

بهینه‌سازی عایق کاری در ساختمان‌های با استفاده مداوم در شرایط اقلیمی ایران از لحاظ بارهای حرارتی سالیانه

عبدالسلام ابراهیم پور^۱، مهدی معرفت^{۲*}، بهروز محمد کاری^۳

۱- مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۲- استادیار بخش مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، بخش مصالح و فرآورده‌های ساختمانی

* تهران، صندوق پستی ۱۱۱-۱۴۱۱۵

Maerefat@modares.ac.ir

(دریافت مقاله: فروردین ۱۳۸۲، پذیرش مقاله اردیبهشت ۱۳۸۳)

چکیده - به منظور تامین شرایط آسایش برای افراد در ساختمان‌ها، به مصرف انرژی زیادی نیاز است، بنابراین استفاده از راههای کاهش مصرف انرژی ضروری است. یکی از راههای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها استفاده از عایق حرارتی است. استفاده از عایق حرارتی در ساختمان‌ها در سال‌های اخیر به طور چشمگیری افزایش یافته است، بنابراین ضروری است که ضخامت و نحوه قرارگیری عایق حرارتی در داخل جدارهای ساختمانی بهینه شود. در این تحقیق اندازه بهینه ضخامت عایق و همچنین محل قرارگیری آن در جدارهای ساختمانی برای سه شهر ایران با اقلیم‌های متفاوت (تهران با اقلیم معتدل، اهواز با اقلیم گرم و تبریز با اقلیم سرد) - در راستای به حداقل رسانیدن بارهای حرارتی و برودتی - تعیین شده است. برای شهر تهران ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر عایق (۲ تا ۳ اینچ) به صورت دو لایه (نیمی در سطح داخلی و نیمی از آن در سطح خارجی) و برای شهر تبریز قرارگیری ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر عایق (۲ تا ۳ اینچ) به صورت یک لایه در سطح داخلی و برای شهر اهواز قرارگیری ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر عایق (۲ تا ۳ اینچ) به صورت یک لایه در سطح خارجی، به عنوان حالت‌های بهینه پیشنهاد می‌شود. با اجرای عایق کاری بهینه در دیوارها، ۵۰ تا ۷۰ درصد در انرژی صرفه‌جویی شده سالیانه، بهبود حاصل خواهد شد.

کلید واژگان: بهینه‌سازی مصرف انرژی؛ عایق کاری حرارتی؛ محل قرارگیری عایق حرارتی؛ ضخامت عایق حرارتی؛ جدارهای ساختمانی؛ بارهای حرارتی ساختمان.

۱- مقدمه

الگوی غلط مصرف انرژی است. برای صرفه جویی در مصرف انرژی و محدودسازی انتقال گرما، تمامی اجزای تشکیل دهنده پوسته (جدار) خارجی - که از یک طرف با فضاها کنترل شده و از طرف دیگر با فضای خارج یا

مصرف انرژی در کشور ما به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از استانداردهای جهانی است. مهمترین دلیل این وضعیت، وضعیت نامطلوب ساختمان‌ها از دید انرژی و همچنین

قرارگیری عایق حرارتی را در ساختمان مسکونی برای ۶ ناحیه مختلف امریکا با استفاده از برنامه DOE 2 برای بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان، بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که برای ساختمانهای مسکونی با دیوارهایی از مصالح سنگین، قرار دادن عایق در سطح خارجی دیوارها مفید است. دیده شد که تأثیر تغییرات اقلیمی بر نوع دیوار مورد استفاده و محل قرارگیری عایق، زیاد است.

در هنگام قرار دادن عایق در جدارهای ساختمانی دو سؤال زیر مورد توجه است:

الف) مقدار بهینه ضخامت عایق حرارتی در جدارهای ساختمانی چقدر است؟

ب) مناسبترین محل قرارگیری عایق حرارتی در جدار ساختمانی کجا است؟

نتایج سایر محققان [۲-۴] نشان می‌دهد که می‌توان میزان ضخامت بهینه‌ای از عایق حرارتی را به‌دست آورد که به ازای آن، حداکثر کاهش را در بارهای سرمایش و گرمایش سالیانه ساختمان خواهیم داشت. همچنین مشخص شده است که محل قرارگیری عایق حرارتی در جدار ساختمانی در مقدار کاهش این بارها مؤثر است.

در این تحقیق نحوه توزیع جرم حرارتی، شامل اندازه بهینه ضخامت عایق و همچنین محل قرارگیری این عایق در جدارهای ساختمانی برای سه شهر ایران با اقلیم‌های متفاوت به‌دست آمده است. با توجه به جرم حرارتی به‌دست آمده، بارهای حرارتی سالیانه ساختمان کمترین مقدار را دارند. برای محاسبه این بارها از نرم‌افزار Opaque [۵] استفاده شده است. در قسمت بعدی در مورد نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان به طور خلاصه توضیح داده خواهد شد.

۲- نرم‌افزارهای شبیه‌سازی بارهای حرارتی سالیانه

نرم‌افزارهای شبیه‌سازی برنامه‌های کامپیوتری هستند که

فضاهای کنترل نشده در تماس هستند - باید بر طبق ضوابط تعیین شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان طراحی و اجرا شده باشند. [۱]

استفاده از عایق حرارتی در ساختمان‌ها در سال‌های اخیر به طور محسوس افزایش یافته و این افزایش، بیشتر مربوط می‌شود به مناطق حاد اقلیمی (بسیار گرم، بسیار سرد یا گرم و مرطوب). استفاده از عایق حرارتی در ساختمان، علاوه بر کاهش مصرف انرژی، در بسیاری از موارد به بهبود شرایط آسایش در فضاهای داخلی نیز منجر خواهد شد.

به دلیل افزایش تعداد ساختمانهایی که در آنها از ساختارهای با مواد سنگین یا عایق استفاده می‌شود، ضروری است که مقدار و نحوه توزیع جرم حرارتی و همچنین محل قرارگیری عایق حرارتی بهینه شود. از مقایسه چند دیوار با مقاومت حرارتی مشابه، مشخص می‌شود که بعضی از ترکیبات استفاده شده در دیوارها از لحاظ حرارتی و مقدار ذخیره انرژی و در نتیجه بارهای حرارتی سالیانه، از موارد دیگر بهتر هستند.

محاسبه بارهای سرمایی و گرمایی، موضوع مورد توجه محققان متعددی است و ما به تعدادی از آخرین تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره می‌کنیم.

سولماز و آنسال [۲] در سال ۱۹۹۹ ضخامت بهینه عایق‌های مختلف را در ساختمان‌های امریکا برای سه شهر مختلف بررسی کرده‌اند.

آسان [۳] در سال ۲۰۰۰ محل بهینه قرارگیری عایق را برای دیوار مرکب چندلایه و شرایط مرزی متغیر با زمان بررسی کرده است. او برای این کار ۴ سانتیمتر عایق را در نقاط مختلفی از دیواری ۲۰ سانتیمتری قرار داد. در این تحقیق عایق حرارتی به صورت یک‌لایه یا به صورت ۲ لایه‌ای ۲ سانتیمتری در دیوار موردنظر قرار داده شده که مقدار صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مقدار مصرف انرژی در حالات مختلف بدست آمده است.

کاسکا و کاسنی [۴] نیز در سال ۲۰۰۲ اثر محل

آسان است اما این روشها هیچ اطلاعاتی درباره تغییرات مصرف انرژی ساختمان با زمان به دست نمی‌دهند و همچنین تاثیر حرارت ذخیره شده در ساختار ساختمان را در محاسبات انرژی به حساب نمی‌آورند. از این روشها به منظور برآورد اولیه در طراحی‌ها استفاده می‌شود.

بعضی از روشهای نیمه پایدار به این صورت عمل می‌کنند که مثلاً برای انرژی اکتسابی از خورشید یا حرارت های اکتسابی در داخل اتاق (افراد، وسایل الکتریکی و غیره)، مقدار متوسطی را برای یک محدوده زمانی ماهیانه یا سالیانه در نظر می‌گیرند؛ یعنی به جزئیات تغییرات زمانی انرژی های مصرفی داخل ساختمان توجه نمی‌کنند و فقط می‌توانند که این انرژی ها را به صورت ماهیانه یا سالیانه مورد توجه قرار دهند.

در روشهای ناپایدار، تغییرات مصرف انرژی به صورت لحظه‌ای محاسبه می‌شود؛ بنابراین برقراری تعادل حرارتی در ساختمان بسیار پیچیده خواهد بود. در این روشها در مقایسه با روشهای پایدار، جزئیات بیشتری از هندسه، شرایط اقلیمی، کیفیت کار دستگاههای تاسیسات و همچنین منابع حرارتی داخل ساختمان باید به عنوان ورودی به برنامه داده شود.

در حال حاضر، معمولاً از روش نیمه پایدار برای محاسبه تغییرات انتقال حرارت ساختمان در نرم‌افزارها استفاده می‌شود. به این صورت که فرض می‌شود تغییرات حرارتی محیط مورد نظر در طول یک ساعت ثابت بوده و این تغییرات فقط در بین ساعتها وجود دارد. این روش معمولاً جواب نسبتاً دقیقی می‌دهد اما اگر بخواهیم تغییرات حرارت ساختمان را به‌طور دقیق‌تری مطالعه کنیم باید فواصل زمانی را کوتاهتر (مثلاً یک دقیقه) در نظر بگیریم [۷].

۲-۲- انواع برنامه‌ها

برنامه های کامپیوتری ارائه شده برای شبیه سازی انرژی به طور کلی بر دو نوع است: برنامه‌های با کدهای باز؛

برای محاسبه انرژی مصرفی و بارهای حرارتی در ساختمان‌ها به‌کار می‌روند. در حال حاضر تعداد این برنامه‌ها زیاد است و هر یک از آنها مدل و روش حل و فرضیات مخصوص به خود را دارند. این برنامه‌ها به طور مداوم در حال تکمیل و توسعه هستند.

از نرم‌افزارهای شبیه سازی مصرف انرژی، قبل از ساختن ساختمان یا ایجاد تغییرات در آن می‌توان استفاده کرد و هزینه مصرف انرژی را برآورد نمود. همچنین می‌توان مشخص کرد که تغییرات انجام شده در طراحی ساختمان، چه تأثیری بر مصرف انرژی ساختمان داشته است. با استفاده از این برنامه‌ها می‌توان طراحی های مختلف و همچنین مواد مختلفی را برای جدارهای ساختمانی قبل از ساخت. مورد بررسی قرار داد تا بهترین حالت از لحاظ ذخیره و مصرف انرژی به‌دست آید.

استفاده از کامپیوتر برای محاسبه بارها و انرژی مصرفی در ساختمان، بخشی مهم از طراحی ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی است [۶].

۲-۱- روش تحلیل در برنامه‌ها

منظور از محاسبات انرژی، تخمین مصرف سالیانه انرژی ساختمان است. چندین مدل و روش برای تخمین میزان انرژی مصرفی سالیانه ساختمان ارائه شده که می‌توان آنها را به ۳ دسته تقسیم بندی کرد:

- ۱- استفاده از روشهای پایدار از نظر انتقال حرارت
- ۲- روشهای نیمه پایدار از نظر اعمال تغییرات حرارتی روزانه و فصلی
- ۳- روشهای ناپایدار با در نظر گرفتن شرایط متغیر داخل ساختمان و خارج از آن

در حالتی که شرایط حالت پایدار فرض شده، هیچ تغییری در مقدار حرارت انتقالی جدارهای ساختمان با زمان (مثلاً در طول روز یا ماهیانه) وجود ندارد. این روشها را نمی‌توان برای حالتی که شرایط داخل یا خارج به شدت با زمان متغیر هستند به کار برد. استفاده از روشهای پایدار

برنامه های اختصاصی.

برنامه های منبع باز به برنامه‌هایی گفته می شود که می توان با ایجاد تغییراتی در داده های ورودی، آنها را برای انواع مختلف ساختمان‌ها با جدارهای مختلف و اقلیم های متفاوت به کار برد. بیشتر برنامه‌های شناخته شده از نوع باز هستند. مانند:

Blast - Doe2-Transys, Energy Plus

در این برنامه ها محل ساختمان، ترکیبات جدارهای ساختمان، داده های اقلیمی و سیستم های حرارتی و تهویه وغیره باید به عنوان ورودی به برنامه داده شود تا محاسبات انرژی انجام شود. البته اگر هزینه های مصرف انرژی نیز در ساختمان خواسته شود باید داده های اقتصادی و مدت زمان استفاده از ساختمان به برنامه داده شود.

برنامه‌های اختصاصی برنامه‌هایی هستند که برای شرایط یا نواحی خاصی طراحی شده‌اند و برای استفاده از آنها باید اصل برنامه تغییر داده شود؛ مانند Aif که برای کانادا طراحی شده است

برنامه‌های کامپیوتری تنوع بسیاری دارند. بعضی از برنامه‌های موجود مانند Besta, Blast, Bunip, Doe2, Esp-r, Trmsys می‌توانند مدل ساختمانی را به صورت جزئی و کامل تحلیل کنند، اما استفاده از آنها به داده‌های ورودی زیاد نیاز دارد.

در برنامه‌های مانند Hap, Carrier, Trace 700 محاسبات اقتصادی بیشتر مورد توجه قرار گرفته و از آنها بیشتر در تحلیل ساختمانهای تجاری استفاده می‌شود.

در برنامه‌های معرفی شده بالا، انرژی به صورت ساعتی محاسبه می‌شود، اما به طور نمونه Energy Plus این محاسبات را در زمان‌های کمتر از یک ساعت (هر ۶ دقیقه) محاسبه می‌نماید [۸، ۹].

روش تحلیل در بیشتر این برنامه‌ها به این صورت است که محاسبات (تلفات یا نفوذ حرارت) در یک زمان مشخص (یک ساعت یا کمتر) انجام شده و سپس بین

فضای داخل اتاق و محیط، تعادل حرارتی برقرار می‌شود.

۳- روش تحلیل

این تحقیق در دو قسمت انجام شده است. در قسمت اول، حالات بهینه عایق حرارتی (از لحاظ ضخامت و محل قرارگیری آن در داخل جدار) برای هر یک از جدارهای ساختمان (دیوارها با جهت‌های مختلف و سقف) بررسی می‌شود. برای این کار از بارهای سرمایشی و گرمایشی سالیانه محاسبه شده در هر جدار برحسب واحد سطح استفاده می‌شود.

در قسمت دوم، با استفاده از نتایج قسمت اول برای هر یک از جدارها، اندازه بارهای سرمایشی و گرمایشی سالیانه و صرفه‌جویی در آن در ساختمانی با اندازه‌های واقعی، با توجه به مساحت و جهت این جدارها محاسبه می‌شود.

۳-۱- مصالح به کار رفته در ساختمان

برای هر یک از دیوارها و سقف از موادی به شرح زیر استفاده شده است:

در سطوح دیوارها و سقف از داخل به خارج به ترتیب، فیلم هوای داخلی با مقاومت حرارتی $0.61 \frac{Ft^2 \cdot hr \cdot ^\circ F}{Btu}$ ، اندود گچ با ضخامت ۱/۵ اینچ (۱/۲۷ سانتیمتر)، لایه بتنی با ضخامت ۸ اینچ (۲۰ سانتیمتر)، اندود خارجی با ضخامت ۱/۷۵ اینچ (۱/۹ سانتیمتر) و همچنین فیلم هوا در سطح خارجی با مقاومت حرارتی $0.17 \frac{Ft^2 \cdot hr \cdot ^\circ F}{Btu}$ استفاده شده است.

عایق استفاده شده در این تحقیق نیز پلی‌استایرن منبسط و پنجره‌ها از جنس فلزی با شیشه تک جداره هستند.

خصوصیات حرارتی این مواد در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. در این جدولها ضخامت به اینچ، چگالی به

در این فرمول:

H تلفات حرارت از کف واقع بر روی سطح زمین.
P آن قسمت از محیط کف است که در معرض هوای
خارج قرار دارد.

A مساحت کف، t_g دمای زمین، t_i دمای هوای داخل و
 t_o دمای هوای خارج است [۱۰].

۳-۲-۲- محاسبات دیوارها و سقف

برای محاسبات دیوارها، سقف، پنجره‌ها و درها از برنامه
Opaque استفاده شده است. Opaque برنامه‌ای است
که برای طراحی جدارهای مختلف ساختمانی ارائه شده
است. در این برنامه می‌توان با وارد کردن دماهای بیشینه و
کمینه هر ماه و همچنین جهت و طول جغرافیایی محل،
اثر جدارهای مختلف ساختمانی را بر دما یا بارهای
حرارتی ساختمان بررسی کرد. این برنامه توسط پروفیسور
Murray Milne از دانشگاه کالیفرنیا نوشته شده است.

۳-۲-۳- مدل ریاضی به کار رفته در برنامه

در طول روز دمای هوای خارج ساختمان و همچنین
تشعشع‌های خورشیدی رسیده به سطح ساختار
ساختمانی، متفاوت و در حال تغییر است. برای بررسی
لحظه‌ای این دو اثر، رابطه‌ای سینوسی برای تغییرات دما با
زمان به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T_{sa}(t) = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \sin\left(\frac{2\pi t}{p} - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{T_{max} + T_{min}}{2} + T_{min} \quad (2)$$

در این معادله $T_{sa}(t)$ به صورت ترکیبی از دمای هوای
خارج و تشعشع خورشیدی بیان می‌شود و T_{max} و T_{min}
به ترتیب دماهای بیشینه و کمینه ماهیانه یا روزانه، p
دوره زمانی مورد نظر (مثلاً اگر محاسبات در طول روز و
به صورت ساعتی انجام شود p، ۲۴ است) و t زمان را
نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۱، معادله ناپایدار یک بعدی در طول

Lb/Ft^3 ، ظرفیت حرارتی به $Btu/Lb^{\circ}F$ و همچنین
مقاومت حرارتی به $Ft^2/hr^{\circ}F/Btu$ بیان شده است.

جدول ۱ مشخصات لایه‌های ساختمانی به کار رفته

نام ماده	لایه بتنی	لایه خارجی	لایه گچ
ضخامت	۲	۰/۵	۰/۶۲۵
چگالی	۱۳۰۰	۱۹۲۰	۱۲۰۰
مقاومت حرارتی	۰/۱۹	۰/۲	۰/۲۵
گرمای ویژه	۶۵۳	۶۷۰	۱۰۸۰

جدول ۲ مشخصات عایق حرارتی به کار رفته

نام ماده	پلی استایرن
ضخامت	۳
چگالی	۵۲
مقاومت حرارتی	۵
گرمای ویژه	۶۵۷

۳-۲-۳- نحوه محاسبه بارهای حرارتی ساختمان

محاسبه بارهای ساختمانی به دو قسمت تقسیم می‌شود که
عبارتند از محاسبه بار در کف ساختمان و محاسبه بارها
در سقف و دیوارها.

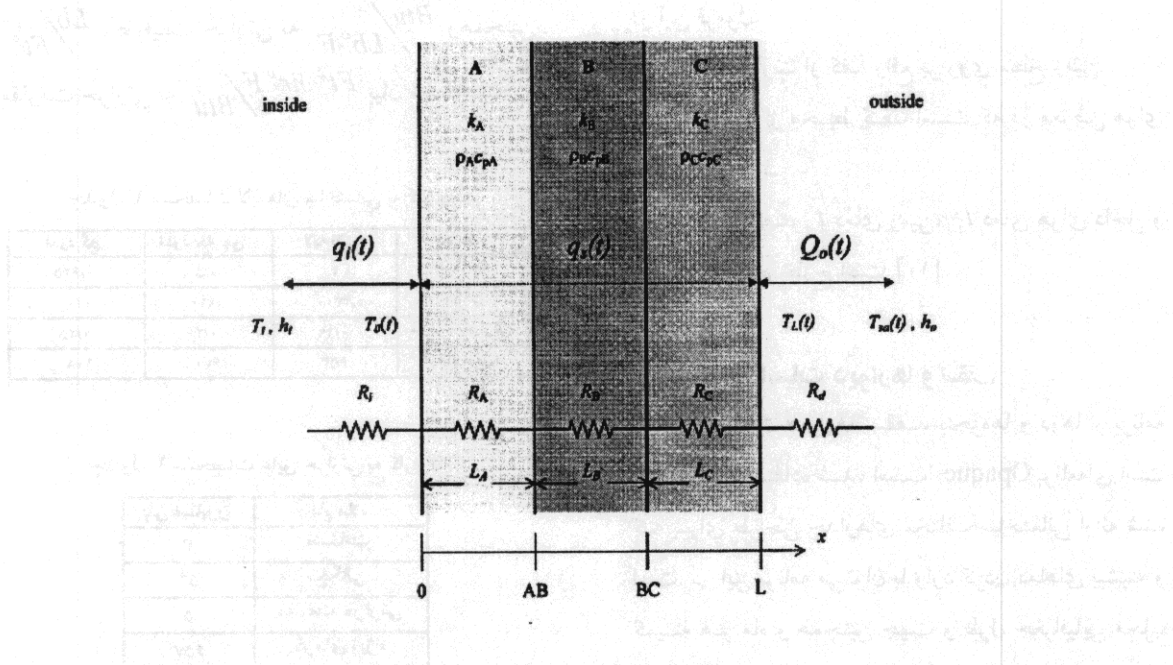
۳-۲-۱- محاسبه بارهای حرارتی در کف

ساختمان

انتقال حرارت از کف ساختمان معمولاً ناچیز و در طول
سال نسبتاً ثابت است، زیرا دمای خاک در سراسر سال
فقط اندکی تغییر می‌کند. تجربه نشان داده است که برای
طبقه‌هایی که کف آنها مستقیماً بر روی سطح زمین قرار
می‌گیرد، در فصل زمستان، اتلاف حرارت، بیشتر با محیط
کف متناسب است نه با سطح کف. برای محاسبه تلفات
حرارتی از کف ساختمان‌های فاقد زیرزمین از رابطه زیر
استفاده می‌شود:

$$H = 6 p(t_i - t_o) + 0.05A(t_i - t_g)$$

۱. البته در این تحقیق فقط بارهای حرارتی مدنظر بوده و از تأثیراتی
مانند نفوذ هوا، اثر سایبان‌ها و غیره صرف‌نظر شده است.



شکل ۱ ساختار دیوار ساختمانی

حالت زیر تحلیل انجام شده است:

- ۱- تعیین بهینه ضخامت عایق در جدارهای ساختمانی
 - ۲- تعیین حالت‌های مختلف قرارگیری عایق در جدار ساختمانی
- هر یک از حالات بالا به صورت جداگانه توضیح داده می‌شود:

۳-۳-۱- تعیین ضخامت بهینه عایق در پوشش‌های ساختمانی

برای تعیین ضخامت بهینه عایق، ضخامت عایق حرارتی از ۱ تا ۸ اینچ (۲/۵ تا ۲۰ سانتیمتر) با افزایش یک اینچی (۲/۵ سانتیمتری) بررسی شده است. محل قرارگیری این عایق حرارتی در سه حالت اصلی زیر است:

الف) قرارگیری عایق در سطح خارجی پوشش ساختمانی

ب) قرارگیری عایق در سطح داخلی پوشش ساختمانی

ج) قرارگیری عایق در وسط پوشش ساختمانی

برای هر یک از این سه حالت، مقدار بهینه ضخامت عایق در جدار ساختمانی (دیوار یا سقف) به دست می‌آید.

دیوار به صورت زیر است:

$$k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3)$$

T دما، k ضریب هدایت حرارتی و ρ چگالی و C_p ظرفیت حرارتی ساختار مورد نظر است.

برای حل این معادله دو شرط مرزی و یک شرط اولیه مورد نیاز است. شرایط مرزی در دو طرف دیوار به صورت زیر بیان می‌شود:

$$k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} = h_i [T_{x=0}(t) - T_i] \quad (4)$$

$$k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=L} = h_o [T_{sa}(t) - T_{x=L}(t)] \quad (5)$$

در این معادلات، h_i و h_o ضرایب انتقال حرارت در دو سطح داخلی و خارجی است. برای شرط اولیه نیز از حل پایدار معادله ۲ استفاده شده است [۵].

۳-۳-۲- حالت‌های بررسی شده

برای قسمت اول (بهینه‌سازی عایق حرارتی) در دو

۲-۳-۳- تعیین حالت‌های مختلف قرارگیری عایق در جدار ساختمانی

قسمت دیگری از بهینه‌سازی عایق، تعیین محل قرار دادن عایق در جدارهای ساختمانی (دیوارها، سقف) است به طوری که بیشترین کاهش را در بارهای حرارتی سالیانه ساختمان نتیجه دهد.

در این تحقیق ۶ حالت مختلف برای قرار گرفتن عایق جدارهای ساختمانی بررسی و بهترین حالت برای هر شهر ارائه می‌شود. البته ضخامت عایق موردنظر در این قسمت (حالت مختلف قرارگیری عایق)، ۵ سانتیمتر است. (شکل ۲ این حالت‌ها را نشان می‌دهد).

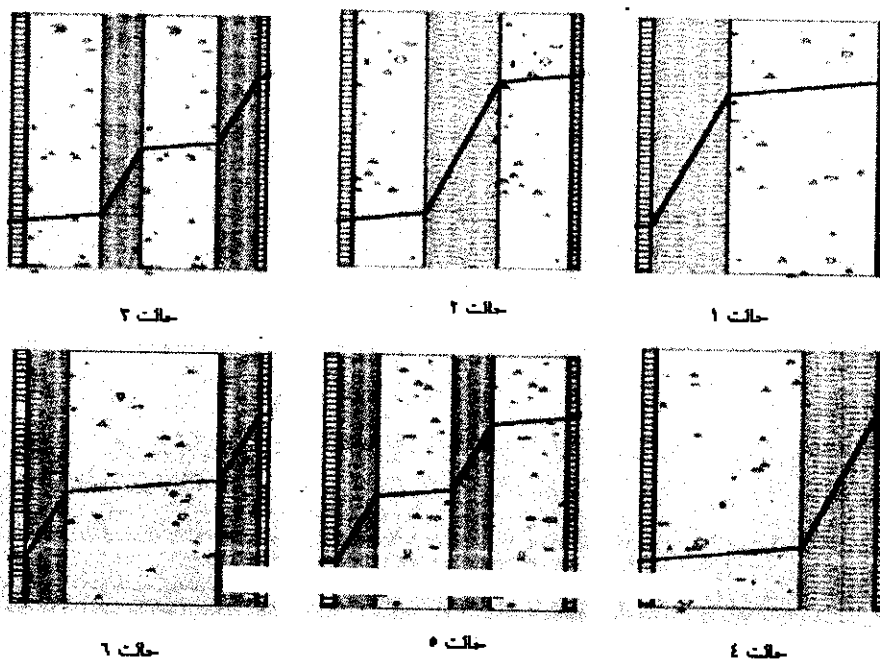
۳-۳-۳- حالت‌های موردنظر

- حالت ۱: اندود گچ (Cm ۱،۲۷) + عایق حرارتی (Cm ۵) + لایه بتنی (Cm ۲۰) + اندود خارجی (Cm ۱،۹)
- حالت ۲: اندود گچ (Cm ۱،۲۷) + لایه بتنی (Cm ۱۰) + عایق حرارتی (Cm ۵) + لایه بتنی (Cm ۲۰) + اندود خارجی (Cm ۱،۹)

خارجی (Cm ۱،۹)

- حالت ۳: اندود گچ (Cm ۱،۲۷) + لایه بتنی (Cm ۲۰) + عایق حرارتی (Cm ۵) + اندود خارجی (Cm ۱،۹)
- حالت ۴: اندود گچ (Cm ۱،۲۷) + عایق حرارتی (Cm ۲،۵) + لایه بتنی (Cm ۲۰) + عایق حرارتی (Cm ۲،۵) + اندود خارجی (Cm ۱،۹)
- حالت ۵: اندود گچ (Cm ۱،۲۷) + عایق حرارتی (Cm ۲،۵) + لایه بتنی (Cm ۱۰) + عایق حرارتی (Cm ۲،۵) + لایه بتنی (Cm ۱۰) + اندود خارجی (Cm ۱،۹)
- حالت ۶: اندود گچ (Cm ۱،۲۷) + لایه بتنی (Cm ۱۰) + عایق حرارتی (Cm ۲،۵) + لایه بتنی (Cm ۱۰) + عایق حرارتی (Cm ۲،۵) + اندود خارجی (Cm ۱،۹)
- حالت ۷: (حالت بدون عایق حرارتی) اندود گچ (Cm ۱،۲۷) + لایه بتنی (Cm ۲۰) + اندود خارجی (Cm ۱،۹)

همچنین برای هر یک از حالاتهای بالا فیلم هوا در روی سطوح داخلی و خارجی جدارها در نظر گرفته شده است.



شکل ۲ حالت‌های مختلف قرارگیری عایق حرارتی در بین جدارهای ساختمانی (در این شکل قسمت سفید لایه بتنی و قسمت سبز رنگ عایق حرارتی است. همچنین خطوط نشان داده شده، نحوه نفوذ حرارت را نشان می‌دهند)

۳-۴- اقلیم‌های بررسی شده

تحقیق برای سه شهر ایران با اقلیم‌های متفاوت (سرد، گرم، معتدل) انجام شده که عبارتند از: تهران با اقلیم معتدل، اهواز با اقلیم گرم و تبریز با اقلیم سرد. جدولهای ۳ تا ۵ بیشینه و کمینه دمای این شهرها را برای یک دوره پنج‌ساله به صورت ماهیانه نشان می‌دهند. با استفاده از دماهای این دوره‌های پنج‌ساله برای هر ماه

بیشینه و کمینه دماها (برحسب درجه سانتی‌گراد و فارنهایت) به دست آمده است. جدول ۳ برای تهران، جدول ۴ برای اهواز و جدول ۵ برای شهر تبریز است. در این جداول دماهای متوسط این ۵ سال نیز بر حسب سانتی‌گراد و فارنهایت نشان داده شده است.

جدول ۳ دماهای بیشینه و کمینه ماهیانه برای یک دوره ۵ ساله شهر تهران

TEHRAN		Latitude	35.41							
MONTH	YEAR	1995	1996	1997	1998	1999	MEAN (C)	MEAN (F)		
JANUARY	MAX	۱۷	۱۲/۶	۱۷	۱۰/۲	۱۳	۱۳/۹۶	۵۷/۱۲۸		
	MIN	-۱	-۶	-۷/۲	-۷/۶	-۱/۶	-۲/۶۸	۲۳/۵۶		
FEBRUARY	MAX	۱۷	۱۷	۱۶/۶	۱۷	۱۹/۴	۱۷/۴	۶۳/۲۲		
	MIN	-۱/۲	-۲/۶	-۶/۲	-۶	-۱/۲	-۳/۲۴	۲۵/۸۰.۸		
MARCH	MAX	۲۳	۲۳/۲	۱۹/۶	۲۲/۴	۲۲	۲۲/۰۴	۷۱/۶۷۲		
	MIN	۳/۶	-۲	-۴	-۲/۶	-۰/۴	-۱/۰.۸	۳۰/۰.۵۶		
APRIL	MAX	۲۷	۲۷/۴	۳۰/۶	۳۱/۴	۲۸/۸	۲۹/۰۴	۸۴/۲۷۲		
	MIN	۷	۲/۴	۰/۴	۴/۶	۴	۳/۶۸	۳۸/۶۲۴		
MAY	MAX	۳۲	۳۲/۴	۳۵	۳۳/۴	۳۶/۶	۳۴/۲۸	۹۳/۷۰۴		
	MIN	۱۰	۱۲/۶	۱۰	۹/۲	۹/۲	۱۰/۲	۵۰/۳۶		
JUNE	MAX	۳۷/۴	۳۷	۳۷/۴	۳۹	۳۹/۴	۳۸/۰۴	۱۰۰/۲۷۲		
	MIN	۱۵	۱۵	۱۸	۱۹	۱۷/۸	۱۶/۹۶	۶۲/۵۲۸		
JULY	MAX	۴۲/۶	۴۸	۴۱/۶	۴۱/۶	۴۰/۲	۴۰/۸	۱۰۵/۴۴		
	MIN	۲۰	۲۱	۱۹/۴	۲۱	۱۶/۶	۱۹/۶	۶۷/۲۸		
AUGUST	MAX	۴۱/۵	۳۹	۴۱/۲	۴۰	۳۸/۴	۴۰/۰۲	۱۰۴/۰۳۶		
	MIN	۲۱	۱۹/۶	۲۱/۸	۲۰	۲۰/۸	۲۰/۶۴	۶۹/۱۵۲		
SEPTEMBER	MAX	۳۵/۴	۳۷	۳۷	۳۶/۴	۳۵/۴	۳۶/۲۴	۹۷/۲۳۲		
	MIN	۱۲/۴	۱۵/۴	۱۲	۱۷	۱۲/۶	۱۳/۸۸	۵۶/۹۸۴		
OCTOBER	MAX	۳۱/۶	۲۷	۳۱	۳۲	۳۰/۶	۳۰/۴۴	۸۶/۹۹۲		
	MIN	۹	۸	۱۱/۲	۹	۹	۹/۲۴	۴۸/۶۳۲		
NOVEMBER	MAX	۲۴	۲۱/۵	۱۸/۶	۲۴/۲	۲۰/۶	۲۱/۸۸	۷۱/۲۰۴		
	MIN	-۰/۸	۲/۴	۴/۶	۸/۴	-۰/۴	۲/۸۴	۳۷/۱۱۲		
DECEMBER	MAX	۱۳	۱۹	۱۴/۲	۱۹	۱۸	۱۶/۶۴	۶۱/۹۵۲		
	MIN	-۲/۲	۲	-۲/۴	۱/۸	-۱	-۰/۳۶	۳۱/۳۵۲		

جدول ۴ دماهای بیشینه و کمینه ماهیانه برای یک دوره ۵ ساله شهر اهواز

Ahwaz		Latitude							
MONTH	YEAR	1995	1996	1997	1998	1999	MEAN (C)	MEAN (F)	
JANUARY	MAX	۲۲	۲۳	۲۵/۲	۱۹/۲	۲۲	۲۲/۲	۷۲/۵۸	
	MIN	۲/۲	۲/۲	۵/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۳۰/۳۳	
FEBRUARY	MAX	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۱/۵	۲۵/۸	۲۵/۲	۲۲/۵۸	۷۱/۸۲	
	MIN	۸	۲/۲	۰	۲/۲	۲/۸	۲/۵۲	۳۰/۳۰	
MARCH	MAX	۳۱	۳۰	۲۲/۸	۳۰/۲	۲۲/۲	۳۰/۲۲	۸۶/۷۲	
	MIN	۱۰/۲	۸/۲	۲	۱۰	۹	۸/۲	۴۷/۱۲	
APRIL	MAX	۲۵/۲	۲۸/۲	۲۵/۲	۲۷/۸	۲۱	۲۷/۲	۹۱/۵۸	
	MIN	۱۲/۲	۱۲/۲	۹	۱۲/۲	۱۲/۲	۱۲	۵۴/۲	
MAY	MAX	۲۲/۲	۲۲	۲۵/۲	۲۷/۲	۲۸	۲۲/۲۸	۱۱۵/۳۰	
	MIN	۱۸	۱۹/۲	۱۲/۸	۲۰	۲۰/۸	۱۹/۲	۶۶/۷۲	
JUNE	MAX	۲۸/۲	۲۷/۲	۲۹/۲	۲۹/۲	۲۸/۸	۲۸/۲	۱۱۹/۶۶	
	MIN	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۲	۲۲/۲	۲۵/۲	۲۲/۱۲	۷۵/۶۶	
JULY	MAX	۲۸	۵۰/۲	۲۸/۲	۲۹/۸	۲۹	۲۹/۸	۸۴/۳۳	
	MIN	۲۵/۲	۲۷/۲	۲۵/۲	۲۷/۲	۲۷/۸	۲۲/۲	۷۱/۸۸	
AUGUST	MAX	۲۹	۵۰	۲۸/۲	۵۰	۵۰/۲	۲۹/۲	۸۴/۳۸	
	MIN	۲۲/۸	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۲	۲۸	۲۵/۲۸	۷۷/۸۲	
SEPTEMBER	MAX	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۲	۲۸/۲	۲۲/۲۲	۱۱۵/۲۸	
	MIN	۱۹	۲۰/۸	۱۹/۸	۲۲/۲	۱۹	۲۰/۲	۶۸/۲	
OCTOBER	MAX	۲۰/۲	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۱	۲۲/۲	۲۱/۲	۱۰۷/۵۲	
	MIN	۱۵	۱۲/۲	۱۲/۲	۱۵	۱۲/۲	۱۵/۲	۵۹/۳۲	
NOVEMBER	MAX	۲۵/۵	۲۲/۸	۲۰	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۲/۲	۹۱/۵۰	
	MIN	۲/۲	۹	۱۱/۲	۱۱/۸	۲/۲	۸	۴۶/۲	
DECEMBER	MAX	۲۳	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۹	۲۲/۲	۲۵/۲	۷۷/۷۲	
	MIN	۲/۲	۸	۷/۲	۷/۲	۲/۸	۲/۲	۳۲/۱۶	

جدول ۵ دماهای بیشینه و کمینه ماهیانه برای یک دوره ۵ ساله شهر تبریز

Tabriz		Latitude							
MONTH	YEAR	1995	1996	1997	1998	1999	MEAN (C)	MEAN (F)	
JANUARY	MAX	۹	۱۰/۲	۱۳/۲	۵	۱۰	۹/۵۲	۴۹/۳۰	
	MIN	-۲/۲	-۹/۸	-۱۲/۸	-۱۰/۲	-۵/۸	-۹	۱۵/۸	
FEBRUARY	MAX	۱۲	۱۳	۱۱/۲	۸/۲	۱۲/۲	۱۱/۵۲	۵۲/۳۳	
	MIN	-۲/۲	-۱۲	-۱۲/۲	-۱۵/۲	-۷/۸	-۱۱/۲۲	۱۱/۵۸	
MARCH	MAX	۱۸/۲	۱۸/۲	۱۲/۲	۱۹/۲	۱۷/۲	۱۷/۲۸	۶۳/۳۲	
	MIN	-۲/۸	-۲/۲	-۱۵	-۲/۲	-۱/۲	-۵/۲۸	۲۱/۷۲	
APRIL	MAX	۲۲	۲۲	۲۸/۲	۲۷/۵	۲۵/۲	۲۵/۵	۷۷/۹	
	MIN	۱/۸	-۰/۸	-۲/۸	۰/۸	۱	-۰/۲	۳۱/۲۸	
MAY	MAX	۲۹/۲	۲۹/۲	۲۹/۲	۳۱	۳۲/۵	۳۰/۵۲	۸۶/۷۲	
	MIN	۲/۲	۸/۲	۵/۲	۵/۸	۲/۸	۵/۲	۴۱/۳۲	
JUNE	MAX	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۷/۸	۲۲/۲	۲۲/۲	۹۲/۵۸	
	MIN	۱۲/۲	۱۱/۲	۱۱/۲	۱۳	۱۲/۲	۱۲/۲۸	۵۲/۳۲	
JULY	MAX	۲۲	۲۷/۵	۲۸/۱	۲۷/۲	۲۷	۲۷/۲۲	۹۱/۳۲	
	MIN	۱۲	۱۲/۲	۱۲/۲	۱۷/۲	۱۲/۲	۱۵/۵۲	۵۹/۳۲	
AUGUST	MAX	۲۸/۲	۲۷/۸	۲۲/۸	۲۲/۲	۲۸/۲	۲۸/۲۲	۸۰/۵۲	
	MIN	۱۷/۲	۱۲/۲	۱۲/۸	۱۷/۲	۱۸	۱۷/۲۲	۶۲/۳۲	
SEPTEMBER	MAX	۲۵/۲	۲۲	۲۱/۵	۲۲/۲	۲۲/۸	۲۲/۲۲	۹۲/۷۲	
	MIN	۲	۱۰	۲/۸	۱۱	۸/۲	۸/۲	۴۷/۵۲	
OCTOBER	MAX	۲۸	۲۲	۲۲/۲	۲۸	۲۰	۲۷/۲	۸۱/۸۲	
	MIN	۲/۲	۲/۸	۵/۸	۲/۸	۲/۸	۲/۲	۳۹/۲۸	
NOVEMBER	MAX	۱۹/۲	۱۲/۲	۱۲/۵	۲۰/۸	۱۸/۲	۱۸/۲	۶۵/۳۸	
	MIN	-۷	-۲	-۱/۲	۲/۲	-۲/۲	-۲/۲	۲۹/۵۸	
DECEMBER	MAX	۱۰/۲	۱۵	۱۲	۲۱/۸	۱۲	۱۲/۲	۵۴/۲۸	
	MIN	-۹/۲	-۲	-۸	-۲	-۲/۲	-۵/۲	۲۱/۳۸	

۴- نتایج

۴-۱- حالت بدون عایق حرارتی

با توجه به جدول ۷ در حالت بدون عایق حرارتی (حالت ۷)، به دلیل شرایط اقلیمی شهرها بار سرمایشی سالیانه در اهواز و بار گرمایشی سالیانه در شهر تبریز دارای بیشترین مقدار می‌باشند. کل بار سالیانه (مجموع بارهای حرارتی سالیانه) در شهر تبریز بیشترین مقدار و در شهر اهواز کمترین مقدار است و بنابراین استفاده از عایق حرارتی و روشهای کاهش مصرف انرژی در شهر تبریز (سردترین)، بیشتر لازم است.

۴-۲- به‌دست آوردن بهترین ضخامت برای

عایق حرارتی

بهترین ضخامت عایق حرارتی برای دو جدار دیوار شمالی و سقف یک ساختمان بررسی شده است.

نتایج به صورت پارامتر درصد بهبود بر اثر ضخامت‌های مختلف عایق، به صورت زیر به‌دست آمده است.

$$D = 1 - A/B$$

که در آن:

D درصد بهبود، A مقدار بار حرارتی در حالت عایق دار و B مقدار بار حرارتی در حالت بدون عایق است.

با توجه به رابطه بالا نتایج به صورت جدول ۶ برای دیوار شمالی و سقف به‌دست می‌آید. در این جدول به ازای تغییر ضخامت عایق از یک اینچ (۲/۵ سانتیمتر) تا ۸ اینچ (۲۰ سانتیمتر) درصد بهبود را بر اثر قرارگیری عایق برای بارهای حرارتی مختلف نشان می‌دهد. البته محل قرارگیری عایق، وسط جدار ساختمانی (سقف و دیوار شمالی) است. بدیهی است با افزایش ضخامت عایق، درصد بهبود افزایش می‌یابد؛ اما عوامل اقتصادی مانند هزینه عایق‌کاری و هزینه انرژی و محدودیت‌های معماری و ساختمانی، موجب می‌شود که ضخامت خاصی انتخاب شود.

با توجه به نتایج جدول دیده می‌شود که قراردادن ۲/۵ (۱ اینچ) سانتیمتر عایق در شهرهای مختلف بارهای حرارتی را حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. با افزایش ضخامت عایق حرارتی به ۵ سانتیمتر این درصد نیز بیشتر خواهد شد. اما از حدی به بعد هرچه ضخامت بیشتر شود افزایش این درصد (میزان کاهش در بارهای حرارتی) تغییر چندانی نمی‌کند. بنابراین باید با توجه به نتایج، ضخامتی از عایق را به عنوان مقدار بهینه انتخاب کرد که علاوه بر این که میزان بارهای حرارتی را به اندازه قابل قبولی کاهش می‌دهد، از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد.

در اینجا ضخامتی به عنوان بهینه انتخاب می‌شود که اختلاف درصد بهبود آن با درصد بهبود آخرین حالت (۸ اینچ یا ۲۰/۳ سانتیمتر)، از ۱۰ درصد بیشتر نباشد. با توجه به این مطالب داریم:

برای شهر تهران ضخامت بهینه عایق حرارتی در دیوار شمالی و سقف ۲ تا ۳ اینچ (۵ تا ۷/۶ سانتیمتر) - که موجب کاهش ۶۰ تا ۷۰ درصدی بارها می‌شود - پیشنهاد می‌شود.

برای شهر تبریز ضخامت بهینه عایق حرارتی در دیوار شمالی و سقف ۳ اینچ (۷/۶ سانتیمتر) پیشنهاد می‌شود. برای شهر اهواز نیز ضخامت بهینه عایق حرارتی در دیوار شمالی و سقف ۲ تا ۳ اینچ (۵ تا ۷/۶ سانتیمتر) پیشنهاد می‌شود.

این بررسی در مورد سایر دیوارها انجام و نتایج آن در مرجع [۱۱] گزارش شده است.

۴-۳- به‌دست آوردن بهترین محل قرارگیری

عایق در جدار ساختمانی

همان‌طور که گفته شد، قسمت دیگری از بهینه‌سازی عایق، تعیین محل قرار دادن عایق در جدارهای ساختمانی (دیوارها، سقف) به صورتی است که بیشترین کاهش در بارهای حرارتی ساختمان را نتیجه دهد.

جدول ۶ درصد بهبود در اثر قرارگیری عایق در دیوار شمالی و سقف ساختمان برای شهرهای مختلف

Thickness	Cooling					
	Wall			Roof		
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
1	۵۳/۷۲	۷۵/۸۲	۵۱/۶۵	۵۱/۶۲	۵۱/۶۶	۶۸/۷۲
2	۷۱/۸	۸۵/۷۷	۷۱/۲۲	۷۲/۳۹	۷۲/۵۲	۶۹/۲۷
3	۷۹/۲۲	۸۸/۲	۷۹/۲۲	۷۹/۸۷	۸۱/۳۶	۷۷/۸۲
4	۸۶/۱۸	۹۱/۸۸	۸۳/۸۷	۸۲/۲۲	۸۲/۵۲	۸۲/۶۵
5	۸۶/۸۲	۹۳/۶۶	۸۶/۷۹	۸۷/۲۲	۷۵/۹۵	۸۵/۹۵
6	۸۹/۲۲	۹۱/۵۵	۸۸/۸۷	۸۸/۶۷	۷۹/۲۱	۸۸/۱۲
7	۹۰/۲۱	۹۵/۵۲	۹۰/۲۱	۹۰/۶۵	۸۲/۳۶	۸۹/۷۵
8	۹۰/۶۸	۹۸/۲۱	۹۱/۲۲	۹۱/۵۵	۸۵/۲۲	۹۲/۱۲

Thickness	Heating					
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
	1	۲۲/۸۱	۲۵/۱۷	۲۱/۸۷	۲۷/۸	۲۷/۷۹
2	۶۶/۱۲	۶۷/۵۸	۶۵/۳۸	۶۸/۹۹	۶۸/۶۲	۶۸/۶۲
3	۷۵/۵	۷۶/۲۹	۷۲/۶۱	۷۶/۸۲	۷۶/۶۳	۷۷/۱
4	۸۰/۸۷	۸۱/۶۹	۸۰/۲۹	۸۲/۳۸	۷۷/۱۸	۸۲/۲۷
5	۸۲/۳۶	۸۵/۰۱	۸۲/۲	۸۵/۶	۷۷/۷۲	۸۵/۵۶
6	۸۶/۷۲	۸۷/۳۸	۸۶/۵۶	۸۷/۸۷	۷۸/۳۸	۸۷/۶۸
7	۸۷/۵۲	۸۸/۸۹	۸۸/۲۲	۸۹/۲۲	۷۸/۸۵	۸۹/۳۸
8	۸۹/۸۶	۹۰/۰۹	۸۹/۲۹	۹۰/۷۲	۸۱/۳۷	۹۰/۶۶

Thickness	Total					
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
	1	۲۲/۶۷	۲۷/۶۶	۲۸/۶۵	۲۸/۶۵	۲۸/۰۲
2	۶۷/۰۷	۶۹/۰۷	۶۹/۳۷	۶۹/۵۲	۶۸/۸۱	۶۹/۰۲
3	۷۶/۱۲	۷۷/۳۵	۷۷/۶۸	۷۷/۳۹	۷۶/۸۷	۷۷/۵۲
4	۸۱/۲۱	۸۲/۵۲	۸۲/۶۹	۸۲/۷۹	۷۷/۵۲	۸۲/۵
5	۸۲/۸۸	۸۵/۷۱	۸۵/۸۹	۸۵/۸۹	۷۷/۶۲	۸۵/۷۹
6	۸۷/۱۶	۸۷/۸۷	۸۸/۰۷	۸۸/۰۵	۷۸/۳۳	۸۷/۹۲
7	۸۸/۷۹	۸۹/۲۲	۸۹/۷۲	۸۹/۶۲	۷۸/۰۲	۸۹/۵۶
8	۸۹/۹۹	۹۰/۷۵	۹۰/۶۶	۹۰/۸۶	۸۱/۵۷	۹۱/۵۸

بدترین جدارها از لحاظ حرارتی (بیشترین حرارت انتقالی) برای شهرهای مختلف به صورت زیر به دست آمده است:

برای شهر تهران

از نظر بار سرمایشی، (بیشترین حرارت انتقالی) به ترتیب جدارهای دیوار جنوبی، دیوار غربی، دیوار شرقی،

نتایج این قسمت در جدول ۷ ارائه شده است. جدول ۷ نتایج را برای دیوارهای غربی، جنوبی، شرقی، شمالی و سقف در حالت های مختلف قرارگیری عایق (۲ اینچ یا ۵ سانتیمتر) در جدار ساختمانی نشان می دهد. در این جدول ستون اول حالت های مختلف قرارگیری عایق را نشان می دهد.

با توجه به جدول ۷ برای حالت بدون عایق حرارتی

۱- در این مطالعه، کارایی دستگاههای گرمایش و سرمایش منظور نشده و درصد بهبود مصرف انرژی به صورت تعریف ارائه شده در بخش ۴-۲ بررسی شده است.

جدول ۷ نتایج بارهای حرارتی سالیانه برای قرارگیری عایق حرارتی در نقاط مختلف جدارهای ساختمانی بر حسب KW/m^2

Case	Loads	South			West			Roof			East			North		
		Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
Case 1	Cooling	۱۹/۲	۱۵/۸	۱۰۲/۸۲	۲۰/۰۸	۱۷/۸۸	۱۲/۸۸۸	۲۰/۲۲	۱۱/۸۲	۱۱۱/۶۶	۲۲/۸۲	۱۸/۲۲	۱۱۸/۲۲	۲۷/۶۶	۹/۲۸	۱۰۰۸
	Heating	۱۱۷/۱۸	۱۶/۶	۶۲/۲۸	۱۵۲/۰۶	۲۰۸/۶۸	۵۶/۱	۱۸/۲۲	۲۵/۸	۷۷/۲	۱۶۹/۸۲	۲۲/۶۶	۵۶/۲۸	۱۷۲/۲۲	۱۲۲/۸۸	۶۹/۲۲
	Total	۱۶۶/۲۸	۲۱۲/۲۸	۱۶۶/۲۲	۱۸۲/۱۲	۲۲۶/۵۶	۱۸۲/۹۸	۲۱۲/۱۲	۲۶/۹۲	۱۸۹/۰۶	۱۹۲/۵۲	۲۲/۰۶	۱۷۵/۰۲	۲۰۰	۲۵۲/۶۶	۱۷۷/۲۲
Case 2	Cooling	۲۷/۸	۱۵/۲۲	۱۲۲/۱۲	۲۰/۲۲	۱۸/۱۲	۱۲/۸۵۸	۲۰/۲۲	۱۲/۰۶	۱۱۲/۰۲	۲۰/۵۶	۱۸	۱۲/۸۵۲	۲۷/۶۶	۹/۲۸	۱۰۰۷۶۶
	Heating	۱۱۷/۹۲	۱۶/۶	۲۷/۵۶	۱۵۰/۹	۲۲۲/۵۲	۵۵/۲۲	۱۸۱/۹۲	۲۶/۶۶	۷۷/۲۸	۱۵۰	۲۲/۲۲	۵۶/۲۸	۱۷۲/۱۲	۱۲۵/۱۶	۶۹/۲۶
	Total	۱۶۶/۲۲	۲۱۲/۲۲	۱۶۶/۶۸	۱۹۱/۲۲	۲۲۰/۶۶	۱۸۲/۹	۲۱۲/۲۲	۲۶/۹۲	۱۹۰/۲۲	۱۹۰/۵۶	۲۲۰/۲۲	۱۸۲/۸	۱۹۹/۸	۲۵۲/۶۶	۱۷۷/۱۲
Case 3	Cooling	۲۸/۹۲	۱۷/۸۸	۹۲/۲۲	۲۸/۱۲	۱۸/۱۲	۱۱۱/۵۲	۲۲/۵۲	۱۱/۸۲	۱۱۲/۶۲	۲۶/۸	۱۸/۲۲	۱۲۲/۸۸	۲۶/۶۶	۹/۶۶	۱۰۰۷۲۲
	Heating	۱۲۸/۶۲	۱۹/۲۶	۶۰/۰۶	۱۵۲/۰۲	۲۱۹/۲۸	۷۶/۱	۱۸۲/۲۲	۲۵/۵۲	۷۶/۰۸	۱۶/۹۲	۲۱/۰۶	۲۶/۵	۲۰۰/۱۸	۱۲۶/۸	۶۹/۲۲
	Total	۱۶۷/۵۸	۲۱۵/۲۲	۱۵۲/۲	۲۰۰/۱۶	۲۲۸/۶۲	۱۸۵/۶۲	۲۱۵/۶۶	۲۷۰/۶۶	۱۸۸/۰	۲۰/۶۲	۲۲۸/۲۲	۱۷۲/۸۸	۲۲۰/۶۶	۲۵۶/۵۶	۱۷۹/۱۶
Case 4	Cooling	۲۸/۱	۱۵/۲	۱۲۵/۵۸	۲۷/۹	۱۷/۸۸	۱۲/۸۵۲	۲۲/۶۶	۱۱/۸۸	۱۱۱/۸۸	۲۰/۰۸	۱۷/۹۲	۱۲/۸۸	۲۷/۲۲	۹/۶	۱۰۰۷۱۶
	Heating	۱۲۶/۶۶	۱۶	۲۷/۵	۱۵۰/۱۸	۲۲۲/۶۶	۵۶/۶۶	۱۸۱/۲۸	۲۵/۸	۷۷/۲	۱۵۲/۶۶	۲۲/۶۶	۵۶/۰۲	۱۵۱/۸۶	۲۵۰/۱	۶۸/۲
	Total	۱۶۷/۶۶	۲۱۰/۲	۱۶۲/۰۸	۱۹۰/۰۸	۲۲۱/۱۲	۱۸۲/۹۸	۲۱۵/۲۲	۲۶/۸۸	۱۸۹/۹۸	۱۹۲/۲۲	۲۲۰/۵۲	۱۸۲/۹۲	۱۹۹/۲۸	۲۵۲/۷	۱۷۵/۵۶
Case 5	Cooling	۲۷/۶۸	۱۵/۱۲	۱۲۵/۸۸	۲۰/۲	۱۷/۶۶	۱۲/۸۵۲	۲۰/۰۸	۱۱/۵۸	۱۱۱/۲	۲۰/۲	۱۷/۵۸	۱۲/۶۶	۹/۰۶	۱۰۰۸۲۶	
	Heating	۱۲۸/۲۲	۱۶/۶۶	۲۷/۲۲	۱۲۷/۲۲	۲۲۲/۱۲	۵۶/۶۶	۱۸۱/۶۸	۲۵/۹	۷۷/۲۲	۱۵۱/۰۲	۲۲/۶۶	۵۶/۲	۱۷۲/۵۶	۲۵۰/۶۶	۶۹/۲۲
	Total	۱۶۷/۹۸	۲۱۰/۸۸	۱۶۲/۶۲	۱۸۷/۲۲	۲۲۹/۶۶	۱۸۵/۵۸	۲۱۱/۸۶	۲۷۰/۲۸	۱۸۹/۵۲	۱۹۰/۲۲	۲۲/۶۶	۱۸۰/۶۶	۱۹۹/۵۶	۲۵۲/۵۲	۱۷۷/۸۸
Case 6	Cooling	۲۸/۰۲	۱۵/۲	۱۲۶	۲۰/۲	۱۷/۶۶	۱۲/۷۲	۲۰/۰۶	۱۱/۸۸	۱۱۱/۵۲	۲۰/۵	۱۷/۸۸	۱۲/۱۸	۹/۲۲	۱۰۰۷۱۲	
	Heating	۱۲۸/۵۲	۱۶/۸۲	۲۷/۲۲	۱۵۰/۲۶	۲۲۲/۲۸	۵۶/۲۲	۱۸۲/۱	۲۵/۰۶	۷۷/۶۶	۱۵۲/۶۶	۲۲/۲	۵۶/۰۲	۱۷۲/۶۶	۲۵۰/۲۲	۶۹/۲۲
	Total	۱۶۷/۵۸	۲۱۱/۱۲	۱۶۲/۲۲	۱۹۰/۲۶	۲۲۱/۱۲	۱۶۸/۹۶	۲۱۲/۱۶	۲۶/۹۲	۱۸۹/۲	۱۹۰/۶۶	۲۲۰/۱۸	۱۸۵/۲۲	۱۹۹/۹۲	۲۵۲/۶۶	۱۷۵/۶۶
Case 7	Cooling	۱۵۱/۵۶	۵۸/۲۲	۲۲۰/۰۲	۱۲۷/۶۶	۶۹/۲	۲۱۹/۲۲	۱۱/۱۹	۲۲/۲	۲۶/۵	۱۲/۱۲	۶/۲۲	۲۱/۶۶	۵۸/۶۶	۶۶/۶۶	۲۷/۶۶
	Heating	۲۲۲/۶۶	۶۲/۱۷	۱۲/۶۶	۲۶/۵۲	۲۱۱/۲۲	۱۹۲/۱۹	۵۸/۸۲	۸۲/۹۱	۲۶/۶۶	۲۸/۸۲	۶/۷/۶۶	۱۶/۸۲	۵۰/۸۲	۷۵/۶۶	۲۰۰/۱۷
	Total	۳۷۳/۰۲	۱۲۰/۳۹	۳۳۲/۶۶	۱۴۳/۱۸	۲۸۰/۲۲	۳۱۱/۶۶	۱۲۰/۲	۱۰۷/۸۲	۵۲/۶۶	۳۴/۱۲	۲۷/۶۶	۲۷/۶۶	۱۰۰/۸۲	۱۲۲/۶۶	۳۷۳/۸۲

از نظر بار گرمایشی، به ترتیب جدارهای سقف، دیوار شمالی، دیوار غربی، دیوار شرقی و دیوار جنوبی بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

از نظر بار کل (مجموع بارها) به ترتیب سقف، دیوار شمالی، دیوار غربی، دیوار شرقی و دیوار جنوبی بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

برای شهر اهواز

از نظر بار سرمایشی، به ترتیب جدارهای دیوار جنوبی، دیوار غربی، دیوار شرقی، دیوار شمالی، سقف بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

از نظر بار گرمایشی، به ترتیب جدارهای سقف، دیوار شمالی، دیوار غربی، دیوار شرقی و دیوار جنوبی بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

سقف و دیوار شمالی بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

از نظر بار گرمایشی، به ترتیب جدارهای سقف، دیوار شمالی، دیوار شرقی، دیوار غربی و دیوار جنوبی بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

از نظر بار کل (مجموع بارها)، به ترتیب سقف، دیوار شرقی، دیوار شمالی، دیوار غربی و دیوار جنوبی بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

برای شهر تبریز

از نظر بار سرمایشی، به ترتیب جدارهای دیوار غربی، دیوار شمالی، دیوار شرقی، دیوار جنوبی، سقف بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

۱. مجموع بارهای سرمایش و گرمایش با بازده برابر فرض شده است.

- ۴- دیوار غربی: حالت (۱) - حالت (۳) - حالت (۵)
حالت (۲) - حالت (۶) - حالت (۴)
۵- سقف: حالت (۴) - حالت (۱) - حالت (۶) - حالت (۳)
حالت (۵) - حالت (۲)

برای شهر اهواز

- ۱- دیوار شرقی: حالت (۳) - حالت (۱) - حالت (۵)
حالت (۲) - حالت (۴) - حالت (۶)
۲- دیوار شمالی: حالت (۴) - حالت (۶) - حالت (۲)
حالت (۱) - حالت (۵) - حالت (۳)
۳- دیوار جنوبی: حالت (۳) - حالت (۴) - حالت (۶)
حالت (۵) - حالت (۲) - حالت (۱)
۴- دیوار غربی: حالت (۶) - حالت (۵) - حالت (۳)
حالت (۲) - حالت (۴) - حالت (۱)
۵- سقف: حالت (۳) - حالت (۱) - حالت (۶) - حالت (۴) - حالت (۵) - حالت (۲)

۴-۳-۲- بهترین محل قرارگیری عایق حرارتی در کل جدارهای ساختمانی (بار کل اتاق)

اکنون عایق حرارتی را در محل مشخصی در هر یک از جدارهای ساختمانی قرار داده و نتایج را برای کاهش کل بار اتاق ارائه می‌دهیم. برای به دست آوردن بار اتاق، بار دیوارهای مختلف و همچنین سقف را با یکدیگر جمع خواهیم نمود.

برای شهر تهران

بهترین محل قرارگیری عایق حرارتی در جدارهای اتاق (دیوارها و سقف) برای شهر تهران - که بیشترین کاهش را در بارهای حرارتی سالیانه اتاق دارد - به ترتیب به صورت زیر است:

- ۱- بار سرمایشی: حالت (۵) - حالت (۶) - حالت (۲)
حالت (۴) - حالت (۳) - حالت (۱)
۲- بار گرمایشی: حالت (۴) - حالت (۱) - حالت (۵)
حالت (۲) - حالت (۶) - حالت (۳)

از نظر بار کل (مجموع بارها) به ترتیب سقف، دیوار غربی، دیوار شرقی، دیوار شمالی و دیوار جنوبی بدترین جدارها از نظر حرارتی هستند.

۴-۳-۱- بهترین محل قرارگیری عایق در جدارهای مختلف شهرها

بهترین محل قرارگیری عایق حرارتی برای کل بار (مجموع بارهای سرمایش و گرمایش) سالیانه در هر شهر و دیوارهای مختلف به صورت زیر است.

برای شهر تهران

بهترین محل قرارگیری عایق حرارتی در دیوارها با جهت‌های مختلف و سقف برای شهر تهران - که بیشترین کاهش را در کل بار سالیانه دارد - به ترتیب به صورت زیر است:

- ۱- دیوار شرقی: حالت (۶) - حالت (۵) - حالت (۲)
حالت (۱) - حالت (۴) - حالت (۳)
۲- دیوار شمالی: حالت (۴) - حالت (۵) - حالت (۲)
حالت (۶) - حالت (۱) - حالت (۳)
۳- دیوار جنوبی: حالت (۲) - حالت (۱) - حالت (۵)
حالت (۴) - حالت (۶) - حالت (۳)
۴- دیوار غربی: حالت (۵) - حالت (۴) - حالت (۶)
حالت (۲) - حالت (۱) - حالت (۳)
۵- سقف: حالت (۵) - حالت (۶) - حالت (۲) - حالت (۱) - حالت (۴) - حالت (۳)

برای شهر تبریز

- ۱- دیوار شرقی: حالت (۳) - حالت (۵) - حالت (۶)
حالت (۲) - حالت (۴) - حالت (۱)
۲- دیوار شمالی: حالت (۱) - حالت (۵) - حالت (۶)
حالت (۲) - حالت (۴) - حالت (۳)
۳- دیوار جنوبی: حالت (۴) - حالت (۵) - حالت (۶)
حالت (۲) - حالت (۱) - حالت (۳)

برای شهر اهواز قرارگیری ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر (۲ تا ۳ اینچ) به صورت حالت (۳) در سقف ساختمان یا به صورت حالت (۶) در دیوار غربی ساختمان توصیه می‌شود.

ب- در صورتی که در تمام جدارهای اتاق عایق قرار داده شود:

برای شهر تهران قرارگیری ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر (۲ تا ۳ اینچ) عایق به صورت حالت (۴) در جدارهای ساختمانی (دیوارها و سقف) توصیه می‌شود.

برای شهر تبریز قرارگیری ۷/۵ سانتیمتر عایق (۳ اینچ) به صورت حالت (۱) در جدارهای ساختمان (دیوارها و سقف) توصیه می‌شود.

برای شهر اهواز قرارگیری ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر (۲ تا ۳ اینچ) به صورت حالت (۳) در جدارهای ساختمان (دیوارها و سقف) توصیه می‌شود.

۶- اجرای محاسبات برای ساختمان نمونه

در این قسمت با توجه به نتایج به دست آمده از قسمت قبل، مقدار بارهای حرارتی (سرمایشی و گرمایشی) سالیانه را برای یک ساختمان نمونه واقعی محاسبه و میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی سالیانه را بر اثر قرارگیری عایق حرارتی در جدارهای آن برای سه شهر تهران، تبریز و اهواز بررسی خواهیم کرد.

نمای ساختمان موردنظر در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. برای این ساختمان مساحت هر یک از قسمت‌ها به صورت زیر است:

سقف ساختمان دارای مساحت ۱۴۷/۸ متر مربع، دیوارهای غربی و شرقی دارای مساحت ۳۲۵/۶۵ متر مربع، دیوار شمالی ۱۷۲/۵۷ متر مربع، دیوار جنوبی ۱۱۶/۵۷ متر مربع، محیط کف ۴۷/۶ متر و مساحت آن ۲۹۶/۶۳، سطح کل پنجره‌ها ۵۱/۸، سطح در چوبی ۲/۸۳ و سطح در فلزی ۴/۲ متر مربع است.

۳- کل بار (مجموع): حالت (۴) - حالت (۵) - حالت (۲) - حالت (۶) - حالت (۱) - حالت (۳)

برای شهر تبریز

۱- بار سرمایشی: حالت (۵) - حالت (۶) - حالت (۴) - حالت (۱) - حالت (۲) - حالت (۳)

۲- بار گرمایشی: حالت (۱) - حالت (۳) - حالت (۵) - حالت (۴) - حالت (۶) - حالت (۲)

۳- کل بار (مجموع): حالت (۱) - حالت (۵) - حالت (۴) - حالت (۶) - حالت (۳) - حالت (۲)

برای شهر اهواز

۱- بار سرمایشی: حالت (۳) - حالت (۱) - حالت (۶) - حالت (۵) - حالت (۴) - حالت (۲)

۲- بار گرمایشی: حالت (۲) - حالت (۴) - حالت (۶) - حالت (۵) - حالت (۱) - حالت (۳)

۳- کل بار (مجموع): حالت (۳) - حالت (۶) - حالت (۱) - حالت (۵) - حالت (۴) - حالت (۲)

۵- نتایج و پیشنهادها برای توزیع جرم

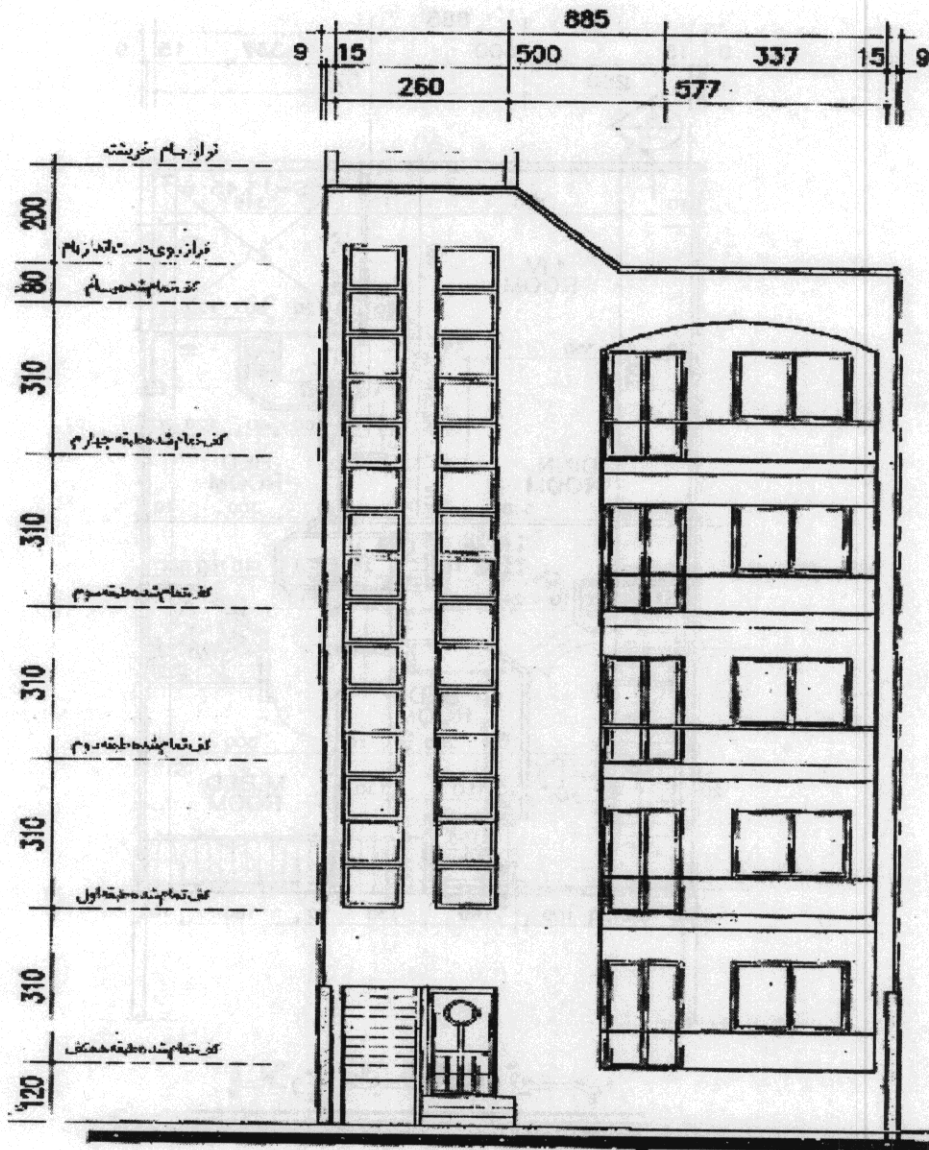
حرارتی در جدارها

در این قسمت برای هر شهر بهترین ضخامت و بهترین محل قرارگیری عایق در دو حالت زیر ارائه می‌شود.

الف- در صورتی که در یک یا دو جدار ساختمانی عایق قرار داده شود:

برای شهر تهران قرارگیری ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر (۲ تا ۳ اینچ) عایق به صورت حالت (۵) در سقف ساختمان یا به صورت حالت (۶) در دیوار شرقی ساختمان توصیه می‌شود.

برای شهر تبریز قرارگیری ۷/۵ سانتیمتر عایق (۳ اینچ) به صورت حالت (۴) در سقف ساختمان یا به صورت حالت (۱) در دیوار شمالی ساختمان توصیه می‌شود.



نمای جنوبی

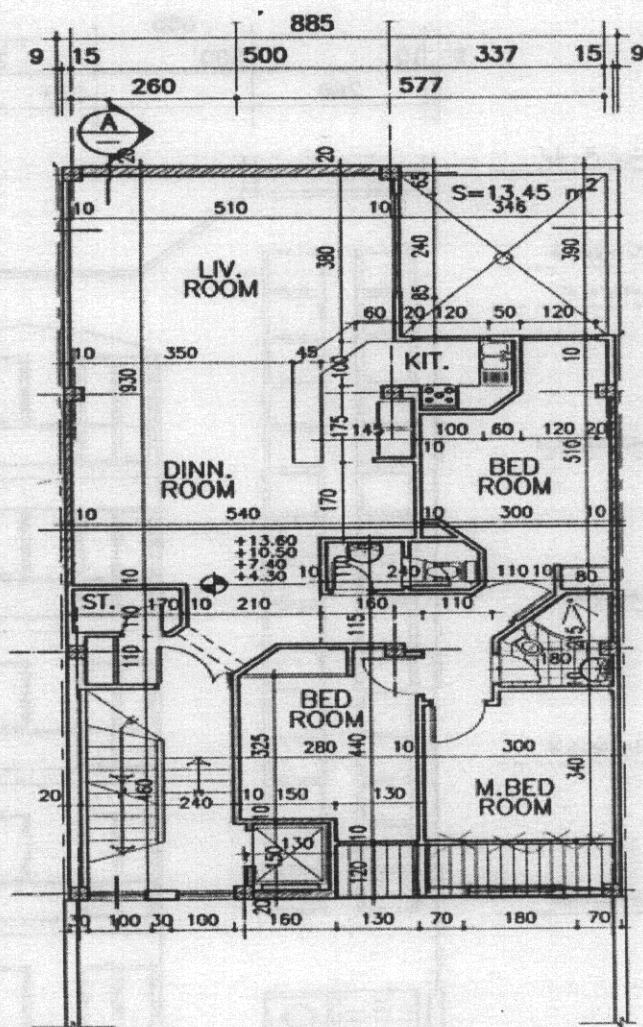
Scale 1:100

شکل ۳ نمای جنوبی ساختمان مورد نظر

همچنین فیلم هوا در سطح خارجی داریم. عایق مورد استفاده نیز پلی استایرن منبسط است. برای پنجره های ساختمان از پنجره فلزی با شیشه تک جدار استفاده شده است.

۱-۶- مواد به کار رفته در ساختمان

در سطوح دیوارها و سقف از داخل به خارج به ترتیب، فیلم هوای داخلی، اندود گچ با ضخامت ۰/۵ اینچ (۱/۲۷ سانتیمتر)، لایه بتنی با ضخامت ۸ اینچ (۲۰ سانتیمتر)، اندود خارجی با ضخامت ۰/۷۵ اینچ (۱/۹ سانتیمتر) و



پلان طبقات قیپ

Scale 1:100

شکل ۴ پلان طبقات ساختمان موردنظر

۶-۲- ضخامت و محل قرارگیری عایق

حزاتی

برای هر یک از دیوارها و سقف ساختمان نحوه قرارگیری عایق حزاتی به صورت زیر است:

برای شهر تهران قرارگیری ۷/۵ سانتیمتر عایق (۳ اینچ) به صورت دو تکه در سطح‌های داخلی و سطح خارجی جدارهای ساختمانی (دیوارها و سقف) است.
برای شهر تبریز قرارگیری ۷/۵ سانتیمتر عایق (۳ اینچ) به صورت یک تیکه در سطح داخلی جدارهای ساختمانی

(دیوارها و سقف) است.

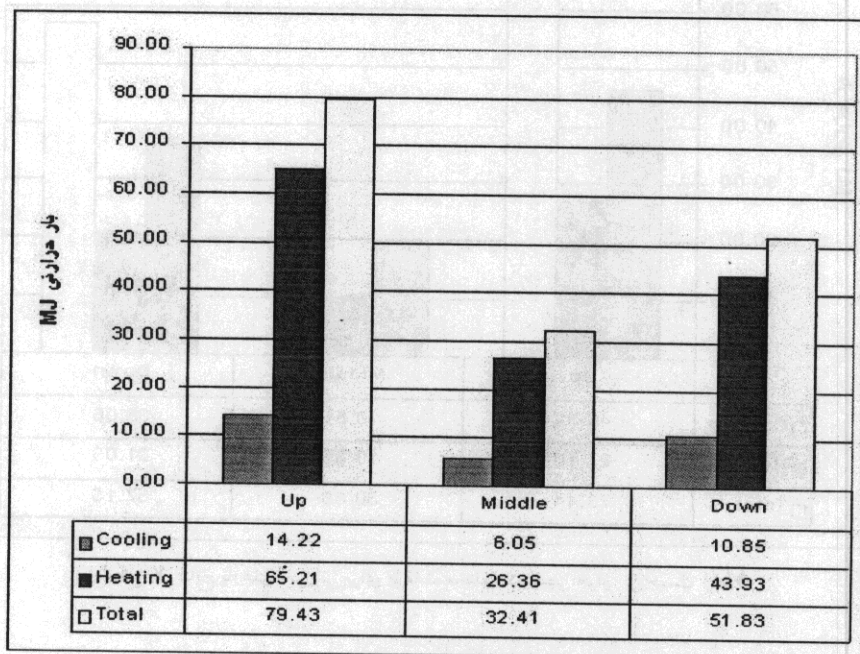
برای شهر اهواز قرارگیری ۷/۵ سانتیمتر عایق (۳ اینچ) به صورت یک تکه در سطح خارجی جدارهای ساختمان (دیوارها و سقف) است.

۶-۳- نتایج برای هر طبقه

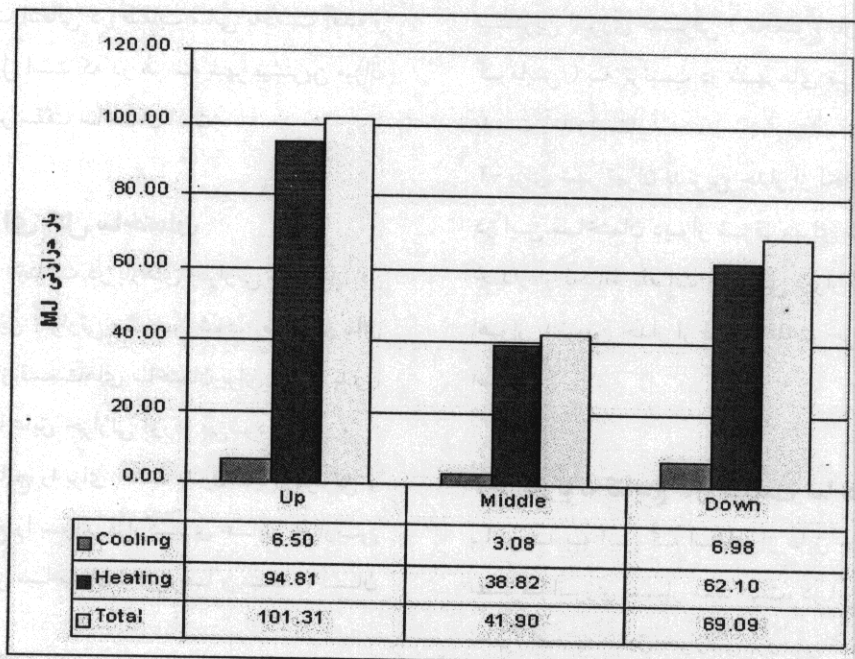
طبقات این ساختمان به سه قسمت تقسیم شده که عبارتند از:
بالاترین طبقه Up، طبقه‌های میانی Middle و پایین‌ترین طبقه Down

ساختمان شامل دیوارها، سقف، کف، پنجره‌ها و درها به صورت MJ برای هر طبقه نشان داده شده است. با توجه به شکل‌ها نتایج زیر بدست می‌آید:

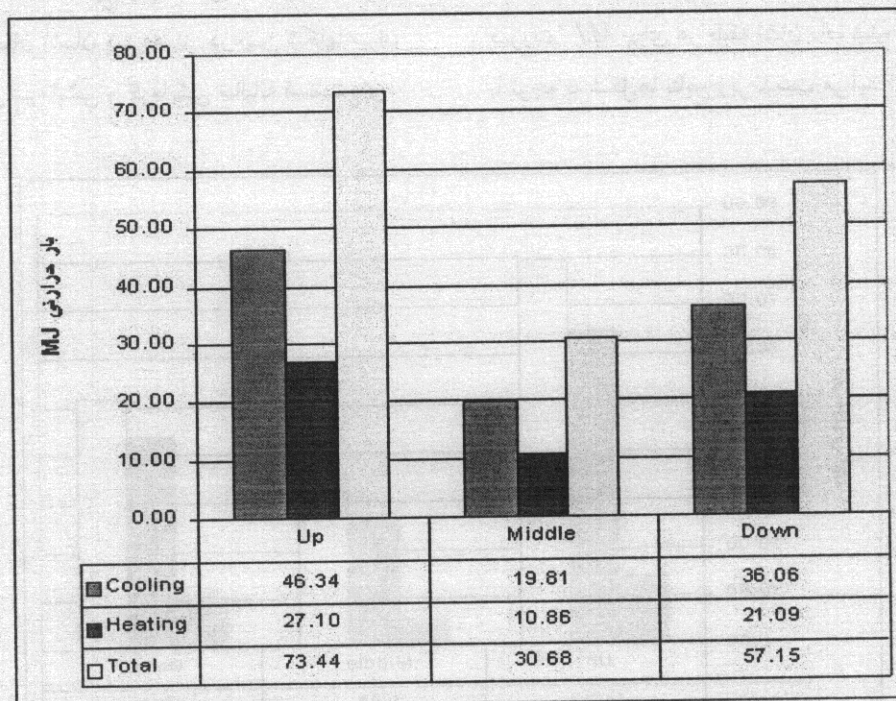
شکل‌های ۵ تا ۷ نتایج را به صورت مقایسه‌ای برای طبقات ساختمان نشان می‌دهند. در این شکل‌ها میزان بارهای حرارتی سرمایشی و گرمایشی سالیانه قسمت‌های



شکل ۵ نتایج بارهای حرارتی برای طبقات مختلف در شهر تهران بر حسب MJ



شکل ۶ نتایج بارهای حرارتی برای طبقات مختلف در شهر تبریز بر حسب MJ



شکل ۷ نتایج بارهای حرارتی برای طبقات مختلف در شهر اهواز بر حسب MJ

۱- بیشترین بار سرمایشی در شهر اهواز، بیشترین بار گرمایشی در شهر تبریز به‌دست آمده است. همچنین بیشترین انرژی مصرفی (مجموع بارهای سرمایش و گرمایش) به ترتیب در شهرهای تبریز، تهران و اهواز به‌دست آمده است.

۲- برای شهر تهران بدترین جدار از لحاظ تلفات حرارتی در این ساختمان دیوار شرقی، برای شهر تبریز بدترین جدار از لحاظ تلفات حرارتی دیوار شرقی، برای شهر اهواز بدترین جدار از لحاظ تلفات حرارتی دیوار غربی است.

۷- کاربرد نتایج در صنعت ساختمان

با توجه به این که استفاده از عایق حرارتی در کاهش مصرف انرژی بسیار مفید است، در این تحقیق میزان نحوه نصب عایق حرارتی بررسی شده است. در این تحقیق نشان داده شده که برای دیوار معین و عایقی خاص

دید می‌شود که برای این ساختمان در هر سه شهر بیشترین حرارت انتقالی در بالاترین طبقه و همچنین کمترین حرارت انتقالی در طبقات میانی به‌دست آمده و این به این دلیل است که در هر سه شهر بیشترین میزان حرارت انتقالی در سقف ساختمان است.

۶-۴ نتایج برای کل ساختمان

برای اینکه میزان اختلاف در بارهای حرارتی ساختمان در اثر قرارگیری عایق حرارتی مشخص شود، میزان بارهای حرارتی هر یک از قسمت‌های ساختمان برای حالت بدون عایق حرارتی و با عایق حرارتی آورده می‌شود.

جدول ۸ نتایج را برای حالت بدون عایق حرارتی و جدول ۹ نتایج را برای قرارگیری عایق حرارتی در جدارهای این ساختمان (دیوارها و سقف) نشان می‌دهند.

با توجه به این جداول نتایج زیر به‌دست می‌آید:

جدول ۸ نتایج بارهای حرارتی کل ساختمان در حالت بدون عایق حرارتی بر حسب MJ

Tehran		East	North	South	West	Roof	Windows	Doors	Floors	Total
	Cooling	۲۲/۳۸	۱۶/۸۹	۱۷/۶۷	۲۲/۸۲	۱۶/۲۹	۹/۲۵	۲/۲۹	۱/۲۲	۱۵۱/۲۳
Heating	۱۵۸/۲۱	۸۷/۲۳	۲۵/۷۵	۱۵۱/۶۰	۸۶/۲۳	۲۸/۸۰	۱۲/۸۲	۰/۵۶	۱/۹۰	۷۳۲/۶۶
Total	۲۰۰/۵۹	۱۰۲/۱۲	۴۲/۴۲	۱۴۶/۴۲	۱۰۲/۰۲	۵۸/۲۶	۱۵/۲۳	۱/۹۰	۱۵۱/۲۳	۱۳۲۴/۸۹
Tabriz		East	North	South	West	Roof	Windows	Doors	Floors	Total
	Cooling	۱۷/۹۲	۱۱/۵۰	۶/۸۰	۲۲/۳۸	۶/۲۹	۶/۲۰	۱/۳۸	۲/۰۲	۷۷/۲۱
Heating	۲۳۰/۳۸	۱۳۰/۵۷	۷۲/۲۳	۲۳۱/۶۲	۱۲۲/۱۵	۷۲/۶۲	۱۹/۱۲	۰/۲۷	۲/۲۹	۱۵۸/۲۹
Total	۲۵۰/۳۲	۱۴۲/۰۸	۸۰/۰۲	۲۵۳/۰۹	۱۲۸/۰۲	۷۸/۰۲	۲۰/۸۰	۲/۲۹	۱۵۸/۲۹	۱۵۸۲/۳۶
Ahvaz		East	North	South	West	Roof	Windows	Doors	Floors	Total
	Cooling	۱۳۶/۰۲	۶۵/۱۱	۵۰/۱۵	۱۳۶/۵۲	۵۲/۳۸	۲۶/۲۲	۹/۵۳	۰/۲۱	۲۸۸/۲۲
Heating	۵۷/۵۸	۲۲/۳۸	۱۲/۸۹	۵۸/۲۵	۲۶/۲۳	۱۹/۲۹	۵/۰۸	۱/۶۰	۲/۰۰	۱۱۶/۲۲
Total	۱۹۳/۶۰	۸۷/۴۹	۶۲/۰۴	۱۹۴/۷۷	۷۸/۶۱	۴۵/۵۱	۱۴/۶۱	۲/۰۰	۲۸۸/۲۲	۳۵۴/۲۲

جدول ۹ نتایج بارهای حرارتی کل ساختمان در حالت قرارگیری عایق حرارتی در داخل جدارهای ساختمانی بر حسب MJ

Tehran		East	North	South	West	Roof	Windows	Doors	Floors	Total
	Cooling	۱/۷۹	۲/۵۵	۲/۲۳	۹/۷۵	۲/۶۵	۹/۲۵	۲/۲۹	۱/۲۲	۲۲/۳۵
Heating	۲۷/۶۸	۱۹/۶۵	۱۱/۳۱	۲۶/۶۸	۲۰/۲۱	۲۸/۸۰	۱۲/۸۲	۰/۵۶	۱/۹۰	۲۳۱/۰۸
Total	۲۷/۲۷	۲۲/۲۰	۱۳/۶۲	۳۶/۴۳	۲۲/۸۶	۳۷/۸۶	۱۵/۲۳	۱/۹۰	۲۳/۰۸	۴۲۴/۱۱
Tabriz		East	North	South	West	Roof	Windows	Doors	Floors	Total
	Cooling	۱/۲۵	۱/۲۳	۱/۳۸	۶/۲۷	۱/۳۲	۶/۲۰	۱/۳۸	۲/۰۲	۲۲/۸۵
Heating	۵۲/۳۱	۳۱/۷۱	۱۷/۱۸	۵۰/۹۷	۲۸/۶۰	۷۲/۶۲	۱۹/۱۲	۰/۲۷	۲/۲۹	۲۹۷/۶۶
Total	۵۸/۵۶	۳۲/۹۴	۱۸/۵۶	۵۶/۱۲۴	۲۹/۹۲	۷۸/۰۲	۲۰/۸۰	۲/۲۹	۲۴/۱۱	۳۲۴/۱۱
Ahvaz		East	North	South	West	Roof	Windows	Doors	Floors	Total
	Cooling	۳۰/۲۳	۱۲/۱۶	۸/۰۷	۲۷/۲۲	۱۲/۳۸	۲۶/۲۲	۹/۵۳	۰/۲۱	۲۸۸/۲۲
Heating	۱۲/۰۹	۹/۰۲	۵/۲۵	۱۸/۱۰	۸/۲۳	۱۹/۲۹	۵/۰۸	۱/۶۰	۲/۰۰	۱۱۶/۲۲
Total	۴۲/۳۲	۲۱/۱۸	۱۳/۳۲	۴۵/۳۲	۲۰/۶۱	۴۵/۵۱	۱۴/۶۱	۲/۰۰	۲۸۸/۲۲	۳۵۴/۲۲

با توجه به شرایط اقلیمی و مصالح مورد استفاده نیز مشخص شود تا بهترین نتیجه حاصل شود. در مواردی که از ساختمان به صورت منقطع استفاده می‌شود مانند ساختمان‌های اداری و نظایر آن، لازم است محاسبات بر مبنای برنامه‌های جداگانه انجام شده و در خصوص عایق‌کاری تصمیم‌گیری شود. در بعضی موارد در ساختمانهای با استفاده منقطع نصب عایق ممکن است موجب افزایش مصرف سالیانه انرژی شود [۱۲].

در ساختمانی با استفاده مداوم در طول سال، انتخاب ضخامت مناسب عایق و نحوه قرارگیری آن در دیوار می‌تواند تا ۷۵ درصد میزان صرفه‌جویی در بارهای حرارتی سالیانه را تغییر دهد. با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود که در محاسبات و طراحی ساختمان، با توجه به جنس و ضخامت دیوار و نوع عایق حرارتی انتخاب شده ابتدا میزان بهینه ضخامت عایق از لحاظ اقتصادی به دست آمده و در مرحله بعدی محل قرارگیری این عایق در داخل جدارهای ساختمانی

۸- منابع

- [7] Chow.W.K, Fong.S.K, "Typical meteorological for building energy simulation in Hong Kong", Fuel And Energy Abstracts, Jul 1997, pp.123-134.
- [8] Michael J.Witte, Robert Henninger, "Testing and validation of new building energy simulation program", Energy and Buildings, Oct 2001, pp.783-791.
- [9] Omar. M. Al-Rabghi, Douglas. C. Hittle, "Energy simulation in buildings: Overviwe and blast example", Energy Conversion And Management , Vol 42, 2001, pp.1623-1635.
- [۱۰] مهندس سید مجتبی طباطبائی، محاسبات تاسیسات ساختمان، آذرماه ۱۳۷۶، چاپ شرکت قلم
- [۱۱] مهدی معرفت، بهروز محمد کاری، عبدالسلام ابراهیم پور، تاثیر محل قرارگیری عایق حرارتی در جدارهای ساختمانی بر بارهای سرمایش و گرمایش سالیانه منازل مسکونی در شرایط اقلیمی ایران، نشریه انرژی ایران، بهمن ۱۳۸۱، صفحه ۱۱-۲۳.
- [12] M.bojic, F. yik, P. Sat, "Influence of thermal insulation position in building envelope on the space cooling of high-rise residential buildings in Hong Kong", Energy And Buildings, Vol 33, 2001, pp.569-581.
- [1] راهنمای مبحث نوزدهم، صرفه جویی در مصرف انرژی، جلد اول، عایق کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان‌ها، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۰
- [2] M.S. Soylemez, M. Unsal, "Optimum insulation thickness for refrigeration applications", Energy Conversion and Management, 1999, Vol 40, pp.13-21.
- [3] H.Asan, "Investigation of wall's optimum insulation position from maximum time lag and minimum decrement factor point of view", Energy and Buildings, Vol 32, 2000; pp.197-203.
- [4] Elisabeth Kossecka, Jan Kosny, "Influence of insulation configuration on heating and cooling loads in a continuously used building", Energy and Buildings , 2002 , Vol 34, pp.231-321.
- [5] Murray Milne, Department of Architecture and Urban Design, University of California, Los Angeles, Opaque software: <http://www.aud.ucla.edu/> Energy-Design-Tools.
- [6] Neymark, J.Judkoff, "Applying the Building Energy Simulation Test Diagnostic Method to Verification of Space Conditioning", Energy and Buildings, Oct 2002. pp.917-931.