

ارزیابی اقتصادی صرفه جویی در مصرف انرژی از طریق عایق کاری حرارتی ساختمان

حسن تابش

پژوهشگر و مشاور عالی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

چکیده

در گذشته دیوارها را باربر می ساختند و چون از انواع کم مقاومت نظیر خشت و گل بود ضخامت آنها زیاد و در برابر تبادل گرما مقاومت قابل توجهی داشتند، امروزه مصرف فولاد و بتن به عنوان اجزای باربر ضخامت دیوارها و سقف ها را کاهش داده و در نتیجه از مقاومت حرارتی آنها نیز کاسته شده است. متأسفانه در ایران به خاطر ارزانی انرژی، اعم از سوخت و نیروی برق، از یک سو و نبود فرهنگ مصرف درست تمام کالاها از جمله سوخت، با تقلید غلط از ساختمان سازی به سبک کشورهای صنعتی، عایق کاری حرارتی ساختمان ها به فراموشی سپرده شده است و در نتیجه مصرف انرژی برق در مناطق گرمسیر و مصرف سوخت در مناطق سردسیر در ساختمان های نوینای ایران حدود ۳ تا ۵ برابر کشورهای صنعتی است و هر ساله در سطح ملی زیان معتنابهی متوجه اقتصاد ایران می شود. مقاله ای که ارائه خواهد شد ضمن اشاره مختصری به مبحث انرژی، به سرمایه گذاری اولیه عایق کاری حرارتی ساختمان های متعارف و بازگشت آن از طریق سرمایه گذاری اولیه تأسیسات گرمایشی و به ویژه تأسیسات سرمایشی ساختمان های عایق شده و کاهش هزینه های جاری مصرف سوخت و برق می پردازد. در نتیجه گیری مقاله، وضع مقرارت قانونی برای عایق کاری اجباری، مشکلات موجود در کمبود مصالح عایق و عایقکاران مجرب و پیشنهادهایی در زمینه تولید مصالحی که وابستگی کمتری به خارج دارند بیان خواهد شد.

مقدمه

به همراه پیشرفت تکنولوژی و پیدایش مصالح ساختمانی جدید که نسبت به ضخامت خود از مصالح قدیمی، مقاومت بیشتری دارند، ضخامت جدار خارجی ساختمان‌ها یعنی دیوارها و سقف‌ها به حداقل کاهش پیدا کرده‌اند و به دنبال این کاهش، مقاومت ساختمان در مقابل گریز حرارت کمتر شده است. در کشورهای صنعتی که تولید انرژی و گرما گران‌تر تمام می‌شود با تعبیه عایق حرارتی جلو گریز گرما را تا حدود زیادی گرفته‌اند ولی در کشور ما به دلیل ارزانی سوخت و وجود منابع سرشار نفت و گاز متأسفانه مسئله عایقکاری حرارتی از نظر دور مانده است.

بطور مثال ضریب کل انتقال گرما در یک دیوار آجری معمولی به ضخامت ۲۲ سانتیمتر با نمای خارجی آجری و اندود داخلی از نوع گچی با آستر گچ و خاک حدود ۲ وات بر مترمربع بر درجه سلسیوس می‌باشد. به عبارت دیگر هر مترمربع از این دیوار به ازای هر درجه اختلاف دمای هوا در دو طرف، سبب انتقال انرژی به اندازه ۲ وات می‌شود، این در حالی است که براساس ضوابط و مقررات ملی ساختمانی ایران ضریب انتقال حرارت مجاز برای دیوارهای خارجی ۰/۷ وات بر مترمربع بر درجه می‌باشد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که اتلاف انرژی در دیوار مذکور حدود ۳ برابر میزان مجاز است و مصرف سوخت نیز به همین ترتیب افزایش می‌یابد. در مورد سقف‌ها نیز وضع چنین است.

در حال حاضر اکثر ساختمان‌های نوساز در بسیاری از شهرها و حتی برخی روستاهای ایران به علت تقلید ناقص و کورکورانه از معماری و تکنولوژی غرب دارای جدار نازک و پنجره‌های بزرگ می‌باشند و در نتیجه تبادل حرارتی بسیار زیادی با محیط خارج خود دارند. بهترین راه چاره برای رفع این نقص، عایقکاری حرارتی است که نتایج آن صرفه‌جویی در سوخت در فصل زمستان و کاهش نیروی برق مصرفی در تابستان، سالم‌سازی محیط زیست، کاهش سرمایه‌گذاری در تأسیسات تهویه و شوفاژ و بالاخره جلوگیری از تعریق بخار آب (میعان) در سطح داخلی ساختمان‌ها به خصوص در نواحی شمالی و جنوبی ایران که درصد رطوبت نسبی هوا زیاد است می‌باشد.

میزان صرفه‌جویی در سوخت و نیروی برق و کاهش آلودگی محیط و کاهش سرمایه‌گذاری در تأسیسات ساختمان بستگی به شرایط اقلیمی و میزان عایق بودن ساختمان دارد.

در کشورهای صنعتی با اعمال روش‌های نو در عایقکاری حرارتی ساختمان به نتایج شگفت‌انگیزی رسیده‌اند. به طور مثال می‌توان احداث خانه‌هایی با تکنیک سوپر عایق در کانادا را نام برد که علیرغم اینکه دمای محیط در برخی اوقات تا ۳۲- درجه سلسیوس تنزل پیدا می‌کند، برای گرم کردن ساختمان‌ها مقدار انرژی و سوخت مصرفی از یک سوم آنچه که در نواحی معتدل کشور ما مصرف می‌شود باز هم کمتر است.

در این نوشته سعی بر این است که پس از شناخت موضوع، با برآورد تقریبی مخارج اضافی و مقایسه آن با صرفه‌جویی در هزینه‌هایی که صرف گرمایش و سرمایش ساختمان می‌شود، مدت تقریبی استهلاک هزینه‌های اضافی را مورد قرار گیرد.

۱- شناخت ضرایب

۱-۱- ضریب هدایت حرارتی (Thermal Conductivity) یا (K) - مقدار حرارت از دست رفته بر حسب وات از میان یک مترمربع سطح و یک متر ضخامت هر مصالحی، به شرط اینکه اختلاف درجه حرارت دو طرف آن معادل یک درجه سلسیوس باشد را ضریب هدایت حرارتی آن مصالح نامیده و واحد آن

$$K = \frac{w \times m}{m^2 \cdot c} = w / m^{\circ}c \text{ می‌باشد.}$$

ضریب K با جرم ویژه، تخلخل و مقدار درصد رطوبت متغیر است. همچنین به میزان ناپذیری با دما تغییر می‌کند و با توجه به اینکه دمای معمول و متداول در عایق حرارتی ساختمان معین است، تأثیر این عامل بسیار جزئی است.

۱-۲ ضریب مقاومت حرارتی (Thermal Resistivity) یا (1/k) - برای سادگی در محاسبات، بسیاری از

اوقات به جای استفاده از k از عکس آن 1/k استفاده می‌کنند و واحد آن $\frac{m^{\circ}c}{w}$ 1/k می‌باشد.

۱-۳ مقاومت حرارتی (Thermal Resistance) یا (R) - مقاومت حرارتی، اندازه مقاومت در برابر جریان حرارت در یک نوع مصالح یا از ترکیبی از آنها با ضخامت معینی می‌باشد، مقاومت حرارتی هر نوع مصالح با ضخامت معین را از ضرب کردن ضریب 1/k در ضخامت آن به دست می‌آوریم و واحد آن $R = m \times m^{\circ}c / w = m^2 \cdot c / w$ خواهد بود. بدیهی است هر چه ضخامت مصالحی بیشتر باشد مقاومت آن نیز بیشتر خواهد بود، مثلاً با دو برابر شدن ضخامت، مقاومت (R) آن نیز دو برابر خواهد شد. هرگاه ترکیبی از چند نوع مصالح داشته باشیم که به صورت لایه‌های موازی پهلوی هم قرار گرفته باشند مثلاً یک دیوار آجری با اندوهای داخلی و خارجی آن، کل مقاومت این دیوار برابر مجموع مقاومت‌های آجرچینی و اندوهای طرفین آن خواهد بود.

۱-۴ میزان انتقال حرارت (Thermal Transmittance) یا (U) - ضرایب k و 1/k و R، هر سه بستگی به دمای سطح مصالح دارد، که اندازه‌گیری آن بسیار مشکل می‌باشد، ولی دمای محیط داخلی و خارجی را می‌توانیم به راحتی اندازه‌گیری کنیم. گرما، نخست از محیط به سطح جدار ساختمان عبور می‌کند و سپس از میان جدار و بالاخره از سطح جدار به محیط خارجی تغییر مکان می‌دهد. سطح داخلی و خارجی هر دو در برابر عبور گرما مقاومت می‌کنند. در انتقال حرارت (U) این مقاومت‌های سطحی نیز به حساب آمده‌اند. (U) میزان گرمایی است که از میان واحد سطح پوسته ساختمان عبور می‌کند به شرطی که

اختلاف دمای بین داخل و خارج یک درجه سلسیوس باشد و واحد آن برابر $U = w/m^2c$ می‌باشد و برای مجموعه‌ای از مصالح، این مقدار عبور هوا به هوا برابر عکس مجموع مقاومت حرارتی مصالح و مقاومت سطحی آنها در جهت جریان گرما می‌باشد. مقادیر (U) یا (U Values) از نظر علمی بسیار مفید بوده و برای مقایسه پوسته‌های مختلف می‌تواند مورد استفاده واقع شود.

۲- راه‌های تبادل گرما

یکی از راه‌های تبادل گرما باز و بسته کردن در و پنجره‌ها و عمل تهویه است. راه دیگر، هدایت حرارت از میان پوسته‌ها یعنی سقف‌ها، دیوارهای خارجی و پنجره‌ها و بالاخره کف طبقه همکف می‌باشد اعم از اینکه روی زمین چسبیده و یا معلق باشد. در ضمن باید توجه داشت که همیشه مقداری گرما از راه پخت و پز در آشپزخانه، تشعشع لامپ‌ها و کار کردن سایر وسایل برقی یا بدن ساکنین و عبور پرتوهای خورشید از میان پنجره‌ها به خانه وارد شده و مقداری دیگر به واسطه خروج آب گرم فاضلاب حمام و آشپزخانه از دست می‌رود. این گونه ورود و خروج حرارت نیز باید به نحوی در محاسبات گرمایش و سرمایش ساختمان منظور شود.

۳- میزان عایقکاری

میزان عایقکاری با توجه به اقلیم‌های مختلف زمستانی و تابستانی متغیر بوده و بستگی به درجه حرارت محیط خارج ساختمان دارد. مقادیر (U) که در کشورهای گوناگون در طراحی و محاسبات منظور می‌گردد، در کدهای ساختمانی هر کشور برای سقف‌ها و دیوارها و کف‌ها تعیین شده است و برخی از کشورها رعایت این مقادیر برای سازندگان اجباری است. متأسفانه پس از گذشت ده سال از تصویب مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمانی «صرفه‌جویی در مصرف انرژی» هنوز به آن توجهی نشده است. بدیهی است کاهش مقادیر (U) صرف هزینه‌های بیشتری را ایجاد می‌نماید ولی این بدان معنی نیست که ارتباط بین این دو، رابطه‌ای خطی است. بلکه در برخی موارد می‌توان در قبال تحمل مخارجی بسیار جزئی به عایق خیلی بهتر یعنی "U" کمتر و صرفه‌جویی خیلی زیاد در مصرف انرژی دست یافت. به‌طور مثال صرفه‌جویی در انرژی سالیانه در برخی تکنیک‌های پیشرفته به نام سوپر عایق در کشورهایی مانند کانادا را رقمی معادل هزینه اضافی عایقکاری ذکر کرده‌اند.

۴- انتخاب مصالح عایق حرارتی

برای عایق حرارتی مصالح مختلفی می‌تواند به کار گرفته شود. میزان عایق حرارتی اصولاً بستگی به مقاومت حرارتی قسمت‌های گوناگون به شرح زیر دارد:

الف) مصالح به کار رفته - مقاومت حرارتی مصالح به کار رفته در پوسته ساختمان بستگی به ضخامت آنها، میزان رطوبت و جرم ویژه آنها دارد. مقاومت حرارتی پاره‌ای از مصالح در جدول ۲ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمانی ایران آمده است.

ب) سطوح داخلی و خارجی - مقاومت حرارتی سطوح دیوارها، کف‌ها و سقف‌ها مطابق جدول ۳ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمانی ایران می‌باشد.

پ) انواع حفره در ساختمان - عرض حفره (cavity) در دیوارهای دو لایه حداقل باید ۲۰ میلیمتر باشد. مقاومت حرارتی حفره در حدود $0.18 \text{ m}^2 \text{ c/w}$ می‌باشد. آسترکاری یک طرف دیوار توخالی با ورقه آلومینیوم به مقدار قابل توجهی مقاومت حرارتی را افزایش می‌دهد.

در موقع انتخاب مصالح به منظور حصول به مقدار (U) مورد نیاز باید هزینه تهیه، نصب، برش، نوع روکاری مناسب، تزئین آن و همچنین نگاهداری آنرا در قیمت‌ها منظور داشت علاوه بر این باید موارد زیر را در نظر گرفت:

۱- عایقکاری رطوبتی - در نواحی مرطوب که درجه رطوبت نسبی هوا بالا است باید به فکر عایق بخار نیز بود زیرا تعریق بخار آب در مصالح باعث کاهش کارایی آنها شده و در دیوارهای دو لایه باعث رنگ‌زدگی فلزات به کار رفته در آنها می‌گردد. عایق بخار باید در سمت گرم حفره به کار رود. اجرای لایه بخاربند کار بسیار مشکلی است و اکثر اوقات در محل درزها باز هم رطوبت نشت می‌کند. در صورت لزوم حفره دیوار باید به هوای خارج راه داشته باشد و تهویه شود. پس از بخاربندی، لازم است به تعداد دفعات تهویه ساختمان در شبانه‌روز توجه شود و در صورت لزوم تهویه مکانیکی ساختمان انجام شود.

۲- سیاهی و دودزدگی - بعضی قسمت‌ها به علت نامساوی بودن مقدار (U) مصالح مصرفی از قبیل تیرآهن سقف که یا ناحیه مجاورش که آجر، ملات و اندود است، گرد و خاک و کثافات در ناحیه سردتر رسوب کرده باعث سیاهی و زشتی ساختمان می‌شود. راه حل آن به کار بردن مصالح با مقدار (U) مساوی است.

۳- خطر آتش‌سوزی - تمام قسمت‌های داخلی ساختمان باید در برابر آتش‌سوزی مقاومت کافی داشته باشد. اکثر مصالحی که برای عایقکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند به دلیل ارزانی، راحتی و مقاومت حرارتی زیادشان، از انواع قابل اشتعال هستند. سطح بعضی مصالح را می‌توان با مواد کندسوزکننده پوشاند. بعضی مصالح از قبیل پلی‌استایرین در گرمای حدود ۸۰ درجه سلسیوس ذوب می‌شوند. مصالح قابل اشتعال چنانچه بلافاصله به مصالح غیرقابل اشتعال چسبیده باشند خطر خیلی جدی و شدیدی در آتش‌سوزی ندارند. پیوستگی در چسبندگی کاشی‌های مورد مصرف در سقف ضروری است. روی

پلی استایرین منبسط هیچ گاه نباید رنگ روغنی براق به کار برد زیرا خطر آتش سوزی افزایش پیدا می کند. سطح این قبیل مصالح باید به صورت طبیعی و بدون تزئین باقی بماند و در صورت لزوم انجام تزئینات بهتر است با یک لایه رنگ متخلخل یا ماده ای که اشتعال را به تأخیر می اندازد پوشانیده شود.

الف) بتن سبک شامل: بتن گازی مانند سیپورکس، ایتونگ و نظایر آن، بتن سبک دانه مانند رس و سنگ های رستی منبسط، ورمیکولیت منبسط، پرلیت و غیره، بتن کفی، بتن بدون ریزدانه.

ب) دانه های سبک به طور آزاد مانند دانه های مصنوعی، مورد مصرف در بتن دانه سبک دانه.

پ) ورق آلومینیوم به شکل موج دار و ساده یا به صورت روکش.

ت) پنبه کوهی به شکل تخته یا پاشیدنی.

ث) چوب پنبه پرس شده.

ج) تخته های فیبری.

چ) انواع پشم های شیشه، سنگ و سرباره به صورت نرم و سخت و نیمه شل.

ح) کف شیشه، سنگ و سرباره به شکل سنگ پا.

خ) تخته گچی سبک وزن با روکش آلومینیوم یا ساده.

د) مواد پلاستیکی شامل: پلی استایرین منبسط، پلی یورتان به صورت کف و فرم آلدئید اوره.

ذ) ساقه های توخالی مانند گندم، برنج و نظایر آن به صورت فشرده.

ر) پشم چوب (تراشه یا پوشال).

در طراحی جزئیات عایقکاری، ترجیحاً از مصالحی باید استفاده شود که می توان آنرا به راحتی تهیه نمود و درجه وابستگی آن به کشورهای صنعتی در حداقل باشد.

۵- پیشنهاد چند روش برای عایقکاری حرارتی

روش هایی که پیشنهاد می شود لزوماً بر روش های دیگر ترجیحی ندارد بلکه صرفاً جهت توصیه به سازندگان می باشد و برای نواحی معتدل مناسب است.

الف) کف طبقه همکف و زیرزمین - در کف طبقه همکف و زیرزمین معمولاً بتن ریزی بر روی قلوه سنگ انجام می شود و این روش عایق خوبی برای کف بوده و احتیاج به عایق اضافی ندارد در صورت لزوم می توان از پلی استایرین به ضخامت ۵۰ میلیمتر استفاده کرد. عایقکاری حرارتی باید روی عایق رطوبتی انجام گیرد.

ب) کف های معلق - سقف طبقه همکف که برای طبقه اول کف معلق محسوب می شود چنانچه مانند سقف پارکینگ به هوای سرد راه داشته باشد باید عایقکاری حرارتی شود. برای این منظور می توان از پشم شیشه یا پشم سنگ استفاده کرد و آنها را به صورت یکپارچه آویزان نمود. سمت کاغذدار این

عایق‌ها باید به طرف پایین باشد، زیر چنین عایقی را می‌توان سقف کاذب اجرا نمود. چون معمولاً به علت عبور لوله‌های تأسیسات اجرای سقف کاذب در اکثر قسمت‌های سقف ضروری می‌شود آنرا می‌توان به تمام سطح تعمیم داد. نوع ناقص تر آن، اجرای عایق در بالای سقف و زیر فرش کف است که ارزش عایق به روش نوع اول را ندارد. در نواحی مرطوب بهتر است عایق راه تنفس داشته باشد تا از پوسیدگی آن جلوگیری به عمل آید.

پ) دیوارهای خارجی - دیوارهای حفره دار (cavity walls) با دو لایه آجرچینی یا با یک لایه آجرچینی در خارج و یک لایه بلوک از بتن سبک در داخل مقاومت حرارتی خوبی را ارائه می‌دهد و مخارج چندانی برای ساختن چنین دیواری در مقایسه با دیوار سنتی به وجود نخواهد آمد. در تمام یا قسمتی از فضای خالی بین دو لایه نیز می‌توان عایق مناسبی قرار داد. چون کفایت عایق در صورت مرطوب شدن کاهش می‌یابد لذا عایقکاری باید پس از خشک شدن کامل دیوارها انجام شود.

ت) پنجره‌ها - پنجره‌های یک شیشه‌ای از نظر عایق حرارتی ضعیف هستند گرما از میان شیشه خیلی سریع تر از کف که مجاور زمین عبور می‌کند. شیشه هر چند که برای زندگی لازم است ولی دشمن صرفه جویی در حرارت می‌باشد. به هر صورت، برای سطح شیشه باید محدودیت‌هایی قائل شد.

پنجره‌های دو شیشه‌ای از نظر عایق بودن خیلی بهتر بوده و فرار گرما از آنها حدود نصف پنجره‌های یک شیشه‌ای است و منطقه سرد در اطراف آنها از بین می‌رود و خطر تعریق روی آنها کاهش می‌یابد. در پنجره‌های درزبندی شده فاصله شیشه‌ها در حدود ۵ میلیمتر از یکدیگر بوده و با هوای خشک تمیز پر شده است. این پنجره‌ها طوری طراحی شده که دو شیشه در یک قاب نصب می‌گردند.

پنجره‌های دوتایی برای عایقکاری حرارتی دارای قاب جداگانه هستند که شیشه‌ها به فاصله ۵۰ میلیمتر از یکدیگر قرار دارند و باید طوری طراحی شوند که جلو تعریق را گرفته و تمیز کردن شیشه از سمت فضای داخلی به سادگی انجام شود. اگر فاصله شیشه پنجره‌ها را به ۲۰۰ میلیمتر برسانیم در عین حال که تغییری در میزان عایق بودن حرارتی آنها به وجود نخواهد آمد عایق خوبی برای صوت نیز خواهند بود.

ث) بام‌ها - بام‌های شیب دار که با شیروانی آهن سفید یا ورق پنبه کوهی و سیمان پوشیده می‌شوند در فضای زیر خود می‌توانند یک عایق ضدپوسیدگی داشته باشند که به صورت پوشش یک پارچه‌ای باید روی تیرچه‌های سقف محکم شود راه حل دیگر، پر کردن فضای بین تیرچه‌ها با یک پوشینه یا مصالح عایق است که به صورت آزاد بین آنها ریخته می‌شود. تخته‌های گچی از نوع ساده یا با آستر ورق آلومینیوم، پلی‌یورتان سخت و پلی‌استایرین منبسط نیز می‌تواند به عنوان عایق مصرف شود. در ساختمان‌های صنعتی عایق‌ها را می‌توان زیر تیرچه‌ها یا روی آنها به کار برد که در صورت اول زیبایی بیشتری خواهند داشت.

بام‌های تخت بتن مسلح یا تیرآهن و طاق ضربی بهتر است از رو عایقکاری شوند، که در این صورت جسم بام گرم بوده و در صورت از کار افتادن احتمالی تأسیسات گرمایشی یا سرمایشی دمای داخل ساختمان برای مدتی قابل قبول خواهد بود. صفحات پلی‌استایرین چه به صورت صاف و چه شیب‌دار نباید در جایی به کار روند که دمای آنها از ۸۰ درجه سلسیوس بالاتر رود در غیر این صورت روی بام را باید با یک لایه منعکس‌کننده پوشانید.

برای جلوگیری از ورود بخار به عایق حرارتی، زیر آن را نیز باید بخاربندی کرد.

۶- محاسبات اقتصادی

منافع عایقکاری حرارتی مشتمل بر استفاده فردی سرمایه‌گذار در درازمدت، تأمین رفاه و آسایش ساکنین و بالاخره صرفه‌جویی در سرمایه‌گذاری ملی و ارزی می‌باشد.

ذیلاً با ذکر مثالی از نظر اقتصادی موضوع را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

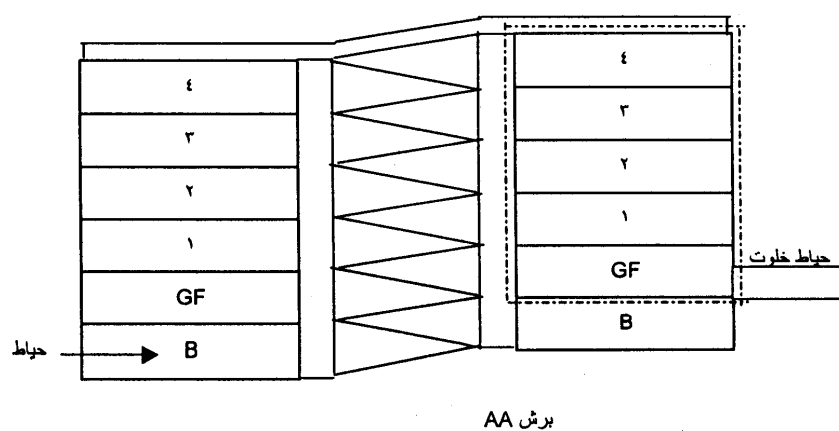
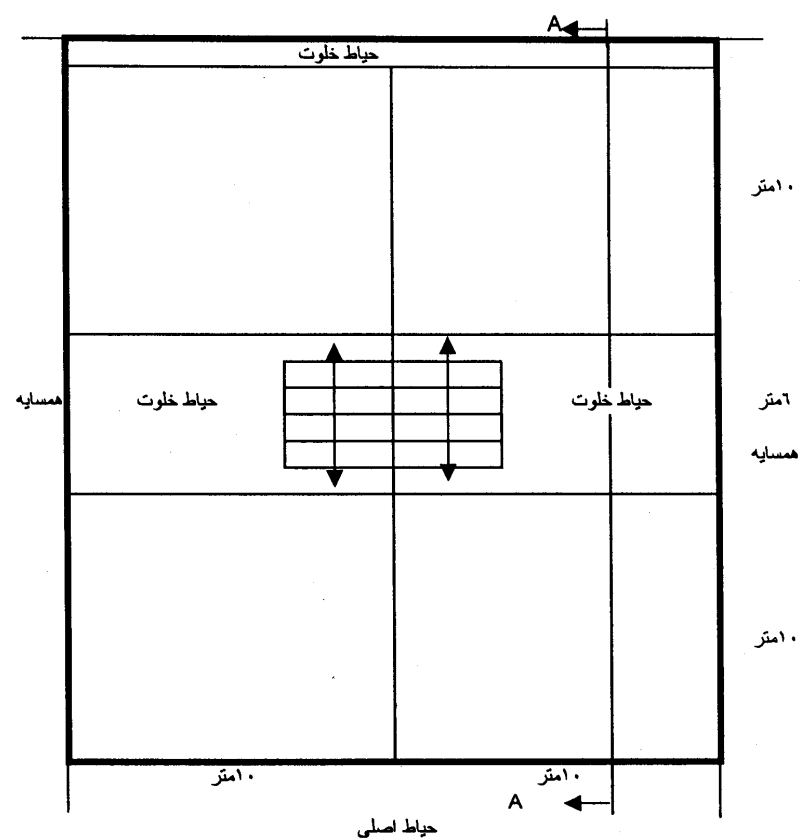
به طور نمونه، ساختمانی را در شهر تهران در نظر می‌گیریم که در حال حاضر براساس ضوابط شهرداری ساخته می‌شود.

این ساختمان مشتمل بر بیست واحد مسکونی در پنج طبقه روی زیرزمین و در هر طبقه ۴ واحد به مساحت هر کدام ۱۰۰ مترمربع است که کروکی آن ترسیم شده است (شکل ۱).

اضافه مخارجی را که باید در سرمایه‌گذاری اولیه بابت عایقکاری حرارتی در نظر گرفت به شرح زیر است:

۱- مخارج عایقکاری حرارتی: سهم سطح عایق حرارتی دیوارهای شمالی و جنوبی و شرقی (یا غربی) پس از کسر پنجره‌ها برای هر واحد مسکونی ۷۵ مترمربع و سطح زیر سقف پارکینگ و بام برای هر واحد مسکونی ۲۰ مترمربع، سطح پنجره‌های هر واحد ۱۳ مترمربع و سطح درهای ورودی ۲ مترمربع می‌باشد. نوع عایق، پشم شیشه با پوشش ورقه آلومینیوم یا پلاستوفوم به ضخامت ۵۰ میلیمتر در نظر گرفته می‌شود که در دیوارها بین دو تیغه ۱۱ سانتیمتری یا بتن سبک گازی قرار داده می‌شود و در مورد عایقکاری بام، زیر لایه عایق رطوبتی اجرا می‌شود. همین‌طور زیر سقف طبقه هم کف را عایق نموده و پس از نصب تور سیمی در زیر آن، اندودکاری می‌کنیم. در پنجره‌ها به جای استفاده از یک شیشه ساده ۴ میلیمتری، که معمول است، از دو شیشه ۴ میلیمتری با فاصله هوایی بین ۵ تا ۱۵ میلیمتر، که در کارخانه کاملاً هوابندی شده است استفاده خواهد شد.

هزینه عایقکاری کف‌ها، دیوارها و سقف‌ها و پنجره‌ها در محاسبات انجام شده برای ساختمان‌های نوساز و در حال اجرا حدود ۳ تا ۴ درصد کل هزینه ساختمان است.



شکل ۱: کروکی واحد مسکونی

در مورد ساختمان‌های مجهز به فن کویل، تمام هزینه عایقکاری از طریق کاهش ظرفیت دستگاه‌ها و هزینه آنها تأمین می‌شود.

چنانچه برای سرمایه‌گذاری سودی در نظر نگیریم و از سوی دیگر ترقی بهای انرژی را نیز نادیده انگاریم و بهای انرژی را یارانه‌ای فرض کنیم مدت استهلاك سرمایه‌گذاری در خانه‌های مجهز به شوفاژ و کولر آبی حدود ۸ سال خواهد بود.

برای مناطق خیلی سرد یا خیلی گرم مدت استهلاك کوتاه‌تر و حدود ۵ سال تخمین زده می‌شود. بدیهی است هرچه ساختمان‌ها در برابر عبور گرما بیشتر عایق شوند، در مصرف میزان انرژی و سوختی که صرف سرد و گرم کردن آنها در نواحی گرم یا سرد می‌شود صرفه‌جویی بیشتری خواهد شد. بررسی‌های انجام شده در کشورهای صنعتی نشان می‌دهد که هزینه‌های ناشی از عایق‌کاری نسبت مستقیمی با میزان آن ندارد، به عبارت دیگر بالا رفتن کیفیت عایق‌کاری الزاماً صرف هزینه‌هایی متناسب با صرفه‌جویی در انرژی و سوخت مصرفی را ایجاد نمی‌کند.

امروزه تکنیک سوپر عایق یکی از روش‌های نو در عایق‌کاری ساختمان‌ها شناخته می‌شود. در این تکنیک از عایق ضخیم و پنجره‌های دو شیشه یا سه شیشه استفاده شده، برای تهویه ساختمان مبدل حرارتی هوا به هوا به کار گرفته می‌شود.

در طراحی معماری برای این سیستم حدود ۸۵٪ از سطح پنجره‌ها به طرف جنوب و بقیه به سمت شمال قرار می‌گیرد، پنجره‌های غربی و شرقی ساختمان حذف می‌گردد و شیشه‌های مناسب برای شمال و جنوب انتخاب می‌شود و برای جلوگیری از ورود مستقیم جریان هوا به فضاهای داخلی نیز پس از در ورودی هشتی (فیلتر) در نظر گرفته می‌شود.

ناگفته نماند که مهم‌ترین عامل برای عایق‌کاری حرارتی با کیفیتی مطلوب به کار گرفتن متخصصین فن در این امر می‌باشد، از اینرو همگام با تولید مصالح مرغوب برای عایق‌کاری، تربیت نیروی انسانی ماهر را نیز نباید از یاد برد.

نتیجه‌گیری

- ۱- وضع مقررات قانونی برای عایق‌کاری حرارتی اجباری ساختمان‌ها در اقلیم‌های با زمستان سرد یا تابستان گرم به منظور صرفه‌جویی در انرژی و پاکسازی محیط زیست برای کشور ضروری است.
- ۲- گسترش فرهنگ صرفه‌جویی در انرژی از طریق رسانه‌ها همپای وضع مقررات لازم است.
- ۳- عایق حرارتی مناسب در ساختمان‌های نوساز می‌تواند با کمی اضافه قیمت همراه باشد که به علت صرفه‌جویی در سرمایه‌گذاری اولیه و مخارج دائمی گرمایش در مدت کوتاهی جبران خواهد شد.

۴- هر چه مقادیر (U) کمتر باشد ساختمان عایق تر است. برای حصول مقدار (U) بهینه (optimum) باید مخارج عایقکاری را که شامل تهیه و نصب است با مخارج سرمایه گذاری اولیه در تأسیسات و هزینه های جاری مقایسه کرد.

۵- در طراحی عایقکاری باید سعی شود که مقادیر (U) سقف ها و دیوارها در حدود هم باشند.

۶- مصالح، با جذب رطوبت، کیفیت عایق حرارتی خود را از دست می دهند و به علت ارائه نمودن سطوح گرم خطر تعریق را به وجود می آورند.

۷- برای جلوگیری از خطر تعریق (میعان) به ویژه در سقف ها بهتر است با یک لایه بخاربند جلوی ورود هوای مرطوب به دیوارها و سقف ها از داخل ساختمان گرفته شده و این عایق ها را باید روی سطوح گرم به کار برد.

۸- فضاهای پشت لایه های بخاربند باید در صورت عملی بودن مستقیماً به هوای خارج راه داشته و تهویه شوند و در صورت کاربرد مصالح قابل اشتعال باید فضاهای حفره ای وسیعی جهت جلوگیری از سرایت آتش ایجاد کرد.

۹- به تدریج باید عایقکاران مجرب تربیت کرد و عایق هایی به کار برد که حتی المقدور وابستگی کمتر به خارج را ایجاد کند و کارخانه های موجود را راه اندازی کرد.

منابع

۱- تابش، حسن، عایقکاری حرارتی ساختمان ها، توصیه نامه شماره ۱، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۲- نشریه های انرژی

۳- تابش، حسن، عایقکاری حرارتی ساختمان ها و بررسی جنبه های اقتصادی آن، دفتر صنایع و مصالح ساختمانی، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۶۵