسیلی را تعیین نمائیم و در پایان مقایسه ای داشته باشیم با یک ساختمان معمولی مشابه، تا مزایای ساختمان خورشیدی، میزان صرفه جوئی در مصرف انرژی، میزان کاهش در مصرف سوختهای فسیلی، و در نتیجه میزان کاهش آلودگی های محیط زیست با اجرای ساختمانهای خورشیدی مشابه، حاصل گردد.

طرح تحقیقاتی ساختمان خورشیدی براساس خواسته های فوق محاسبه و اجرا شده و از آن نتایج مطلوبی بدست آمده است. چون در این مقاله امکان درج کلیه جزئیات وجود ندارد، نتایج کسب شده از محاسبات و اجراء در دو جدولی که در آنها شرایط زمستانی و تابستانی بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و این شرایط در دو ساختمان که یکی خورشیدی و دیگری یک ساختمان مشابه معمولی می باشد، درج گردیده است تا اختلافات اساسی بین آنها آشکار شود و مقایسه فنی و اقتصادی نیز صورت گیرد. به این جداول و نتایج حاصله بدقت توجه شود:

جدول مقایسه شرایط زمستانی ساختمان خورشیدی، با ساختمان مشابه معمولی

(دمای داخل ساختمان ۲۰ درجه سانتیگراد و دمای هوای خارج ۵- درجه سانتیگراد)

مشخصات و عناوین	ساختمان خورشیدی (عایق شده و بهینه)	ساختمان مشابه معمولی (بهینه نشده)
محل احداث ساختمان مساحت جهت	ضلع شمالی محوطه دانشگاه علم و صنعت ایران ۳۰۰ متر مربع شمالی- جنوبی	محل آزاد ۳۰۰ متر جهت آزاد می باشد
دیوارهای خارجی بمساحت $۳۰\ m^2$	دو جداره بضخامت ٥٤cm عایق هوائی ۱۰ cm Q1 = 715W, U=0.22	یک لایه بضخامت ۳٥cm بدون عایق Q1 = 5655 W,U = 1.74
پنجره های خارجی بمساحت $۳۰\ m^2$	از نوع چوبی با شیشه دوبل U = 2.5 Q1 =1875 W	فلزی با شیشه تکی U = 4.5 Q1 = 3375W
سقف (بدون گرمخانه) بمساحت ۱۱۰ m	تیرچه بلوک با ۱۰cm عایق پوکه صنعتی Q1 = 2750 W,U=1	سقف از نوع تیرچه بلوک بدون عایق Q1 = 5625W,U=1.5
کف به مساحت $۱٥۰\ m^2$	کف موزائیک با زیرسازی قلوه سنگ Q1 = 150 W,U=1	کف موزائیک شده بدون قلوه سنگ Q1 = 1500W ,U=1
بار تعویض هوا	Q2 = 3800W	Q2 = 5700W
مجموع بارهای حرارتی ساختمان در زمستان	جمع بارهای حرارتی سطوح Q1 = 6.8 kw جمع بارهای حرارتی هوا Q2 = 3.8 kw QT = 10.6 kw	جمع بارهای حرارتی سطوح Q1 = 16.1 kw جمع بارهای حرارتی هوا Q2 = 5.7 kw QT = 21.8 kw
استفاده از انرژی خورشیدی به روش غیرفعال	با طرح معماری خورشیدی ساختمان و گرمخانه، انرژی حرارتی کسب شده H = 1 kw/hr	بدون طرح خورشیدی (گرمخانه ندارد)
استفاده از انرژی خورشیدی به روش فعال	استفاده از ٢٤ دستگاه کلکتور خورشیدی بمساحت $٤٨m^2$ H= 5.4 kw/hr	بدون استفاده از کلکتورهای خورشیدی H=0

جدول مقایسه شرایط تابستانی ساختمان خورشیدی، با ساختمان مشابه معمولی

(دمای داخل ساختمان ۲۵ درجه سانتیگراد و دمای هوای خارج ۳۵ درجه سانتیگراد در تهران)

مشخصات	ساختمان خورشیدی (عایق شده و بهینه)	ساختمان معمولی
دیوارهای خارجی	دوجداره با فاصله هوایی Q = 286 W	با ضخامت ۳۵ میلیمتر Q = 2262 w
پنجره ها	چوبی با شیشه دوبل Q = 750W	فلزی با شیشه تکی Q = 1350 W
سقف	تیرچه بلوک با عایق Q = 1100W	تیرچه بلوک بدون عایق Q = 2250W
کف	Q = 0	Q = 1500W
بار تعویض هوا	Q2 = 10980W	Q2 = 10980 W
بارهای الکتریکی و متفرقه	Q3 = 5000W	Q3 = 5000W
جمع کل بارهای سرمائی ساختمان	QT = 18116W = 18kw	QT = 23342w=23/3kw
استفاده از انرژی برودتی باد و زمین	بادگیرها و زمهریر Q = 7686w	H = 0
استفاده از کلکتورهای خورشیدی و سیستم تبرید جذبی	H = 10800w = 10/8kw	H = 0
جمع کل برودت حاصل از انرژیهای تجدیدپذیر	H_T = 18486w = 18.4w	H = 0

خلاصه و نتیجه محاسبات بارهای حرارتی ساختمان (زمستانی)

۱- مجموع بارهای حرارتی ساختمان در حالت ساده بودن دیوارها و پنجره ها برابر ۲۱/۸kw کیلووات محاسبه شده است.

۲- مجموع بارهای حرارتی ساختمان در حالت دوجداره بودن دیوارها و دو شیشه بودن پنجره ها و با کاهش دفعات تعویض هوا، و عایقکاری سقف، برابر ۱۰/٦ kw کیلووات محاسبه شده است.

۳- میزان صرفه جوئی در مصرف انرژی برای گرمایش ساختمان خورشیدی، معادل ۵۰ درصد می باشد.

٤- میزان انرژی حرارتی کسب شده از خورشید بوسیله کلکتورها و منابع ذخیره انرژی حرارتی آبی، جمعاً برابر ٦/٤kw/hr کیلووات بر ساعت برای زمستان محاسبه شده است.

۵- از مجموع بارهای حرارتی ساختمان که برابر ۱۰/٦kw می باشد، جمعاً ٦/٤kw آن از انرژی حرارتی خورشید استفاده شده که برابر ٦۰٪ از مجموع تلفات حرارتی ساختمان می باشد.

٦- باقیمانده بار حرارتی ساختمان یعنی ٤/۲kw کیلووات که برابر با ٤۰٪ مجموع تلفات حرارتی ساختمان می باشد، می بایستی بوسیله سوختهای فسیلی (دیگ گازسوز کمکی) تأمین می شود.

۷- خلاصه تر اینکه، از مجموع انرژی حرارتی موردنیاز برای گرمایش کل ساختمان خورشیدی، بیش از ۵۰٪ صرفه جوئی شده است. حدود ٤۰٪ از انرژی حرارتی خورشیدی استفاده شده و باقیمانده از دیگ گاز سوز کمکی با سوخت فسیلی بهره خواهد گرفت.

با چنین طرحی در مجموع ۹۰ درصد از مصرف سوختهای فسیلی صرفه جوئی شده و به همان نسبت آلودگی محیط زیست کاهش یافته است.

منابع و مآخذ:

1- H. Y. B. Mar, J. H. Lin, P B. Zimmer, R. E. Peterson, and J. S. Gross, Optical Coatings for Flat Plate Solar Collection. Final Report, 16 Sept 1974 to 16"Sept 1975. Available NTIS.

2- J. H. Lin, Opr+rrri_atiun of Coatings for Flat Plate Solar Colleetur.s, Phase 11. January 1977. Available NTIS.

3- John C. Ward, personal communication.

4- H. C. Hottel and B. B. Woertz, "The Performance of Flat-Plate Solar-Heat Collectors," Trans. ASAME, 91-104 (February 1942).

5- T. Tani, S. Sawata, T. Tanaka, and T. Horigome, A Terrestrial Solar Thermal Energy Power System, 1975 ISES meeting, Los Angeles.

6- H. Tahor, Research on Optics of Selective Surfaces, Finat`lteport on Contract AF61 (052)-279, May 1963.

7- H. Tahor et al., Further Streclie.c on Selective Black Coatinpc, P.:r'er Sf46, U.N. Conf. on New Sources of Energy, Rome; August 1961.

8- Teuvo Santala, Selective Inte'rmetallic Compound Surfaces, 1975 ISIS meeting, Los Angeles.

9- 1. A. Dul)ie and W. A. Heckman, Solar Uu r;; r Thermal Processes. New York Wiley, 1974.

10- F. F. Simon and F. II. Bu yco, Outdoor flat-plate collector perJornnutr•e prcfir i.-n from viletr simulator to ct data. AIAA

10th I hermal Physic, Con!:rcncc, l',pct No. 75-741, Denver. 1975.

11- S. A. Klein, W. A. Beckman, and J. A. I)u lie, "A design proetdrlre for heating systems." Solar Enerev /8. 113 127 119761.

12- P. J. Lunde, .'Seasonal solar collector prrforntance kith ntarnnum storage.'· AS'HR IF Journal (Noventher 1977).

۱۳- نگرشی بر سیستمهای استفاده از انرژی خورشیدی، نویسنده: دکتر مجید رئوفی‌راد.

۱٤- مهندسی گرما خورشیدی – تألیف پیتر جی لاند، ترجمه و تألیف: دکتر حسین پناهنده – دکتر اردشیر گویری

۱۵- آفتاب و نیرو (نیروگاه جدید خورشیدی)، تألیف: مهندس هومان فرزاد.

۱٦- راهنمای طرحهای انرژی خورشیدی در ایران، پژوهشی برای سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، پژوهشکر و مؤلف – اصغر حاج سقطی.

۱۷- اصول و کابرد انرژی خورشیدی، تألیف: اصغر حاج سقطی