

نقش عایق‌های حرارتی و معماری ساختمان در مصرف بهینه انرژی

ریحانه پیمان دانشجوی مهندسی عمران دانشگاه بین‌المللی امام
معصومه پیمان دانشجوی دوره دکتری دانشگاه علوم تحقیقات تهران

چکیده

- هزینه‌های بالای انرژی در دهه گذشته، فعالیت‌های وسیعی را در زمینه استفاده مؤثرتر از انرژی، برانگیخته است که این مهم خود همزمان با تحولات شگرفی در علوم مهندسی و صنعت ساختمان سازی همراه می‌باشد، از اینرو مصرف انرژی در دو دهه اخیر، دوران رونق عایقکاری نامیده شده است دانش مصرف عایق‌های حرارتی به بیش از نیم قرن گذشته بر می‌گردد، تا آنجا که کشورهای صنعتی و اروپایی در این زمینه به نتایج جالب توجهی در ساختمانها دست یافته‌اند.

- این مسأله بقدری قابل اهمیت است که کشور آلمان، با شروع فعالیت‌های رسمی اجرای عایقکاری از سال ۱۹۶۹ میلادی، در هر ۵ سال تغییراتی به منظور هماهنگی با تکنولوژی جدید در آن صورت می‌پذیرد. در این مقاله سعی بر آن شده است که با معرفی عایق‌های حرارتی عصر امروز در صنعت ساخت و ساز، در کنار بررسی گام‌های آغازین طراحی حرارتی سازه و با عنایت بر معماری ساختمان در اقلیم‌های مختلف کشورمان، باری دیگر بر تدوین و اجرای قوانین، به جهت دستیابی بر بهینه‌سازی مصرف انرژی بالاخص در صنعت ساختمان سازی تأکید گردد.

واژه‌های کلیدی: انرژی / عایق حرارتی / معماری / اقتصاد

۱-مقدمه

گرانی سوخت و لزوم صرفه‌جویی در انرژی، تفکر استفاده بهینه از آنرا که ثروتی ملی برای هر کشوری محسوب می‌شود مهم‌تر از گذشته جلوه می‌دهد. لذا در صنعت ساختمان سازی، یک سازه در عین اقتصادی بودن باید به گونه‌ای طراحی شود که مصرف انرژی در آن کاهش یابد.

انواع انرژی مصرفی در ساختمان به طور عمده ای برای مقاصد هم‌چون گرمایش و سرمایش هوا ، روشنایی ، تهویه و ... صورت می پذیرد .

-اما صرفه جویی در انرژی مصرفی ساختمانها بر دو اساس استوار می باشد:

اولا استفاده حداکثر از انرژی مصرف شده با طراحی تأسیسات مکانیکی و برقی که اتلاف را به حداقل رساند . دوما رعایت قواعدی در طراحی و اجرای سازه و انتخاب مصالح مصرفی مناسب .

و از آنجاکه در یک ساختمان مصرف انرژی، بیشترین هزینه را در بر می گیرد ، مسأله انرژی را نمی توان به سادگی نادیده گرفت . چرا که منشأ خدمات اساسی مانند : آسایش حرارتی ، نور رسانی ، پخت و پز ، خنک سازی و تهویه ... می باشد .

- در این مقاله با توجه به گسترش صنعت ساخت و ساز ، در کنار معرفی عایق های پوششی ساختمان و متدهای کاهش اتلاف انرژی ، سعی بر آن شده که بر اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی بالاخص با افزایش بی رویه مصرف منابع سوختی در کشور باری دیگر تأکید گردد .

۲-عایقکاری حرارتی

در عصر امروز ، عایقکاری اعم از حرارتی و برودتی ، جایگاه ویژه ای در ساختمان سازی به خود اختصاص داده است و تولید و مصرف را اجتناب ناپذیر می باشد .

به گونه ایکه در آلمان ، اجرای عایق کاری از سال ۱۹۶۹ میلادی شروع شد و هر ۵ سال نیز تغییراتی طبق هماهنگی با تکنولوژی جدید در آن صورت می پذیرد .

از اینرو این مقاله به بیان نقش مؤثر عایق های حرارتی در ساختمان ها از قرار ذیل می پردازد :

معرفی چند نمونه عایق های ساختمانی :

۱-پشم شیشه :

الیاف بدست آمده از شیشه ذوب شده و به صورت تخته پتو ، با مقاومتی در حدود $R=3$ برای هر اینچ ضخامت .

۲-الیاف سلولزی (Cellulose Fiber) :

این الیاف از خمیر چوب و مقوا با کمک ترکیب شیمیایی مقاوم در مقابل آب و آتش ساخته شده است . این الیاف در مقایسه با پشم شیشه ، مقاومتی مشابه دارد، ولی پس از مدتی فاسد شده و مقاومت خود را از دست می دهد .

۳-کف پلی اورتان :

کاربرد بیشتر آن در میان دیوارهای دوجداره می باشد ، که دارای مقاومتی بیش از $R=5$ در هر اینچ ضخامت است .

۴-پارتیکل برد (Particle Board) :

از الیاف چوبی ساخته شده و بیشتر برای جلوگیری از نفوذ صدا مناسب می باشد و دارای مقاومتی برابر با $R=2.6$ در هر اینچ است .

۵- کف اورفورمال رهاید (Urea-Formaldehy Foom) :

این نوع عایق نیز کف مانند است و قابل اشتعال نیست و برای فاصله بین جداره ها بکار رفته و دارای مقاومتی برابر با $R=5.5$ در هر اینچ است .

- نکته مهم در کاربرد عایقها :

در صورتیکه عایقها تحت فشار قرار گیرند ، مقداری از خاصیت خود را از دست می دهند .
وجود رطوبت و نفوذ آب در عایقها ، تا حدودی مقاومت آنها را از بین می برد .

۳- گام های اولیه طراحی حرارتی ساختمان ها :

الف) راههای تبادل گرما :

در محاسبات گرمایش و سرمایش ساختمانها باید راههای تبادل گرما همچون باز و بسته کردن در و پنجره و عمل تهویه ، هدایت حرارت از میان جداره ها یعنی سقف ها ، دیواره های خارجی و بالاخره کف طبقه همکف و ... مد نظر محاسب قرار گیرد .

ب) تعیین نوع مصالح عایق حرارتی :

میزان عایق حرارتی بستگی به مقاومت حرارتی مصالح به کار رفته در جدار ساختمان و میزان رطوبت و وزن مخصوص آنها دارد .

- همچنین در سطوح داخلی و خارجی ، مقاومت حرارتی آن مطابق جداول زیر رعایت گردد :

دیوارها	۰/ ۱۲
کفها: جریان گرما بطرف پایین	۰/۱۵
سقفها: جریان گرما به طرف بالا	۰/۱۱

جدول ۱: مقاومت سطحی بر حسب مترمربع درجه سانتیگراد بر وات مقاومت های سطوح داخلی

انتشار سطحی (۱)	معمولی (درصد)	شدید (درصد)
دیوارها : زیاد	۵۳	۲۷
کم	۶۲	۲۷
بامها: زیاد	۴۴	۱۸
کم	۵۳	۱۸

جدول ۲: مقاومت سطوح خارجی

ج) میزان عایقکاری :

میزان عایقکاری بنا به اقلیم‌های متفاوت متغیر بوده و بستگی به درجه حرارت محیط خارج ساختمان دارد. با توجه به اینکه (U) یا (Thermal Transmittance) = میزان انتقال حرارت - میزان گرمایی است که از میان واحد سطح ساختمان عبور می کند به شرطی که اختلاف درجه حرارت بین داخل و خارج یک درجه سانتی گراد باشد .

لذا در بیشتر کشورها رعایت مقادیر U که در کدهای ساختمانی هر کشور برای سقف ها و دیوارها و کف ها تعیین شده است، برای سازندگان اجباری می باشد .

-نکاتی اساسی در انتخاب مصالح به منظور حصول مقادیر U :**۱) عایقکاری رطوبت :**

در نواحی مرطوب به علت آنکه تعریق بخار آب در مصالح باعث کاهش کارایی شده، عایق بخار باید در سمت گرم حفره بکار رود .

۲) سیاهی و دود زدگی :

به منظور جلوگیری از رسوب گرد و خاک و سیاهی در نوحی مجاور تیرآهن سقف، معمولا مصالحی با مقدار U مساوی به کار می برند .

۳) خطر آتش سوزی :

از آنجا که تمام قسمتهای داخلی ساختمان باید در مقابل حریق مقاومت کافی داشته باشد، از این رو سعی می شود که سطح بعضی مصالح را با موادی که در اشتعال آنها تأخیر ایجاد می کند، پوشانید. تا خطر جدی در آتش سوزی نداشته باشد، که از جمله مصالح عایق حرارتی در صنعت ساختمان سازی

-بتن سبک که شامل انواع زیر می باشد :

بتون گازی مانند سیپوریکس ، ایتونگ و ...

بتون با دانه های سبک مانند لیکا و کلینکر و ...

بتون کفی

بتون بدون ریزدانه

۴-پیشنهاد روشهایی در عایقکاری حرارت ساختمان :**۱-طبقه همکف :**

در کف طبقه همکف معمولا بتون ریزی بر روی قلوه سنگ انجام می گیرد و این روش عایق خوبی برای کف بوده و احتیاج به عایق اضافی ندارد. به جز مواردی که دیوار عایق شده، در اطراف ساخته شده

باشد عایقکاری کف در کناره‌ها الزامی است. حتی در مواردیکه گرم شدن ساختمان از طریق کف انجام شود بهتر است کفها را عایق کرد و ترجیحا عایق حرارتی روی عایق رطوبتی انجام گیرد.

۲- کفهای معلق :

سقف طبقه هم کف که برای طبقه اول کف معلق محسوب می‌شود، چنانچه به هوای سرد راه داشته باشد (مانند سقف پارکینگ) باید عایقکاری حرارتی انجام شود. در نواحی مرطوب بهتر است عایق راه تنفس داشته باشد تا از پوسیدگی آن جلوگیری بعمل آید.

۳- دیوارهای خارجی :

استفاده از دیوارهای حفره دار (Cavity Walls) یا دو لایه آجر چینی یا با یک لایه آجر چینی در خارج و یک لایه بلوک از بتن سبک در داخل مقاومت حرارتی خوبی را ارائه می‌دهد. البته باید دقت کرد چون کفایت عایق در صورت مرطوب شدن کاهش می‌یابد لذا عایقکاری باید پس از خشک شدن کامل دیوارها انجام شود.

۴- پنجره‌ها :

گرما از میان شیشه خیلی سریعتر از کف طبقه همکف که مجاور زمین است عبور می‌کند. لذا پنجره‌های یک شیشه‌ای از نظر عایق بودن حرارتی ضعیف هستند. پس شیشه موجب اتلاف حرارت می‌شود از این رو پنجره‌های ویژه‌ای در ساختمانها طراحی می‌شود. بطور نمونه پنجره‌های دو شیشه‌ای از نظر عایق بودن در مقایسه با پنجره‌های یک شیشه‌ای با نیمی از اتلاف گرما روبرو هستند، ولی از لحاظ اقتصادی در سازه‌های معمولی به صرفه نمی‌باشد.

۵- بامها :

بامهای شیب دار که با شیروانی آهن سفید یا سیمان پوشیده می‌شوند، در فضای زیر خود می‌توانند یک عایق ضد پوسیدگی داشته باشند که بصورت یکپارچه باید روی تیرچه‌های سقف محکم شود در ساختمانهای صنعتی عایقها را می‌توان زیر تیرچه‌ها یا روی آنها بکار برد. تا از دید معماری بهتری برخوردار باشد.

- معرفی دیوار دوجداره در عایقکاری حرارتی ساختمان :

در دیوارهای دوجداره، دو جدار که یا فضای بین آنها خالی است یا بوسیله عایق پر شده و از یکدیگر جدا شده‌اند با بست‌های مقاوم فولادی به هم متصل شده و جدار داخلی این دیوارها با آجر یا سفال و جدا خارجی آنها اکثرا با آجرهای ساده یا مجوف ساخته می‌شوند.

فاصله بین دو دیوار که می‌تواند محل نصب عایق حرارتی باشد حداکثر ۱۱ سانتی متر است . طبق آئین نامه (ANSIA47.1) تنش های فشاری مجاز در دیواره های دو جداره در جدول زیر آورده شده است :

تنش مجاز (کیلو گرم بر سانتیمتر مربع)	نوع مصالح
۷/۶ ۵/۵	مصالح بنایی توپر مقاومت بیش از ۱۷۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع مقاومت بین ۱۰۵ تا ۱۷۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
۳/۸	مصالح تو خالی

جدول ۳: تنش های فشاری مجاز در دیوارهای دو جداره

- اما اگر تنش های ایجاد شده در دیوار، از مقادیر جدول فوق بیشتر باشد طراح می تواند جدار داخلی را بعنوان دیوار باربر محاسبه کند و جدار خارجی را بعنوان محافظ بکار برد .
- عملکرد ساخت دیوار دو جداره :
- مهمترین اصل در ساخت دیواره دوجداره تمیز نگهداشتن فضای خالی بین دو جدار و محل عایق است چراکه اگر تکه هایی از ملات به داخل فضای خالی ریخته شود، باعث گرفتگی سوراخ آبرو و ایجاد مشکل در عملکرد عایق حرارتی می شود .
- نکته ای دیگر در ساخت اینکه باید از مرطوب یا خیس شدن عایق‌های حرارتی نفوذ پذیر جلوگیری شود لذا بهتر است لایه عایق حرارتی، به جدار داخلی دیوار چسبانده شود .

- معرفی عایق بندی حرارتی سقف :

- به دوروش عایق‌بندی حرارتی سقف امکانپذیر است.
- روش اول اینکه، عایق روی سقف قرار داده شود و کف سازی مناسب بر روی عایق انجام شود.
- روش دوم اینکه، عایق حرارتی از طرف داخل به زیر سقف چسبیده شود .
- در روش اول باید دقت داشت که عایق حرارتی حتما صلب بوده و قابلیت تحمل بار فشاری ۵۰۰ کیلوگرم بر متر مربع را بدون تراکم داشته باشد در این روش هیچگونه اتصالی بین عایق و سقف ضروری نبوده فقط بستر نسبتا همواری لازم است .

اما در روش دوم، گذاشتن لایه عایق حرارتی بر روی لایه عایق رطوبتی که بیشتر برای عایق بندی ساختمانها پیشنهاد می شود قابل قبول می باشد. در اینجا نیز باید عایق حرارتی از نوع صلب و حتما از نوع غیر قابل نفوذ در رطوبت (مانند یونولیت) باشد.

عایق بندی سقف کاذب :

نصب عایق در سیستمهای سقف کاذب آسانتر می باشد بطوریکه عایق می تواند فضای بین سقف کاذب و سقف باربر را اشغال نماید. در این روش هم وجود لایه عایق رطوبتی در سطح طرف داخلی عایق حرارتی الزامی می باشد (در صورت پذیرش مقاله تصاویری از تسهیلات عایقکاری ساختمانها و نحوه اجرای عملیات آن متعاقبا ارسال خواهد شد).

۵- ضوابط معماری ساختمان در مناطق اقلیمی کشور در کاهش اتلاف انرژی :

- مناطق مختلف ایران بر حسب شباهتهای کلی اقلیمی به چهار دسته تقسیم می شود، که با توجه به ویژگیهای عمومی هر اقلیم، ضوابط طراحی در آنها از جهت صرفه جویی در مصرف انرژی حائز اهمیت می باشد :

الف) اقلیم سرد :

به منظور کاهش تأثیر هوای سرد، باید نسبت سطح خارجی ساختمان در برابر حجم آن را به حداقل رساند. در چنین مناطقی فرمهای ساختمانی فشرده و متراکم با پلان مربع و حجم نزدیکی به مکعب توصیه می شود و در پوشش سطوح خارجی ساختمان از بافت خشن و رنگهای تیره استفاده گردد .
- مساحت سطوح بازشو به حداقل خود برسد و در پنجره ها شیشه های چندجداره جواب بهتری می دهد که البته تعداد جدارها متناسب با شدت سرما افزایش می یابد .

ب) اقلیم معتدل و مرطوب :

در این نواحی فرم ساختمان، محدودیتی نداشته ولی توصیه شده که در جهت شرقی - غربی گسترش یابد و ساختمانها با مقطع افقی و کشیده و باریک طراحی شود . با توجه به برقراری و تداوم جریان هوا در این مناطق، بازشوها با سطوح نسبتا زیاد و سقف های بلند در اطراف ساختمان توصیه می شود . ولی رنگ سطوح خارجی محدودیت ندارد .

ج) اقلیم گرم و خشک :

- گسترش پلان ساختمان در جهت محور شرقی - غربی توصیه می شود .

- استفاده از بادگیر بمنظور خنک کردن هوای داخل بنا و افزایش رطوبت آن توصیه شده است .
- سطوح و تعداد بازشوها در این مناطق به حداقل ممکن کاهش یافته و در قسمتهای فوقانی دیوارها نصب گردند .
- در پوشش سطوح خارجی ساختمانها از رنگهای روشن و سطوح نه چندان خشن در سطح بام و دیوارهای خارجی استفاده شود .

(د) اقلیم گرم و مرطوب :

- فرمهای ساختمانی کشیده که بصورت مکعب مستطیل در امتداد محور شرقی غربی گسترش یافته مناسب ترین فرم در این مناطق می باشد . توصیه می شود که ساختمان در جهت وزش بادهای مطلوب قرار گرفته و سقف آن بلند باشد .
- ترجیحا از شیشه های دوجداره نیز استفاده گردد .

۶- بحث و نتیجه گیری :

با عنایت به سهم بالای مصرف سوخت در ساختمانها انجام اقدامات بهینه سازی در ساختمان به هدف کاهش مصرف سوخت و ایجاد شرایط مطلوب در دمای آن و جلوگیری از آلودگیهای زیست محیطی بسیار حائز اهمیت است از این حیث عایقکاری مناسب ساختمانها در متعادل نگهداشتن دمای آن در فصول مختلف سال، یکی از مهمترین مباحث این مقاله می باشد . با توجه به آنکه عایقکاری حرارتی پوسته ساختمانها در سقفها، دیوار، کف و پنجره ها بسیار مورد توجه است. لذا با یک جمع بندی کلی می توان به نکات ذیل دست یافت :

عایقکاری در سقفها مصرف انرژی را از ۳۵ تا ۴۵ درصد کاهش می دهد .
از آنجا که حدود ۴۰ درصد اتلاف انرژی در ساختمانها از طریق پنجره هاست لذا توصیه می شود که از قاب های نوع PVC با ضریب هدایت حرارتی بسیار پایین و یا قابهای ترموپرک (غالباً از نوع آلومینیومی) استفاده شود .

درها و پنجره های توسط نوارهای درزگیر عایق بندی شود .
با دو جداره کردن پنجره، بطوریکه فاصله فضای کاملاً درزبندی شده بین دوشیشه آن را به ۱۵ میلی متر رساند می توان بهترین کارایی را بدست آورد. با این روش علاوه بر کاهش اتلاف انرژی، باعث کم شدن ورود سر و صدا به داخل ساختمان شده و از طرفی بخارگیری پنجره ها، در فصول سرد سال کاهش می یابد .

در سازه هایی با اهمیت بالاتر در برخی پنجره های دو جداره، فضای میانی با گازهایی مانند آرگون پر شده تا کارایی آن را ۱۰ درصد بالا ببرند .

استفاده از مصالح سنگین با ظرفیت حرارتی بالا مانند بتون و آجر، منجر به افزایش پایداری حرارتی ساختمان می‌شود. چرا که با تغییر دمای هوای بیرون، هوای داخل زیاد سرد یا گرم نمی‌شود و در کلام آخر اینکه با عایقکاری مناسب در ساختمان می‌توان دمای آنرا در زمستان ۵ درجه گرمتر و در تابستان ۱۰ درجه خنکتر نمود و از آنجا که ایرانیان نیز از دیرباز با عایقکاری با روشهای سنتی مخصوص به خود و نحوه استفاده بهینه از مصالح آشنا بوده‌اند و اینکه چگونه خانه‌های خود را با کمترین نیاز به گرمایش و سرمایش طراحی کنند. لذا جای امیدواری بسیاری است که بار دیگر جلوه‌ای از تمدن دیرینه ایرانی را در فرهنگ استفاده از انرژی و مصرف منابع طبیعی ملی یادآور شویم.

(بعلت فرصت محدود در زمان ارسال مقاله، در صورت پذیرش، تصاویری از سیستم‌های عایقکاری پیشرفته درساختمانهای مدرن دنیا تهیه و ارسال می‌گردد).

۷- منابع:

- خانزاده - علی محمد- عملکرد واقعی انرژی در ساختمان - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- اسلامی - حسین - راهنمای عایقکاری ساختمان - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- بختیاری - سعید - آشنایی با نقش و اهمیت آزمایشگاه آتش - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- آبرامز - جان - اصول ایمنی حریق در ساختمان - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- ریاضی - جمشید - اصول محاسبه انتقال حرارت - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- صالحی - محسن - انرژی در ساختمان - چاپ پیکان
- مدیریت بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان - شرکت ملی نفت ایران
- None- combustibility test for materials, BS 476, part 4, 1970--
- H.L.Maolhotra, consultant s Report, UNDP/UNCHS study mission BHRC, 1993