

خانه های فوق عایق کاری شده فرابهینه

دکتر محمد تقی رضائی حریری - دانشیار دانشگاه تهران
احدا... اعظمی - دانشجوی سال آخر رشته معماری

ضوابط عایق بندی حرارتی نوشته شده در سال ۱۳۶۸، در سال ۱۳۷۰ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید. در فروردین سال ۱۳۸۲ با زحمات فراوان و پی گیری های همه جانبه دست اندرکاران صرفه جوئی در مصرف انرژی بصورت اجباری در بعضی از مناطق شهرداری های تهران و شهرهای بزرگ و مراکز استانها و در کلیه ساختمان های دولتی چه ساختمانهای عمومی و چه ساختمانهای مسکونی که دولت در آن سرمایه گذاری می نماید اجباری شد و این موضوع بعلت محدودیت منابع انرژی و رشد مصرف انرژی در دهه گذشته و چشم انداز مسائل تهیه انرژی در آینده بود.

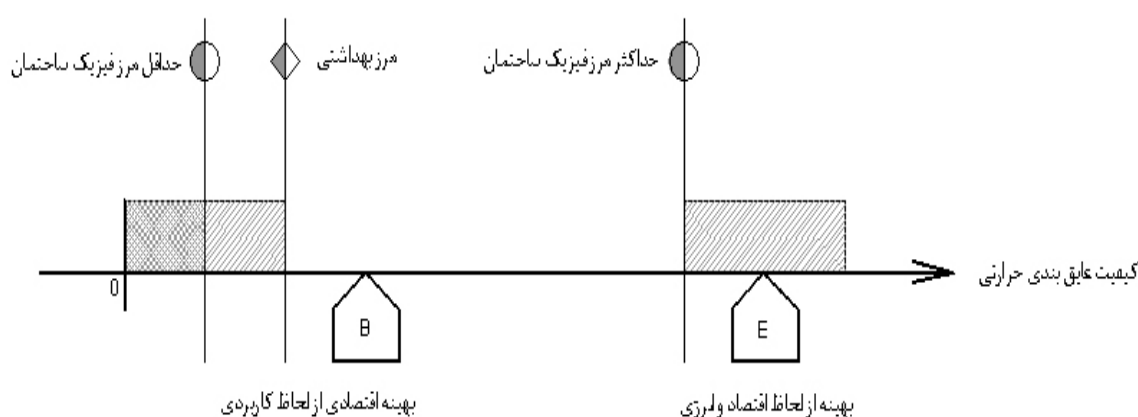
بهر حال موضوع صرفه جوئی در مصرف انرژی در ساختمانها بعد از شوک سالهای ۱۹۷۳ در اروپا پا گرفت و در این رابطه دانشمندان و دست اندرکاران بسیاری از جهات مختلف موضوع را بررسی و تجزیه و تحلیل نموده اند و اینگونه نتیجه گیری کردند که :

جهت صرفه جوئی در مصرف انرژی می بایستی از انرژی تابشی خورشید از طریق عناصر شفاف ساختمانی (پنجره ها) استفاده نمود و از اتلاف آن جلوگیری کرد.

پایه استفاده از انرژی خورشیدی در واقع عایق بندی حرارتی پوسته خارجی ساختمان میباشد. بعلت اینکه در حال حاضر فقط از ۱۰ درصد تابش خورشید می توانیم استفاده کنیم ، لذا جهت نگهداری انرژی خورشیدی در داخل ساختمان که باعث صرفه جوئی در مصرف سوخت می شود می بایستی ساختمانها را عایق بندی حرارتی نمائیم . متاسفانه در کشور ما امکانات تجزیه و تحلیل بعلت بها ندادن به تحقیقات در کشور آمار دقیقی از مصرف انرژی در ساختمان های موجود وجود ندارد و اطلاعات کمی هم که در بعضی موارد بدست می آید تجزیه و تحلیل نشده است . بنابراین لازم است با اطلاعاتی از ساختمانهای اروپائی هرچند در بعضی موارد با آب و هوای ایران متفاوت می باشد آشنا شده و در کل از روش های عمل شده در اروپا الگو گرفته و روش ها را با اقلیم کشورمان بطور صحیحی بکار گرفت.

عایق بندی حرارتی در اصل دارای سه مرز می باشد:

- ۱- عایق بندی با توجه به آسایش انسان که مرز بهداشتی آنرا تعیین می نماید.
- ۲- عایق بندی با توجه به اتلاف حرارتی عناصر ساختمانی که مرز فیزیکی آنرا تعریف می نماید.
- ۳- عایق بندی با توجه به هزینه های عایق بندی و استهلاک آن در زمانی مناسب که آخرین مرز را بخود اختصاص می دهد که بعلت شناور بودن نرخ انرژی مرز اقتصادی نیز شناور می گردد.



دیاگرام بهینه انرژی از لحاظ مرز فیزیکی ساختمان و مرز بهداشتی ، مرز اقتصادی انرژی فرا فیزیکی و بهداشتی می باشد .

در ساختمان های معمولی که بدون عایق بندی حرارتی می باشند بعلت اینکه پوسته خارجی ساختمان مقاومتی در برابر اتلاف انرژی ندارد جهت تنظیم شرایط داخل ساختمان چه از نظر گرمایشی و چه از نظر سرمایشی محکوم به مصرف انرژی فراوانی می باشیم . با عایق بندی حرارتی طبق آئین نامه موجود تقریباً می توانیم مصرف انرژی رابه مرز مصرف بهینه برسانیم . در صورتیکه در دراز مدت که هزینه مصرف انرژی در جهان و مخصوصاً در کشورمان متحول خواهد شد . بهتر است با راهی که در حال حاضر کشورهای پیشرفته در رابطه با مصرف انرژی و عایق بندی حرارتی میروند و آن عایق بندی فرا بهینه ای (Super heat insulation) ساختمان می باشد آشنا شویم .

با توجه به تعاریف در هر زمان می توان عایق بندی بهینه را با در نظر گرفتن اقتصاد روز انجام داد. ولی اگر به آینده دور فکر نمائیم و اقتصاد را در بلند مدت در نظر بگیریم مرز اقتصادی قابل جابجائی خواهد بود. همچنان که کشورهای اروپائی با در نظر گرفتن هزینه سوخت در جهت عایق بندی فرا بهینه ای پیش می روند برای شناخت ، بهتر است با سابقه عایق بندی حرارتی در اروپا آشنا شویم :

عایق بندی حرارتی در اروپا در سال ۱۹۸۰ اجباری گردید و آئین نامه های مختلفی در رابطه با ضرایب انتقال حرارتی عناصر مختلف ساختمانی بشرح ذیل در نظر گرفته شد.

- سقف $\{ W/m^2 K \}$ $U=1.0$
- دیوار خارجی $\{ W/m^2 K \}$ $U=1.1$
- پنجره $\{ W/m^2 K \}$ $U=3.0$
- سقف و دیوارهای زیر زمین در مجاورت فضاها کنترل نشده $U=1.2 \{ W/m^2 K \}$
- دفعات تعویض هوا در ساعت $N=0.5$
- گرمای داخل ساختمان در رابطه با انسان و وسائل آن 125 kwh نفر
- مصرف انرژی و فرآورده انرژی از طریق تابش خورشید بر اساس آئین نامه هائی که در سال ۱۹۸۲ ارائه شده محاسبه گردید. جهت مقایسه و تجزیه و تحلیل ساختمانهای مختلف با پنجره هائی که در جهات مختلف ساختمان تعبیه شده بود ساختمانی بدون پنجره بعنوان ساختمان مرجع در نظر گرفته شد و محاسبات مربوط به مصرف انرژی در ساختمانهای مختلف با ساختمان مرجع مورد مقایسه قرار گرفت .
- ساختمان های موجود با توجه به سالهای ساخت آنها طبقه بندی شدند:
- ساختمانهای قبل از سال ۱۹۴۵ با 0.14 متر مربع پنجره به ازاء هر متر مربع مفید ساختمان .
- ساختمانهای بعد از سال ۱۹۴۵ با 0.16 متر مربع پنجره به ازاء هر متر مربع مفید ساختمان .
- مصرف خالص انرژی از تفاضل مقدار انرژی که از طریق تابش خورشید از پنجره ها و مقدار انرژی که از طریق دستگاه های گرمایشی مصرف می شد محاسبه گردید و با انرژی مصرفی ساختمان بدون پنجره (ساختمان مرجع) مقایسه گردید.
- ساختمان دو طبقه با دو واحد مسکونی و عایق بندی کم با پنجره هائی که در جهات مختلف جغرافیائی طراحی شده و دارای شیشه معمولی و یک جداره می باشند.
- تابش خورشید از طریق پنجره ها حداکثر قسمتی از اتلاف حرارتی از طریق شیشه های یک جداره را جبران می نماید. (حدوداً 2.2 Mwh تا 2.0 در سال) که در مقایسه با ساختمان مرجع مزیتی را نشان نمی دهد. ضمناً می بایستی عملکرد شیشه معمولی و یک جداره که در تابستان باعث گرم شدن فضای داخل ساختمان می شود را نیز در نظر گرفت .
- همان ساختمان با شیشه های دو جداره مقاوم در برابر هدایت حرارتی (با ضریب هدایت کمتر) می تواند در زمستان قسمت اعظم پرت حرارتی از طریق پنجره ها را جبران نماید. $(1) \sim Tw$
- $Q 420 \text{ kWh.a}$ که در واقع تقریباً 1.8 Mwh در سال صرفه جوئی مصرف انرژی شده است.
- همان ساختمان با عایق حرارتی فرا بهینه ای (Super heat insulation):
- مقداری انرژی کسب شده از طریق پنجره ها با شیشه های دو جداره نه فقط پرت حرارتی از طریق پنجره ها را جبران می نماید $(1) \sim Tw$ بلکه 0.75 MWh.a (مگاوات ساعت در

سال) بهره وری از تابش خورشید را دارا می باشد و در واقع بعلت عایق بندی فرابehینه ای بهره وری از انرژی تابشی خورشید حدوداً $24/5$ در صد مصرف خالص انرژی را صرفه جوئی می نماید. در هر سه حالت مثال های بالا مقدار انرژی تابشی خورشید تقریباً یکسان بوده و معادل $2/3$ تا $2/2$ مگا وات ساعت در سال می باشد ولی فقط در خانه ای که باعایق بندی فرا بهینه ای پیش بینی شده باعث صرفه جوئی در مصرف انرژی می گردد. حال در صورتیکه پنجره های اصلی همان ساختمان در جبهه جنوبی طراحی شده و نمای اصلی نیز بطرف جنوب باشد :

- ساختمان با عایق حرارتی معمولی و پنجره هائی با شیشه یک جداره : انرژی تابشی خورشید در فصل زمستان می تواند جبران پرت حرارتی از طریق پنجره ها را بنماید ($2,1$ مگاوات ساعت در سال) و مقداری ناچیزی در مصرف سوخت صرفه جوئی نماید (460 کیلو وات ساعت در سال) مقدار بهروری خالص از انرژی تابش ($+0.46$ مگاوات ساعت در سال)
- ساختمان با عایق حرارتی معمولی ، نمای اصلی در جبهه جنوبی با شیشه دو جداره . ضمن جبران پرت حرارتی از طریق پنجره ها بمقدار (580 کیلووات ساعت در سال) صرفه جوئی در مصرف سوخت و بهروری خالص از انرژی تابش خورشید 1.98 مگا وات ساعت در سال.
- ساختمان با عایق فرا بهینه انرژی تابش خورشید نه فقط جبران پرت حرارت از طریق پنجره ها را می نماید (1.5 مگاوات ساعت در سال)، بلکه صرفه جوئی قابل لمسی در مصرف انرژی خواهند داشت. بهروری خالص از انرژی تابشی خورشید 1.04 مگا وات ساعت در سال همانطورکه از مثال های فوق قابل برداشت است با عایق بندی فرا بهینه ای نه فقط آسایش مرز بهداشتی و خواسته های مرز فیزیک ساختمان بر آورد می شود بلکه با اقتصادی که در بلند مدت متحول خواهد شد می توان در مصرف انرژی صرفه جوئی کرد. جدول شماره (۱)

بهروری از انرژی تابش خورشیدی جهت کاهش مصرف سوخت در ساختمان های یک یا دو طبقه در رابطه با عایق بندی حرارتی ساختمان

با اطلاعاتی که در روند عایق بندی حرارتی اروپا از عایق بندی معمولی تا عایق بندی بهینه و از آن تا عایق بندی حرارتی فرا بهینه ای داده شد می توان با تحلیلی کوتاه در رابطه با عایق بندی فرا بهینه ای در ایران صحبت کرده مثالی آورد:

- خانه ای در تهران محله صادقیه یک طبقه 300 متر مربعی با دو واحد مسکونی بزبان عامیانه معمار ساز . مصالح عبارتند از: سقف طاق ضربی ، دیوارها آجر سفال ، پنجره ها آهنی با شیشه یک جداره ، بدون زیر زمین .

- این بنا ابتدا بدون عایق بندی حرارتی محاسبه شده و بار حرارتی یا توان حرارتی آن بر حسب یک متر مربع و یک درجه سانتیگراد در واحد زمان معادل $7.565 [W/m^2 \text{ K}]$ می باشد. (جدول شماره ۲)
- در صورتیکه ساختمان مذکور را طبق آئین نامه مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان عایق بندی حرارتی بهینه نمائیم بار حرارتی یا توان حرارتی آن بر حسب متر مربع مفید ساختمان و یک درجه سانتیگراد در واحد زمان معادل $3.533 [W/m^2 \text{ K}]$ خواهد شد و این مقدار ۵۴ درصد صرفه جوئی در مصرف سوخت را نشان می دهد.

جدول شماره (۱)

عایق حرارتی		جهت پنجره ها		بهره وری گرمایشی مگا وات ساعت در سال		در صد بهره وری انرژی تابشی ناخالص خالص	
معمولی $U_{opak} = 1.0 [w/m^2 \cdot K]$ $U_{transp.} = 3.0$		در هر چهار جهت		2.3	0-0.2	10%	--
معمولی		جنوبی		2.5	0.5	11%	2%
معمولی با شیشه های دو جداره		در هر چهار جهت		2.3	1.8	10.5%	8.4%
معمولی با شیشه های دو جداره		جنوبی		2.6	2.0	12%	9.3%
فرا بهینه ای $U_{opak} = 0.3 [w/m^2 \cdot K]$ $U_{transp.} = 1.6$		در هر چهار جهت		2.3	0.7	24.5%	9%
فرا بهینه ای $U_{opak} = 0.3 [w/m^2 \cdot K]$ $U_{transp.} = 1.6$ “		جنوبی		2.6	1.0	27.7%	13.2%

حال اگر ساختمان مذکور را به صورت فرابهبینه عایق بند حرارتی نمائیم بار حرارتی یا توان حرارتی آن بر حسب متر مربع مفید ساختمان و یک درجه سانتیگراد در واحد زمان بالغ بر $1.647 [W/m^2 \text{ K}]$ خواهد بود که نسبت به عایق بندی حرارتی ۵۳/۴ درصد و نسبت به حالت بدون عایق که بیشتر ساختمانهای

کشورمان نه فقط این حالت را دارا می باشند بلکه در بیشتر موارد بار حرارتی بالاتری را نشان خواهند داد حدوداً ۷۸ در صد صرفه جوئی در مصرف سوخت را بیان می نماید.

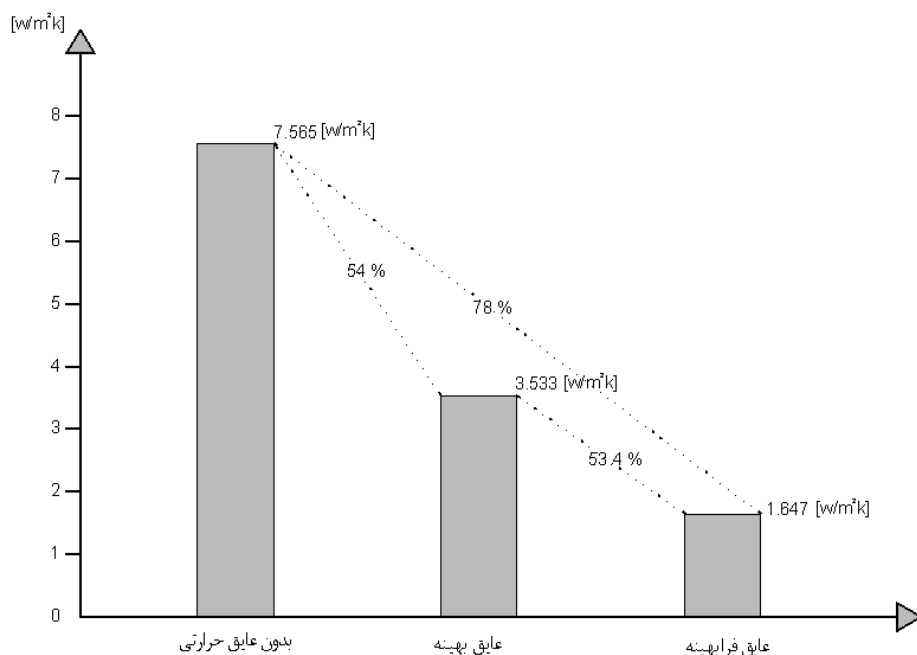
جدول شماره ۲

عناصر ساختمانی	$U[W/m^2K]$ بدون عایق	$U[W/m^2 K]$ بهینه	$U[W/m^2 K]$ با عایق فرا بهینه ای	$p[W/m^2 K]$ بدون عایق	$p[W/m^2 K]$ بهینه	$p[W/m^2 K]$ فرا بهینه ای
سقف نهائی	1.541	0.366	0.16	1.565	0.368	0.16
دیوار خارجی	1.96	0.56	0.2	0.45	0.18	0.04
در چوبی	2.22	---	---	0.03	0.03	0.03
درو پنجره فلزی	5.24	2.92	1.60	1.20	0.67	0.36
کف مجاور خاک	1.3	0.785	0.3	1.17	0.71	0.27
انرژی انتقالی						
انرژی انتقالی توسط هوا						
بار حرارتی (توان حرارتی)						
				7.565	3.533	1.647
				3.15	1.575	0.7871
				4.415	1.958	0.86

بنابر تجربه و آزمایش های به عمل آمده حدوداً 40-42 در صد از انرژی گرمایشی ساختمان از درز درها و پنجره ها به هدر می رود بهمین جهت در ساختمان صادقیه ساختار پنجره از مواد پتروشیمی با درز بندی مناسب و شیشه دو جداره و دفعات تعویض هوا با کنترل کیفیت 0.75 دفعه در ساعت منظور شده و برای عایق بندی حرارتی سقف ها و درز درهای خارجی عایق حرارتی ب ضخامت ۱۷-۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شده است .

در جهان امروز ساخت و ساز بطرف سبک سازی و خشک سازی در حرکت است و در روش عایق کاری فرا بهینه ای بعلاضخامت زیاد عایق حرارتی می توان از دیوارهای خارجی سنگین صرف نظر کرد و با جزئیات قابل قبول دیوارهای خارجی را با روش های دیوارهای سبک اجرا نمود که هم سازه ساختمان

اقتصادی تر شده و هم زمان ساخت بسیار کوتاه تر خواهد بود و تاثیر مطلوبی در مقاومت ساختمان در مقابل خطرات زلزله خواهد داشت.



نتیجه‌گیری:

شاید منطقی‌ترین برداشتی که از اعداد فوق‌الذکر بدست می‌آید این باشد :

- راهی که امروز بهتر می‌نماید این است که به جای آنکه سرمایه و اراده ملی را در جهت عایق‌بندی بهینه، یعنی راهی که ۲۰ سال پیش کشورهای پیشرفته جهت جلوگیری از اتلاف سرمایه‌ها ملی پیموده‌اند را الگو قرار دهیم، بایستی سیر حرکتی را تسریع کرده و جهت‌گیری خود را به طرف عایق‌بندی فرا بهینه‌ای قرار دهیم تا بدینوسیله اتلاف هزینه، سرمایه، زمان اجراء و زمان بر طرف کردن احتیاجات جامعه در آن به حداقل ممکن رسیده، هم از اتلاف منابع و سرمایه در آینده جلوگیری کرده و هم جبران هزینه‌های مافات گذشته را به جهت عدم توجه به عایق‌بندی حرارتی نموده با تکنولوژی امروز جهان ساخت و ساز را ادامه داده و کارآفرینی برای جوانان جامعه بنمائیم.

منابع:

- ۱- تز دکترای مولف، ۱۳۸۲
- ۲- مقاله‌ارایه شده در کنفرانس بین‌المللی انرژی خورشیدی، اتریش، ۱۳۸۲
- ۳- پیش‌نویس عایق‌بندی حرارتی، مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۶۸