کاهش تلفات حرارتی و برودتی ساختمان با عایقکاری حرارتی و استفاده از انرژی خورشیدی

اصغر حاج سقطی

استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران - دانشکده مکانیک

آدرس : میدان رسالت، خیابان هنگام، دانشگاه علم و صنعت ایران

تلفن : ۹-۷۴۹۱۲۲۸، دورنگار: http://mech.iust.ac.ir/

چکیده :

مشکل محدودیت منابع انرژی ، کم و بیش برای کلیه کشورها ، اعم از صنعتی ، توسعه یافته و یا در حال توسعه ، مشترک می باشد. در کشورهای مختلف بطور میانگین بیش از نود درصد از مصارف انرژی ، در ارتباط با صنعت ، حمل و نقل و ساختمانها است و بین این سه بخش ، ساختمانهای مسکونی و تجاری بیش از ۴۰٪ را به خود اختصاص داده‌اند. قابل توجه است که عمده‌ترین مصرف انرژی در ساختمانها در تأمین گرمایش ، سرمایش و تهویه مطبوع ساختمانها در فصول سرد و گرم می باشد. پس هر اقدامی که در جهت ارتقاء کیفیت ساختمانها از دیدگاه تبادل حرارتی صورت پذیرد ، به صرفه جویی قابل توجهی در مصرف کل انرژی ، ختم خواهد شد.

به این جهت پژوهشگران همراه با ارائه راهکارهای بهینه سازی مصارف انرژی ، در پی منابع انرژی پاک و لایزالی مانند انرژی های تجدیدپذیر و در رأس آنها انرژی خورشیدی هستند که به اشکال مختلف مورد استفاده قرار می گیرند.

خوشبختانه $\frac{۴}{۵}$ خاک کشور ما ایران دارای پتانسیل انرژی خورشیدی بسیار بالایی است و شدت تابش آن بین ۴/۵ الی ۵ ($KWH/m^۲$) در روز) می باشد.

با توجه به پتانسیل بسیار خوب تشعشع خورشیدی در تهران و سایر شهرهای آفتاب خیز ، لازم است طرحها و پروژه های مختلفی در جهت بهینه سازی در مصرف انرژی و استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمانها به مرحله اجرا درآید تا فرهنگ صرفه جویی در مصرف و حفاظت از محیط زیست سرلوحه زندگی هر ایرانی باشد.

طراحی و محاسبات تلفات حرارتی ساختمان :

جهت مقایسه و نشان دادن میزان تلفات حرارتی در شرایط مختلف ، یک ساختمان یک طبقه با زیر بنای ۲۵۰ مترمربع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی مورد مطالعه و محاسبه قرار گرفته است.

مصالح بکار برده شده در اجرای ساختمان ، به عمد ، در دو حالت نامطلوب و مطلوب در نظر گرفته شده و میزان تلفات حرارتی در هر یک بطور جداکانه محاسبه و با هم مقایسه شده اند :

شرایط نامطلوب با(**A**) معرفی شده است و در واقع شرایط ساخت و سازهای معمول و مرسوم ساختمانی بوده و حتی ساختمان سازی در بعضی موارد از این شرایط معرفی شده نیز نامطلوب تر و غیراستانداردتر می باشند.

نکات طراحی در شرایط (A) :

۱- دیوارهای خارجی : آجر یا سنگ نما+ ملات + آجرسفالی (**۱۰cm**) + گچ و خاک + سفیدکاری.

ضریب کل انتقال حرارت چنین دیواری برابر است با : ($U_d = ۲/۲\ w/m^۲.^\circ c$)

۲- پنجره ها : از نوع با قاب فولادی یا آلومینیومی با درزبندی نامناسب و شیشه یک لایه

هدف از تحریر این مقاله ، مقایسه میزان مصرف انرژی در ساختمانها با کاربری مصالح ساختمانی مختلف و عایقکاری حرارتی و استفاده از انرژی خورشیدی می باشد.

مطالعه بر روی یک ساختمان ویلایی یک طبقه با زیر بنای ۲۵۰ متر مربع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی انجام گرفته است. طرح دیوارها و پنجره ها و سقف و کف معمولی و با سطوح عایقکاری شده مورد محاسبه قرار گرفته و امکان استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش و سرمایش ساختمان بصورت فعّال و غیرفعّال تجزیه و تحلیل و راهکارهای مناسب پیشنهاد گردیده است.

از این مطالعه و تحقیق نتایج زیر حاصل شده است :

۱- محاسبات نشان می دهند که جمع کل تلفات حرارتی این ساختمان در شرایط اجرای رایج و نامطلوب ساختمان سازی در کشور ، برابر با ۵۵۳۲۳w می باشد.

۲- جمع کل تلفات حرارتی همین ساختمان ، در شرایط بهینه سازی و عایقکاری حرارتی، به میزان ۵۱۳۵۱ w تنزل پیدا کرده و کاهشی برابر با ۵۲/۷٪ را نشان می دهد.

۳- با کاهش دماهای طراحی داخلی و هوای خارج که بمنظور صرفه جویی بیشتر در مصارف انرژی در گرمایش و سرمایش ساختمان انجام شده است ، ۱۰٪ دیگر کاهش تلفات مصرف انرژی مشاهده می گردد.

۴- با استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان که بصورت فعال و غیرفعال انجام شده است ، ۲۰/۵٪ از جمع تلفات حرارتی با اجرای نامطلوب کاهش یافته و یا معادل ۵۶٪ از مجموع تلفات حرارتی در شرایط بهینه سازی ساختمان ، بوسیله انرژی خورشیدی تأمین شده است.

۵- بالاخره باقیمانده حرارت مورد نیاز ساختمان که ۱۶/۳٪ از بار حرارتی کل و ۴۴٪ از بار حرارتی بهینه شده را شامل می گردد ، سهم سوختهای فسیلی گردیده است.

مقدمه :

سوختهای فسیلی که در عصر حاضر از معمولترین منابع انرژی مصرفی کشورهای مختلف هستند، دو مشکل عمده دارند :

۱- محدود بودن منابع زیرزمینی آنها.

۲- آلایندگی محیط زیست که از مصرف آنها حاصل می شود.

($5\ ^{o}c$ ۵-) در تهران به خاطر کاهش تلفات حرارتی در محاسبات منظور شده است.

۷- در این شرایط از انرژی خورشیدی بصورت فعال و غیرفعال نیز جهت گرمایش ساختمان و تهیه آبگرم مصرفی استفاده شده است.

محاسبه میزان تلفات حرارتی و تعیین منابع تأمین انرژی در ساختمان

تلفات حرارتی دیوارهای خارجی با مساحت کل ۱۳۰ مترمربع و پنجره‌ها با مساحت ۳۰ مترمربع و سقف و کف هر یک به مساحت ۲۰۰ مترمربع و تلفات حرارتی تعویض و نفوذ هوا، همچنین میزان استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی بصورت فعال و غیرفعال با استفاده از روابط زیر محاسبه شده‌اند:

$$Q_{۱} = A \times U \times (T_{i} - T_{O})$$

که در این روابط :

Q۱ = بار حرارتی سطوح = (kw). Q۲ بار حرارتی تعویض هوا(kw)

N = تعداد دفعات تعویض هوا H = تابش خورشید بر سطح پنجره‌ها و دیوارها و سقف

S = ضریب عبور شیشه = (۰/۹) F = سطوح پنجره‌ها ($M^{۲}$)

I = شدت تابش خورشید در محل (برابر $۵۰۰\ W/m^{۲}$) در ساعت.

به جهت مقایسه نتایج محاسبات در شرایط اجرای ساختمان بصورت مطلوب و نامطلوب ، (شرایط **A** و **B**) و نشان دادن نتایج عایقکاری حرارتی در ساختمان و اثرات استفاده از انرژی خورشیدی در حفظ محیط زیست ، نتایج این تحقیق بصورت جداول و نمودارهای زیر نشان داده شده‌اند :

به ضخامت **۴ mm**: ($U_p = ۵/۸$ **w / m ۲ . ° c**).

۳- سقف نهایی : آسفالت + قیرگونی + ملات شیب بندی + نخاله + طاق ضربی + گچ و خاک + سفیدکاری

ضریب کل انتقال حرارت چنین سقفی برابر است با : ($U_p = ۱/۵$ **w / m ۲ . ° c**).

۴- کف نهایی : خاکی یا شنی + موزائیک فرش بدون عایق = ($U_k = ۱/۵$ **w / m ۲ . ° c**).

۵- تعداد دفعات تعویض هوا در چنین شرایطی طبق جداول موجود(**N** = ۱/۵) بار در ساعت) منظور شده است.

۶- طرح دمای داخلی ساختمان ($t_i = ۲۲$ **° c**) و دمای هوای خارج در زمستان در تهران (**T = - ۵ ° c**) طبق جداول موجود انتخاب شده‌اند.

۷- در چنین شرایطی از انرژی خورشیدی استفاده نشده است.

شرایط مطلوب با(**B**) معرفی شده و در واقع بهینه شده شرایط(**A**) بوده و عایقکاری حرارتی در آنها بکار برده شده است. در محاسبات شرایط(**B**) به جهت صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش تلفات حرارتی ، دمای هوای داخل و خارج نیز بهینه شده است.

نکات طراحی در شرایط (B) :

۱- دیوارهای خارجی : آجر یا سنگ نما + ملات + آجر سفالی + (**۲۰cm**) + عایق پلی استایرن (**۵ cm**) + ملات + گچ کاری: ($U = ۰/۵$ **w / m ۲ . ° c**)

۲- پنجره‌ها : از نوع با قاب چوبی با درزبندی مناسب و شیشه مضاعف :
($U = ۳$ **w / m ۲ . ° c**)

۳- سقف نهایی : موزاییک + ملات + قیرگونی + ملات شیب بندی + پوکه معدنی **۱۰cm** + تیرچه بلوک + گچ و خاک + سفیدکاری ، با ضریب هدایت حرارتی: ($U = ۰/۶$ **w / m ۲ . ° c**).

۴- کف نهایی : با مشخصات کف در شرایط + (A) عایق معدنی به ضخامت: (**۵ cm**) :
($U = ۱$ **w / m ۲ . ° c**)

۵- تعداد دفعات تعویض هوا در جهت بهینه سازی مصرف انرژی **N** =) یکبار در ساعت) منظور شده است.

۶- طرح دمای داخل (**۱۹ ° c**) بجای (**۲۲ ° c**) و دمای هوای خارج(**۲ ° c** -) بجای

۱- میزان انرژی حرارتی اکتسابی از خورشید :

الف- بصورت غیر فعال : روش های مختلفی برای دریافت انرژی از خورشید بصورت غیرفعال وجود دارد مانند : استفاده از گلخانه خورشیدی - دیوار ترومپ - دیوار آبی یا ظروف آبی - سقف آبی - گرمخانه و امثال آنها که در این مطالعه ، دیوار آبی با ظرفیت ۱۰۰۰ لیتر آب در گلخانه جنوبی پیش بینی شده و مقدار حرارت دریافتی از خورشید که به گرمایش ساختمان کمک می کند برابر با ۰۰۰۱ w محاسبه شده است.

ب- بصورت فعال : در این روش که از گردآورهای آب گرم کن خورشیدی استفاده شده است ، با توجه به جمع کل تلفات حرارتی ساختمان و فضای پشت بام ، از تعداد ۲۵ دستگاه کلکتور تخت خورشیدی هریک به ابعاد ۱x۲ متر بهره گیری شده که با توجه به میزان تابش خورشیدی در زمستان و در شهری مثل تهران با میانگین تابش $\mathbf{W/m^2}$ ۵۰۰ در هر ساعت ، حرارت اکتسابی از خورشید برابر با **W** ۵۶۲۵ محاسبه شده است.

بنابراین مجموع انرژی حرارتی دریافتی از خورشید ، بصورت فعال و غیرفعال برابر با **W**۶۶۲۵ محاسبه گردیده است.

۲- جدول (۲) نشان می دهد که تغییر دمای زمستانی در تهران از ($\mathbf{^oC}$ ۵ -) به($\mathbf{^oC}$ ۲-) چگونه حاصل شده است (با میانیابی از آمار هواشناسی از ۷ ایستگاه موجود در تهران ، میانگین دمای خشک زمستانی معادل $\mathbf{^oC}$ ۲- بدست آمده است).

جدول (۲)

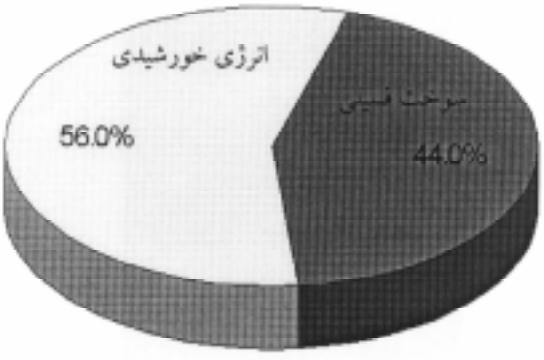
ایستگاههای هواشناسی تهران	سعدآباد	نمایشگاه	پارک شهر	بالایشگاه	نارمک	مهرآباد	دوشان تپه
میانگین دمای خشک زمستانی (^oC)	-۳/۹	-۲/۸	-۱/۸	-۱/۷	-۱/۲	-۱	-۰/۵

۳- نتیجهٔ محاسبات مندرج در جدول (۱) بوسیلهٔ چهار نمودار زیر به تصویر کشیده شده است:

جدول (۱) میزان تلفات حرارتی ساختمان در شرایط (A و B) و منابع تأمین انرژی حرارتی ساختمان

مشخصات	شرایط نامطلوب در اجرای ساختمان (A)	شرایط مطلوب پیشنهادی (B)
دیوارهای خارجی	$(U = ۲/۲\ W/m^{2}{}^{o}C)$ $Q_1 = ۷۷۲۲^{W}$	$(U = ۰/۵\ W/m^{2}{}^{o}C)$ $Q_1 = ۱۷۵۵^{W}$
پنجره‌ها	$(U = ۵/۸\ W/m^{2}{}^{o}C)$ $Q_2 = ۴۶۹۸^{W}$	$(U = ۳\ W/m^{2}{}^{o}C)$ $Q_2 = ۲۴۳۰^{W}$
سقف نهایی	$(U = ۱/۵\ W/m^{2}{}^{o}C)$ $Q_3 = ۸۱۰۰^{W}$	$(U = ۱\ W/m^{2}{}^{o}C)$ $Q_3 = ۳۲۴۰^{W}$
کف نهایی با دمای ۱۰°C	$(U = ۱/۵\ W/m^{2}{}^{o}C)$ $Q_4 = ۳۶۰۰^{W}$	$(U = ۱\ W/m^{2}{}^{o}C)$ $Q_4 = ۲۴۰۰^{W}$
جمع تلفات سطوح	$Q_T = ۲۴۱۲۰^{W}$	$Q_T = ۹۸۲۵^{W}$
تلفات تعویض هوا (فقط ازطریق درزبندی)	$Q_{هوا} = ۸۲۳۵^{W}$	$Q_{هوا} = ۵۴۹۰^{W}$
جمع تلفات سطوح و تعویض هوا	$Q_T = ۳۲۳۵۵^{W}$	$Q_T = ۱۵۳۱۵^{W}$
کاهش تلفات حرارتی با جایگزینی دماهای بهینه در طراحی	——	$Q = ۳۴۰۰^{W}$ کاهش
باقیمانده تلفات کل حرارتی	$Q_T = ۳۲۳۵۵^{W}$	$Q_T = ۱۱۹۱۵^{W}$
استفاده از انرژی خورشیدی جهت کاهش مصرف سوخت ساختمان	——	بصورت غیرفعال $= Q = ۱۰۰۰^{W}$ بصورت فعال $= Q = ۵۶۲۵^{W}$ مجموع انرژی اکتسابی از خورشید $Q = ۶۶۲۵^{W}$
بار حرارتی باقیمانده با تأمین سوختهای فسیلی	$Q_T = ۳۲۳۵۵^{W}$	$Q_T = ۵۲۸۵^{W}$

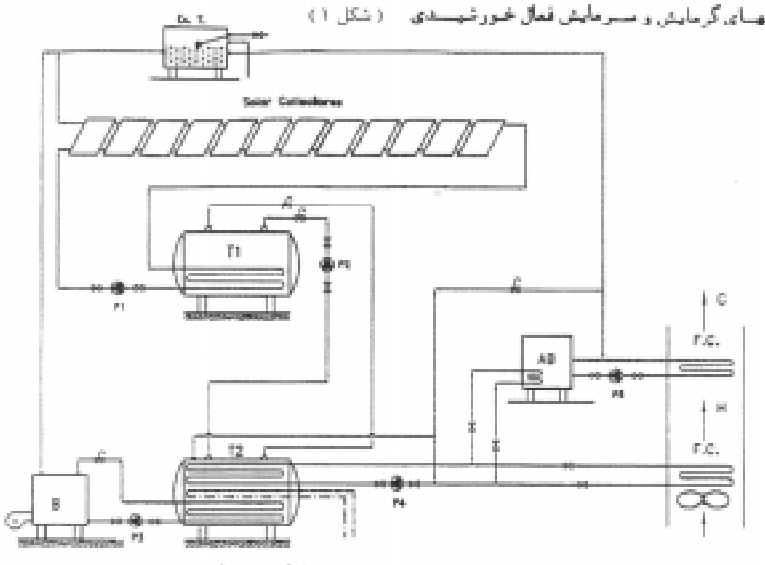
از اهداف تحریر این مقاله ، در طراحی و محاسبات تلفات حرارتی و برودتی و روشهای بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش و سرمایش ساختمان ، چند نکته قابل توجه عبارتند از :



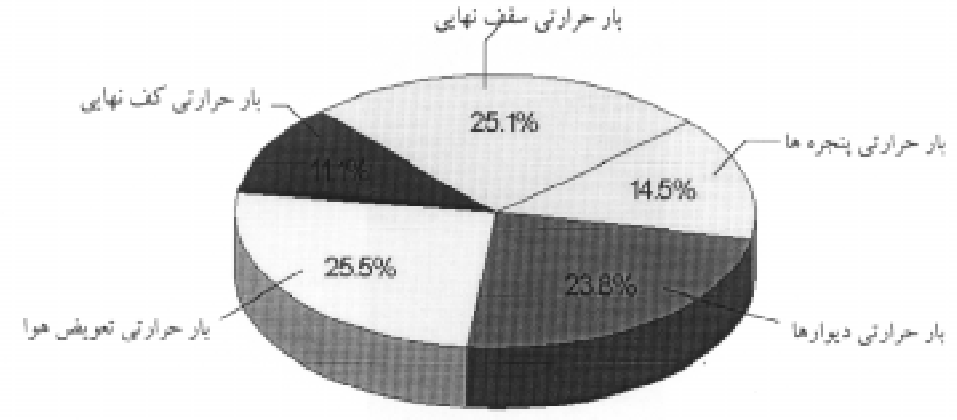
نمودار (٤) – سهم انرژی خورشیدی و سوختهای فسیلی از مجموع بارهای حرارتی بهینه شده ساختمان.

۴- محاسبات تلفات برودتی ساختمان در تابستان با توجه به تغییر ساختار سطوح و میزان تعویض هوا در ساختمان ، کم و بیش مشابه تلفات حرارتی ساختمان در زمستان (جدول ۱) می باشد. با این تفاوت که دمای هوای داخل در تابستان در حدود($25\ ^{o}C$) قابل تحمل بوده و میانگین دمای هوای خارج نیز برای شهر تهران در تابستان برابر با ($36\ ^{o}C$)تعیین شده است.

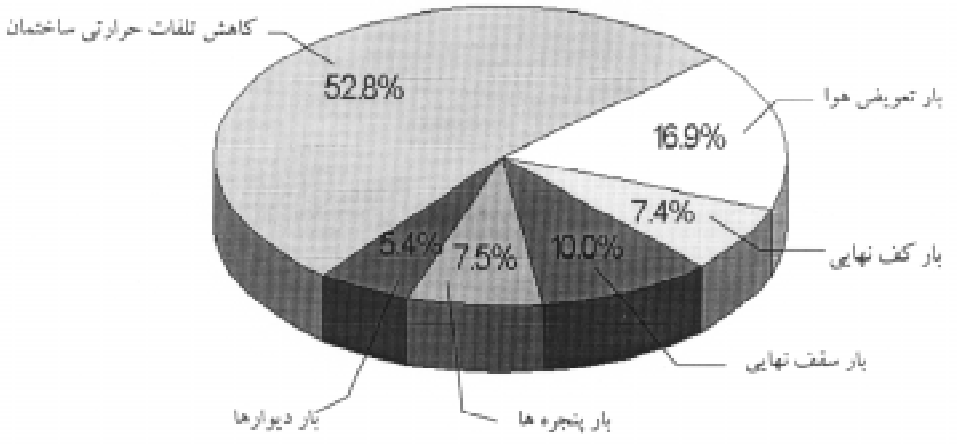
مطلبی که قابل توجه است استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای گرمایش و سرمایش ساختمان می باشد که شکل زیر طرح کامل لوله کشی و اتصال کلکتورهای خورشیدی و مخازن ذخیره و دستگاه چیلر جذبی و دیگ کمکی با سیستم فن کویل را نشان می دهد.



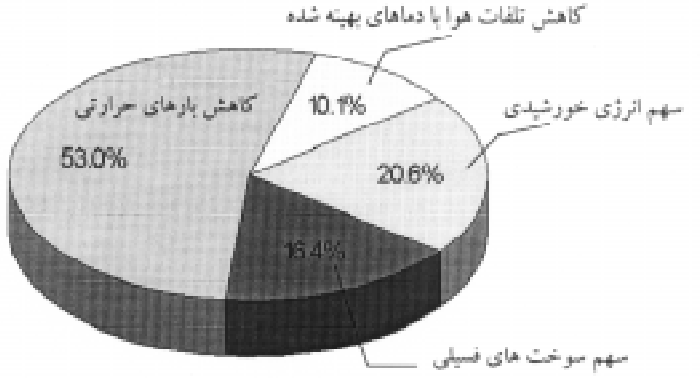
طرح کامل لوله کشی واتصال کلکتورهای خورشیدی و مخازن ذخیره آبگرم و دیگ کمکی با فن کویلها و منبع انبساط



نمودار (۱) - تلفات حرارتی سطوح مختلف و تعویض هوا را در شرایط (A) نشان می دهد.



نمودار (۲) - بارهای حرارتی ساختمان و میزان کاهش تلفات را با اعمال شرایط بهینه سازی مصرف، در شرایط (B) نشان می دهد.



نمودار (۳) - شاخص تأمین تلفات حرارتی ساختمان با کاهش بارها و استفاده از انرژی خورشیدی.

توجه شود که در این طرح از تعدادی کلکتور خورشیدی، از دو مخزن ذخیره هزار لیتری و یک آب گرم کن گازسوز کمکی برای ایام شب و روزهای ابری، استفاده شده است. در فصل تابستان نیز یک سیستم تبرید جذبی با دریافت آبگرم خورشیدی فعال شده و آب سرد مورد نیاز فن کویلها را جهت سردکردن هوای داخل ساختمان تهیه می نماید.

REFERENCE:

۱- AZAD. E and HADJI SAGHATI, "The Thermal Performance of Mass Production Solar Collector", 2nd World Renewable Energy Congress, Reading, UK, P. ۸۷۰-۸۷۴ (۱۹۹۲).

۲- "کتاب اصول مدیریت انرژی"، مؤلف: کرگ. بی. اسمیت - مترجمین: شهناز صادقی، مهرداد طباطبائی، داریوش ساعدی - ویراستار: محمدحسین منصورجاه - ناشر: نشر دانشگاه سازمان بهره وری انرژی ایران، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو (۱۳۷۶).