

اصغر حاج سقطی  
استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران - دانشکده مکانیک  
آدرس : تهران - میدان رسالت - خیابان هنگام - دانشگاه علم و صنعت ایران  
تلفن : ۷۴۹۱۲۲۸-۹ . دوتگار : <http://mech.just.ac.ir/>

اگر چه ایران از غنی ترین منابع انرژی برخوردار است اما استفاده نادرست از آن ها خسارات جبران ناپذیری را بر بودجه سالانه کشور تحمیل می کند . از این رو استفاده منطقی از منابع انرژی و برنامه ریزی در زمینه های بهینه سازی مصرف انرژی از اولویت ویژه ای برخوردار می باشد .

از طرفی شرایط محیط زیست انسان ها تاثیر زیادی بر تمام شئون زندگی آنها دارد و با توجه به اینکه بخش عمده زندگی ما در داخل ساختمانها میگذرد ، ایجاد شرایط مطلوب زیست محیطی در داخل ساختمانها از اهمیت خاصی برخوردار می باشد . از مهمترین شرایط داخلی ساختمانها تهویه گرمایش و سرمایش و تهویه مطبوع مناسب با توجه به نوع فعالیت انسانها است . واضح است این شرایط هر چه مطلوب تر و کاملتر باشد هزینه و انرژی زیادی مصرف خواهد کرد . هدف از این مطالعه و تحقیق عبارتست از :

- ۱- پیشنهاد تغییرات کلی در طراحی ساختمانها با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی منطقه
- ۲- کاربرد مصالح ساختمانی با کیفیت بالا با در نظر گرفتن مسائل عایقکاری و درزبندی ها .
- ۳- ارائه راه کارهائی به منظور بهینه سازی مصرف انرژی در تاسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان .
- ۴- پیاده کردن فرهنگ استفاده از انرژی های مصرفی برای بهره برداران

در تاریخ آمده است که نخستین مصارف انرژی بشر برابر گرم کردن و حفاظت از خود بوده و بعدها نیز برای پخت و پز و حمل و نقل بوده است. بدون شک انسان در مراحل اولیه تکامل خود بفکر ساختن پناهگاه نیز افتاده است. امروزه عملکرد ساختمانها بطور غیر مستقیم حدود ۱/۲ مصرف انرژی مورد استفاده کشورهای مختلف را شامل می گردد. بیش از نصف انرژی مصرف شده در ساختمانها برا یگرمایش و سرمایش و معادل ۱۰ درصد آن برای روشنائی و بقیه آن برای سایر مصارف انرژی بکار می رود. انرژی مصرفی ساختمانها تحت تاثیر عوامل گوناگونی قرار دارند که عبارتند از:

- آب و هوای محلی
- مکان و جهت قرار گیری ساختمان
- نوع طراحی ساختمان
- نوع کاربری و نحوه استفاده از ساختمان

بعلاوه مدیریت انرژی در ساختمان ها را می توان با در نظر گرفتن عوامل زیر مورد بررسی قرار داد:

- محل قرارگیری ساختمان
- پوشش ساختمان
- سیستمهای مختلف تاسیساتی

انتخاب محل ساختمان تعیین کننده شرایط آب و هوایی است که ساختمان در آن محل قرار می گیرد. پوشش ساختمان تعیین کننده اثر شرایط محلی بر ساکنین ساختمان است. این پوشش در حقیقت یک پوسته متخلخل است که انرژی، نور، گازها و بخار آب را بین دو طرف خود یعنی ساختمان و محیط اطراف مبادله می کند. سیستم های تاسیساتی تکمیل کننده قدرت سرمایش، گرمایش و نور قابل حصول از محیط طبیعی اطراف می باشند. تا آنجا که اگر استفاده از این سیستم های تکمیلی، با قابلیت های پوشش ساختمان و مشخصات محلی آن مرتبط باشند میتوان مصرف انرژی را به حداقل رساند. اگر ساختمانی بدون در نظر گرفتن عوامل محیطی طراحی شده باشد، یعنی پوشش ساختمان و تاسیسات مکانیکی و الکتریکی بطور مستقل و بدون ارتباط با عوامل دیگر طراحی شده باشند، انتظار می رود که مصرف انرژی در ساختمان به حداکثر مقدار خود برسد.

- ۱- در طراحی معماری ساختمان از شرایط آب و هوای محلی استفاده شود .
  - ۲- سمت و جهت ساختمان طوری انتخاب شود که نسبت به شرایط خورشید و باد بهترین حال را داشته باشد .
  - ۳- از درختان و سایه آنها و عوارض طبیعی استفاده شود .
  - ۴- از گیاهان و گلها برای بهبود آب و هوای محلی بهره گیری شود .
  - ۵- از منابع آب حوض و فواره برای بهبود آب و هوا و شرایط زندگی استفاده شود .
  - ۶- برای کاهش جذب حرارت خورشید در تابستان و مقابله با تلفات انرژی باد از سایه بان استفاد شود .
  - ۷- ابعاد و سطح و حجم ساختمان جهت کاهش مصرف انرژی بهینه شود .
  - 
  - ۹- طرح پنجره ها دو شیشه و بهینه شوند تا تلفات انرژی حرارتی کاهش یابد .
  - ۱۰- درزبندی پنجره ها بهینه شون تا نفوذ هوا کاهش یافته و تلفات هوا نیز بهینه شود .
  - ۱۱- قابلیت ذخیره سازی انرژی حرارتی در ساختمان فراهم شود .
  - ۱۲- از گرد آورهای گرما خورشیدی بعنوان اجزای سازه ای در پوشش ساختمان استفاده شود .
  - ۱۳- ورودی ها بطور صحیح طراحی شوند و از مفهوم پاسیو حتی الامکان استفاده شود .
  - ۱۴- در طراحی ساختمان قبلا با طراحان تاسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان مشورت و هماهنگی شود .
- با توجه به رعایت اصول بهینه سازی ، می توان برای ساختمانها طرحهائی با راندمان بالا ارائه داد . خوشبختانه تکنولوژی موجود در کشور امکان بهبود بخشیدن به طرحهای جدید ساختمانها را فراهم نمود و صرفه جوئی هایی که هر یک از این روشها بعمل می آورند قابل توجه می باشند .
- به هر حال ممکن است هزینه اولیه بعضی از ساختمانها بهینه اندکی بیشتر باشد اما صرفه جوئیهای حاصله که اغلب به حدود ۵۰ درصد میرسد به سرعت سرمایه گذاری اضافی اولیه را باز می گرداند . در موارد خاص ممکن است که یک ساختمان بهینه ارزانتر از یک ساختمان معمولی باشد و علت آن کوچکتر بودن سیستم های مکانیکی و الکتریکی و مصرف کم انرژی در آنهاست .

آسایش انسان در ساختمان به چهار عامل : دمای هوا ، سرعت جریان هوا ، رطوبت نسبی هوا و کنترل و خاک و بو بستگی دارد . اگر به نمودار مشخصات هوا توجه کنید منطقه آسایش ، حدود دمای هوا در فصول مختلف را بین ۲۰ تا ۲۷ درجه سانتیگراد و حدود رطوبت نسبی را بین ۲۰ تا ۷۰ درصد نشان می دهد . مناسب تر این است در زمستان به حداقل دما و در تابستان به

حداکثر دمای آسایش برسیم . در مورد رطوبت نسبی نیز بهتر است هوای محیط را در اقلیم خشک به حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد و در مناطق و اقلیم مرطوب به حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد رطوبت نسبی برسانیم . سرعت هوا در محدوده بین ۳ الی ۱۰ متر در دقیقه می تواند متغیر باشد البته پاکی هوا نیز از ضروریات سلامتی و آسایش انسانهاست .

در بکار گیری اصول بهینه سازی مصرف انرژی بهتر است که ابتدا آن دسته از فرصتهای بهینه سازی بکار بسته شوند که هزینه ای در بر ندارند و یا دارای هزینه اندکی هستند و سپس اقدام به فرصتهائی با هزینه متوسط و زیاد به عمل آید و اصول بهینه سازی در گرمایش و سرمایش عبارتند از :

- ۱- بهینه کردن فضای ساختمان - فضاهای مجموعه بررسی و فضاهای اضافی حذف شوند .
  - ۲- بهینه سازی کنترلها - کنترلها نقش اساسی در تاسیسات مکانیکی دارند و با بهینه کردن کنترلها گرمایش و سرمایش ساختمان را فقط در مواقع لازم امکان پذیر سازید .
  - ۳- کاهش بارهای حرارتی و برودتی ساختمان . با کاهش میزان نفوذ هوا و انرژی حرارتی خورشیدی ، بارهای حرارتی و برودتی را کاهش دهید .
  - ۴- بهره گیری از عملیات کار آمد تاسیساتی - به تناسب نوع ساختمان ، اقلیم و ساکنان آن ، کارآمدترین روش گرمایش و سرمایش و تهویه مطبوع برگزیده شوند .
  - ۵- استفاده از تجهیزات کار آمد - برای سیستمی که انتخاب کرده اید بهترین تجهیزات را انتخاب کنید .
  - ۶- مد نظر قرار دادن ایده تاثیر پذیری - ترتیبی اتخاذ شود که ساختمان و شرایط جوی محیط ، تا حد امکان با تاسیسات مکانیکی انتخابی هماهنگ و سهیم باشند .
  - ۷- افراد گرم و یا خنک شوند نه ساختمانها - فضاهای گرم و تهویه نشوند بلکه مکانهایی را که افراد در آن محل کار می کنند گرم یا سرد شوند .
  - ۸- بازیابی حرارت - حرارت تلف شده از وسایل و دودکش ساختمان و بخار و الکتریسیته را می توان بازیابی کرد .
  - ۹- فراهم کردن امکان ذخیره سازی انرژی - با ذخیره سازی انرژی ، از کارکرد تجهیزات در ساعات حداکثر بار معاف خواهیم شد و در مورد انرژی خورشیدی که در روز گرد آوری و ذخیره می شود ، در ایام شب و ساعات غیر آفتابی بهره گیری خواهد شد .
- بر اساس نقطه نظرات ارائه شده در اصول کلی بهینه سازی مصرف انرژی در گرمایش و سرمایش ، برخی از مفاهیم گرمایش و سرمایش پدیدار می شوند که به منظور بهینه سازی آنها ، با ذکر مقدمه ای نکات اصلی صرفه جوئی در مصرف انرژی یاد آوری می شوند :
- این بخش راهنمای خوبی برای مهندسين و تکنیسینهایست که طراحی ، نصب و نگهداری سیستمهای گرمایش و سرمایش ساختمان های مسکونی تجاری و صنعتی را بعهدہ دارند . درک صحیح و رعایت مطالب این نوشته باعث صرفه جوئی در هزینه های جاری کلیه سیستم های تاسیسات مکانیکی ساختمانها خواهد گردید . در سالهای نه چندان دور گرمایش ساختمانها با

استفاده از گرم کننده های نفتی و گازی انجام می شد که به تدریج این دستگاهها در حال تغییر و پیشرفت و توسعه بوده اند به گونه ای که امروزه نسبت به مدل های قدیمی کوچکتر ارزانتر و کارآمدتر شده اند و نوع جدیدتر آنها به صورت اتوماتیک در آمده اند . از مزایای سیستم های جدید کاهش هزینه های سرمایه گذاری ، سهولت در نصب ، پائین بودن هزینه های جاری و راندمان بالای آنها می باشد .

۱- معادلات اساس حاکم بر انتقال حرارت از دیوارها و سقف و پنجره های ساختمان عبارتند از :

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

که در آن :

$Q$  = حرارت جریانی بر حسب وات

$U$  = ضریب کلی انتقال حرارت بر حسب  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$A$  = سطح انتقال حرارت بر حسب  $m^2$

$\Delta T$  = اختلاف دمای داخل و خارج بر حسب  $^\circ C$

$U$  مقدار برای دیوارها و سطوح مرکب عبارتست از :

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{F_i} + \sum \frac{X}{K} + \frac{1}{F_o}}$$

که در آن :  $R$  = مقاومت حرارتی سطوح  $F_o$  و  $F_i$  ضرایب انتقال فیلم هوای داخل و خارج دیوار می باشند .

با توجه به معادله اصلی ،  $\Delta T$  به عنوان یکی از عوامل تعیین کننده مقدار انتقال حرارات می باشد و عبارتست از  $(\Delta T = t_i - t_o)$  که  $t_i$  دمای طرح داخل و  $t_o$  دمای هوای خارج می باشند . پیشنهاد می شود در جهت کاهش بار حرارتی ،  $t_i$  را بجای ۲۲ درجه سانتیگراد (۱۹) درجه سانتیگراد و  $t_o$  را مثلاً در تهران بجای (۵-) درجه سانتیگراد سابق ، برابر (۲-) درجه سانتیگراد فعلی فرض کنید که در جمع ۶ درجه سانتیگراد از  $\Delta T$  کاهش می یابد که برابر ۲۷٪ کاهش درانتقال حرارت را نشان می دهد .

۲- ( $U$ ) عامل دیگری جهت تعیین مقدار انتقال حرارت می باشد که به مواد تشکیل دهنده و عایقکاری سطوح بستگی کامل دارد .

برای تغییرات ( $U$ ) در دیوارها و پنجره ها و سقف و کف ساختمانی قابل لمس باشد یک ساختمان ۱۰۰ متر مربعی در سه حالت معمولی ، با عایق بندی مناسب و عایق بندی کامل مورد مطالعه قرار گرفته و میزان صرفه جوئی دراین مورد در میزان انتقال حرارت بترتیب ارقام صفر - ۴۸٪ و ۶۰٪ را نشان می دهد که بسیار قابل توجه می باشد .

۳- مورد دیگر کاهش عدد (N) تعداد دفعات تعویض هوا در معادله انتقال حرارت از طریق هوای تعویضی در ساختمان است که رابطه زیر آنرا نشان می دهد :

$$Q = V \cdot \rho \cdot C \cdot (t_i - t_o) \cdot N$$

که در آن :

$Q$  = حرارت جریانی بر حسب (W)

$V$  = حجم هوای تعویضی ( $m^3$ )

$\rho$  = جرم مخصوص هوا ( $kg/m^3$ )

$C$  = گرمای ویژه هوا ( $W/kg \cdot ^\circ C$ )

واضح است که تغییرات N نقش اساسی در کاهش مقدار انتقال حرارت را خواهد داشت مشروط باینکه کاهش تعویض هوا شرایط هوای داخلی را تغییر ندهد .

- زمانیکه دمای هوا متعادل است سیستم بخار (گرمایش) را خاموش کنید
- در دیگها و کوره ها از مشعلهای کارآ استفاده کنید .
- در کوره ها هوای احتراق اولیه و ثانویه را کنترل و آنرا تنظیم کنید .
- در موتورخانه از سختی گیر آب استفاده کنید و رسوب زدائی لوله ها را مرتب انجام دهید .
- منبع دو جداره و منبع انبساط باز را عایقکاری کنید تا از تلفات بیشتر انرژی حرارتی جلوگیری شود .
- تجهیزات فرآیند گرمایش را در زمانیکه استفاده نمی کنید خاموش کنید .
- لوله های بخار و آبگرم را با اندازه مناسب استفاده کنید و سیستم تغذیه بخار را کنترل نمائید .
- فرآیند بخار را همیشه تحت کنترل قرار دهید تا اتلافات سیستم توزیع بخار کاهش یابد .
- کنترلهای حرارتی را بررسی کنید و همیشه از کنترلهای سالم و با راندمان بالا استفاده کنید .
- با نگهداری و مراقبت دائمی از کارکرد مناسب وسایل و تجهیزات گرمایش مطمئن شوید .
- هرگز از مقاومت الکتریکی برای گرمایش استفاده نکنید زیرا بازدهی فرآیند تولید و توزیع انرژی الکتریکی فقط ۲۰٪ است و لذا اسراف وحشتناک انرژی را در بر خواهد داشت .
- با نصب بادبزن های سقفی در سالنهایی که سقف بلند دارند از تلفات هوای گرم طبقات بالا جلوگیری کرده و از این هوای گرم برای گرمایش ساختمان استفاده کنید .

- برای گرم کردن آب گرم مصرفی و بخشی از گرمایش ساختمان انرژی خورشیدی استفاده کنید.
- تنزیل شبانه را با استفاده از ترموستات ساعتی و سیستم های کنترل کامپیوتری مورد بهره برداری قرار دهید ( کاهش دمای طرح زمستانی فضاهای ساختمان را در طول شب و اوقافی که ساختمان بدون استفاده است ، تنزیل شبانه می نامند )
- با کاهش دمای آب گرم مصرفی – حذف سیستم آب گرم مصرفی در بعضی از ساختمان ها مثل مدارس و ادارات – عایقکاری لوله های آب گرم مصرفی ، و استفاده از محدود کننده جریان آب گرم در وسایل بهداشتی ، به اندازه قابل توجهی در مصرف انرژی صرفه جوئی به عمل خواهد آمد .
- با اینکه از نقطه نظر صرفه جوئی در مصرف انرژی ، کاهش آب سرد به اندازه آب گرم حائز اهمیت نمی باشد ، ولی رعایت نکات زیر صرفه جوئی در انرژی مصرفی را به دنبال خواهد داشت :
- کاهش مصرف آب – استفاده از سیفونهای کم مصرف – استفاده از محدود کننده های جریان آب از دوش حمام – استفاده از شیرهای دستشوئی کم مصرف و خودکار – استفاده مجدد از فاضلاب سبک برای شستشوی توالت ها .

- در تاسیسات تبرید از حرارت های تولید شده می توان استفاده کرد :
- از گاز داغ خروجی از کمپرسور – از حرارت دفع شده در کندانسور – از روغن داغ کمپرسور
- سیستم های تهویه مطبوع را در ساعات غیر کارکرد خاموش کنید .
- از سیستم هائی بادبی هوای متغیر استفاده کنید .
- کندانسور های سیستم تبرید را مرتب تمیز کنید .
- در سیستم های تهویه مطبوع دریچه های هواساز و فیلترهای هوا را جهت کاهش مقاومت هوا بازرسی و تمیز کنید .
- حجم هوای تازه مورد نیاز در سیستم های تهویه مطبوع را کنترل و کاهش دهید .
- از سیستم های تهویه مطبوع فقط برای مکانهای مورد نیاز واقعی استفاده کنید .
- از کنترل های هوشمند برای مکانهای مورد نیاز و در ساعات مورد لزوم استفاده کنید .
- با وجود سیستم تهویه مطبوع در ساختمان ، برای مکانهائی با شرایط مخصوص از دستگاه های کوچک و مستقل تهویه مطبوع استفاده کنید . هزینه اضافی این سیستم بزودی از طریق کاهش هزینه های اضافی جبران می گردد .

- چون مقدار هوای مورد نیاز برای گرمایش ، اغلب از هوای مورد نیاز برای سرمایش کمتر است ، سرعت بادبزن های سیستم تهویه مطبوع را در زمستان کاهش دهید .
  - فشار استاتیکی هوای داخل ساختمان را بررسی کنید . فشار کمتر از جو ، و بیشتر از حد را بر طرف کنید تا از افزایش هزینه عملیات تاسیساتی جلوگیری بعمل آید .
  - در طراحی مبدل های حرارتی کاربرد لوله های حرارتی (Heat pipes) را مورد مطالعه قرار دهید و از خواص تبادل حرارتی آنها استفاده کنید .
  - از چرخ حرارتی (Thermal wheel) در مبدل های حرارتی برای بازیافت حرارت استفاده کنید . این مبدلها را ژنراتور گردان و چرخ بازیاب انرژی نیز می نامند .
  - با استفاده از یک مبدل حرارتی از هوای اگزاستی ساختمان برای بازیافت انرژی استفاده کنید
- ( هوای اگزاستی گرم در زمستان هوای سرد و تازه ورودی به ساختمان را گرم و بر عکس در تابستان سرد می کند و مقداری انرژی صرفه جوئی می شود . )
- از پمپ حرارتی (Heat pump) برای صرفه جوئی در مصرف انرژی استفاده کنید : در اصل پمپ حرارتی یک سیستم تبرید می باشد که می توان بوسیله شیر مخصوصی مسیر گاز داغ خروجی را تغییر داده و سیستم را به یک سیستم حرارتی تبدیل کرد . یا اینکه از حرارت تلف شده سیستم تبرید نوعی استفاده صرفه جویانه نمود . اگر سیستم تبریدی دارای (c.o.p) بین ۵ تا ۷ می باشد بدین معنی است که با ۶ watt حرارت که به شکل انرژی الکتریکی مصرف می شود میانگین ۶ watt گرما از دستگاه گرفته می شود . آیا می توان بیش از این صرفه جوئی نمود ؟

نتیجه ای که از این مقاله تحلیلی حاصل شده این است که به غیر از چکیده و مقدمه نوشته شده که برای وارد شدن به موضوع لازم بود ، کلیه مطالبی که در این مقاله در زمینه اصول کلی بهینه سازی مصرف انرژی در معماری یک ساختمان ، و اصول صرفه جوئی در مصرف انرژی در گرمایش و بهره برداری و صرفه جوئی در سیستم های گرمایش و تاسیسات بهداشتی ، همچنین بهره برداری و صرفه جوئی در سیستم های سرمایش و تهویه مطبوع ، بصورت پیشنهادات اجرایی توصیه شده اند ، چه آنهایی که با شماره بندی مشخص شده اند و چه مطالبی که با علامت از هم تفکیک شده اند همگی از نکات مهم طراحی و اجرایی هستند که اگر فقط حدود ۵۰٪ آنها اجرا شوند بیش از ۸۰ درصد از مصارف فعلی انرژی در ساختمانها صرفه جوئی خواهد شد .

۱- کتاب اصول مدیریت انرژی - گرگ . بی . اسمیت

۲- آموزش مدیریت انرژی - فصل هشتم - سازمان بهره وری انرژی ایران

۳- اصول تبرید - طراحی سیستمهای سرد کننده - تالیف اصغر خاج سقطی - مهندس جعفری