مجله مهندسی مکانیک مدرس، مهر 1395، دوره 16، شماره 13، ویژه‌نامه مجموعه مقالات کنفرانس، ص‌ص 185-188

مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی تهویه‌مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
بیرجند، دانشگاه بیرجند، 6 و 7 مهر 1395

مهندسی مکانیک مدرس
mme.modares.ac.ir

بررسی توجیه‌پذیری اقتصادی استفاده از عایق‌های متداول در جدار خارجی یک ساختمان نمونه استاندارد در اقلیم تهران

کریم جعفریان[1]، سید علیرضا ذوالفقاری[2*]، عظیم نظری[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه بیرجند، بیرجند
2- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه بیرجند، بیرجند
3- استادیار، اقتصاد نظری، دانشگاه دولتی بجنورد، بجنورد
* بیرجند، صندوق پستی 97175-376، zolfaghari@birjand.ac.ir

چکیده

در این پژوهش با استفاده از نرم افزار کریر، یک ساختمان نمونه استاندارد شبیه‌سازی شده است و به کمک این شبیه‌سازی به بررسی همزمان صرفه‌جویی انرژی و مباحث اقتصادی در اثر عایق‌کاری، پرداخته شده است. با مدل‌سازی فضای نمونه شماره 600 استاندارد اشری در آب و هوای شهر تهران، میزان بار گرمایشی و سرمایشی مصرفی سالانه ساختمان با اعمال عایق‌های پیشنهادی متداول در ایران، در جدار خارجی محاسبه شده است. همچنین میزان صرفه‌جویی انرژی گرمایشی و سرمایشی حاصل از این عایق‌کاری بدست آمده است. هزینه عایق‌کاری دیوارها که شامل هزینه خود عایق، کارگر، حمل و نقل و سایر هزینه‌ها محاسبه شده و در نهایت با محاسبه نقطه سر به سر زمان بازگشت هزینه مصرفی برای عایق‌کاری در اثر صرفه‌جویی انرژی حاصل شده است. در این تحقیق با عایق‌کاری جدارهای خارجی بعد حدود 1.5 سال هزینه صرف شده برای عایق‌کاری برمی‌گردد. همچنین به صرفه‌ترین دیوار برای عایق‌کاری، دیوار غربی با عایق پیشنهادی هبلکس است که زمان بازگشت هزینه مصرفی برای عایق‌کاری در اثر صرفه‌جویی حدود 13 ماه به‌دست آمده است. این زمان بازگشت، زمان معقولی است و عایق‌کاری دیوارها را به خوبی توجیه می‌کند.

کلید واژگان: بار گرمایشی و سرمایشی، توجیه پذیری اقتصادی، صرفه جویی انرژی، نقطه سر به سر، عایق‌کاری

Evaluation of the economic feasibility of using common materials in the external wall of a standard building in the Region of Tehran

Karim Jafarian, Alireza Zolfaghari*, Azim Nazari

Department of Mechanical Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran
* P.O.B. 97175-376, Birjand, Iran, zolfaghari@birjand.ac.ir

ABSTRACT

In this study, a standard building has been simulated with carrier software. Energy saving and economic issues, arising from insulation, were discussed. By modeling the sample space ASHRAE Standard No. 600 in Tehran weather, the heating and cooling load of the building annual consumption is calculated by using proposed external wall materials. Besides, the amount of Heating and cooling energy savings, achieved with this insulation, was obtained. Wall insulation costs including labor, transportation and other expenses were also calculated. Finally, the break-even time to the spending costs were calculated and for insulation of external walls found to be about 1.5 years after investment. Also for the most frugal insulation, Western Wall with Heblex suggested insulation, the payback period is 13 months which is reasonable.

Keywords: Heating and cooling load, economic feasibility, energy savings, break, insulation

1- مقدمه

اصولاً یکی از معیارهای رشد اقتصادی، افزایش مصرف انرژی است. محاسبات اقتصادی انجام شده در سال‌های اخیر نشان داده است که میزان افزایش انرژی مصرفی جهان همواره رو به افزایش است و پیش بینی می‌شود در سال‌های آینده، میزان انرژی مصرفی باز هم بیشتر شود. بنابراین انرژی در بازار جهانی به صورت یک کالای گران‌بها درآمده است و برای کشورهایی که از آن برخوردارند، منشأ درآمدهای بزرگ نقدی است. منابع انرژی به کشورهای تولیدکننده امکان می‌دهد درآمد حاصل از آن را برای رشد و صنعتی شدن سریع خود به کار گیرند. به همین دلیل، در جهان کنونی کلیه کشورهایی که در اندیشه رشد و پشت سر گذاشتن عقب‌ماندگی اقتصادی، صنعتی و اجتماعی هستند، در پی آن هستند که با بهای هرچه کمتر به منابع انرژی بیشتری دست یابند.

کشورهای گوناگون از لحاظ برخورداری از منابع انرژی با یکدیگر یکسان نیستند. با یک نگاه کلی به جغرافیایی انرژی در جهان کنونی، می‌بینیم که انواع انرژی به صورتی بسیار پراکنده در جهان تقسیم شده است. پاره‌ای از انرژی‌ها فقط در نقاط خاصی از جهان یافت می‌شوند و پاره‌ای دیگر همچون انرژی‌های طبیعی، اگرچه در همه جا وجود دارند اما از نظر کیفیت بهره برداری یکسان نیستند. هزینه بالای آلودگی ناشی از این‌گونه انرژی‌ها و عدم موفقیت بشر در یافتن سوخت‌های فسیلی جایگزین باعث گردیده است که متخصصان به فکر پیدا کردن راهکارهایی جهت کاهش مصرف انرژی در زمینه‌های مختلف گردند. یکی از این موارد، ساختمان‌ها به عنوان بخش مهمی از مصرف کننده حامل‌های انرژی می‌باشند که درصد بالایی از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. روند رو به رشد مصرف انرژی و بالا بودن مصرف سرانه نسبت به دنیا و تلفات بالای انرژی در بخش خانگی در ایران،

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:
Please cite this article using:
K.Jafarian,A.Zolfaghari, A.Nazari, Evaluation of the economic feasibility of using common materials in the external wall of a standard building in the Region of Tehran, *Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Second International Conference on Air-Conditioning, Heating and Cooling Installations*, Vol. 16, No. 13, pp. 185-188, 2016 (in Persian فارسی)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.42.9]

لزوم برنامه‌ریزی کارآمد را در زمینه مدیریت مصرف به عنوان مناسب‌ترین راه حل جلوگیری از بروز بحران به خوبی تبیین می‌نماید.

دیزل و فوبرت [1] مطالعه‌ای برای به حداکثر رساندن ضریب عملکرد عایق‌های حرارتی فعال به عنوان یک سیستم سرمایشی و گرمایشی قابل استفاده در ساختمان انجام دادند. آن‌ها از مدل اجزاء محدود[1] برای انجام این مطالعه استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که این مدل عایق در حالت گرمایش عملکرد بهتری دارد. لویز و همکاران [2] امکان‌سنجی مبنتی بر بهینه‌سازی یک عایق حرارتی فعال را مطالعه کردند. آنها با انجام یک مطالعه مبتنی بر بهینه‌سازی مقدماتی، اثر بالقوه عایق حرارتی فعال را بدست آوردند. آن‌ها همچنین با طراحی این عایق حرارتی فعال برای یک پنجره خاص، اثر ورود و خروج حرارت از طریق این پنجره را جبران می‌کردند. فوکایدس و پاپادوپولوس [3] به بررسی ضخامت عایق و هزینه بهینه در آب و هوای خشک پرداخته‌اند. آن‌ها به دنبال ایجاد یک روش برای محاسبه ضخامت عایق با هزینه بهینه از عناصر ساختمان بودند، بنابراین یک مطالعه بر روی ضخامت ایده‌آل عایق به‌منظور ارائه نتایج قابل اعتمادتر انجام دادند. در نهایت آن‌ها یک مدل برای سازش بهتر بین سادگی و دقت و در عین حال با ضریب هدایت حرارتی پایین و در نتیجه بهبود بهره‌وری انرژی در ساختمان ارائه کردند. نیرس و همکاران [4] در سال 2014 مدلی ریاضی بر پایه سرمایه‌گذاری- پس‌انداز برای بهینه‌سازی همزمان انرژی و اقتصادی عایق حرارتی دیوار خارجی ارائه دادند. آن‌ها عایق حرارتی پلی استایرن را انتخاب کردند و حداقل دوره بازپرداخت سرمایه‌گذاری را معیار بهینه‌سازی در نظر گرفتند. با توجه به قیمت‌های روز کشور صربستان نقطه سر به سر را حدود 1.5 سال به‌دست آوردند. آکساپولوس و همکاران [5] در سال 2015 به بررسی اقتصادی ضخامت بهینه مواد عایق برای جهت‌های مختلف از دیوارهای خارجی با توجه به جهت باد در کشور قبرس پرداختند. در تحقیق حاضر عایق‌های متداولی که در ایران استفاده می‌شود و همچنین اقلیم تهران انتخاب شده است. این انتخاب‌ها باعث بومی شدن و ملموس شدن نتایج شده است. همچنین در گذشته کمتر پیرامون قیمت‌ها، هزینه اولیه و جهت دیوار عایق‌کاری شده بحث شده است که در این پژوهش به بررسی این پارامترها به طور همزمان پرداخته شده است.

2- فضای نمونه و شرایط حل

در پژوهش حاضر، برای انجام مطالعات از استاندارد اشری 140 برای تعیین فضای نمونه استفاده شده است. این فضای نمونه که در "شکل 1" نشان داده شده است، دارای ارتفاع 2.7 متر وطول 8 متر در راستای جنوب و عرض 6 متر می باشد. این فضا دارای 2 پنجره به ابعاد 3 × 2 بدون هیچ‌گونه سایبانی می باشد که در جهت جنوب تعبیه شده اند.

در فضای نمونه انتخابی برای این تحقیق، ضریب پخش مادون قرمز (ε) برای دیوارهای داخلی و خارجی برابر 0.9 است. گستره ضریب جذب تابشی خورشید (α) برای دیوارهای داخلی و خارجی برابر 0.6 می باشد.

در این پژوهش از نسخه Hap4.5 نرم افزار کریر جهت شبیه‌سازی انرژی در یک ساختمان مدل استفاده شده است. با استفاده از این نرم‌افزار اثر پارامترهایی چون تنوع مصالح در دیوارهای خارجی، عایق کاری دیوارهای خارجی در بار حرارتی و برودتی و میزان مصرف انرژی ساختمان در ماه‌های مختلف سال در یک ساختمان نمونه در شرایط آب و هوایی شهر تهران بررسی

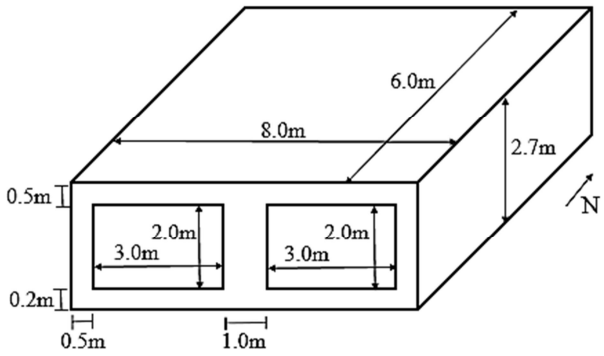

Fig. 1 Structure of model space

شکل 1 پیکربندی فضای نمونه

بررسی شده است. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر عایق‌کاری در دیوارهای ساختمان و توجیه پذیری اقتصادی آن است. به همین منظور سه نوع عایق مختلف در نظر گرفته شده است. اگرچه دیوارها دارای مصالح ترکیبی است ولی در جدول 1 ضریب انتقال حرارت به طور میانگین بیان شده است.

عایق مبنا، آجر معمولی در نظر گرفته شد. در ابتدا هر 4 جهت از عایق مبنا استفاده شد و در مدل‌سازی‌های بعدی به ترتیب هر عایق در 4 جهت جغرافیایی قرار داده شد تا میزان صرفه‌جویی در صورت استفاده از آن عایق به‌دست آید، که 3 جهت عایق مبنا و جهت چهارم عایق‌های دیگر لحاظ شد.

برای بررسی اقتصادی این پژوهش، مقدار هزینه‌ای که به ازای هر کیلووات ساعت سرمایش و گرمایش باید پرداخت شود، به صورت پیشنهادی از قبوض برق و گاز استخراج و در جدول 2 بیان شده است. قیمتی که برای گاز رایج است به ازای هر متر مکعب گاز است. در نیروگاه‌ها، به طور متوسط به ازای هر یک متر مکعب گاز، 3 کیلو وات ساعت برق تولید می‌شود. وسیله گرمایش در فصل زمستان، بخاری و وسیله سرمایش در فصل تابستان، کولر آبی فرض شده است.

برای به‌دست آوردن هزینه اولیه عایق کاری، به قیمت تمام شده عایق‌ها نیاز است که شامل هزینه خود عایق، دستمزد نیروی کار، هزینه حمل تا محل و ... می‌باشد. این قیمت تمام شده در جدول 3 به تفکیک عایق بیان شده است. واضح است که این مبالغ مانند قیمت انرژی به صورت یک پیشنهاد است.

در جدول بهای تمام شده عایق‌های پیشنهادی، قیمت‌ها برای هر متر مربع از عایق مربوط محاسبه شده است.

جدول 1 ضریب انتقال حرارت عایق‌های پیشنهادی

Table 1 Proposed insulators U-Value

عایق	$U\left(W/m^2K\right)$
آجر معمولی	2.05
3D panel	0.26
Heblex	0.30

جدول 2 بهای انرژی

Table 2 Cost of Energy

نوع انرژی	قیمت (تومان)
به ازای هر کیلو وات ساعت گرمایش با گاز	45
به ازای هر کیلو وات ساعت سرمایش با برق	70

[1] Finite Elements Model

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.42.9]

جدول 3 بهای تمام شده عایق های پیشنهادی

Table 3 The cost of the proposed insulation

نوع عایق	قیمت(تومان)
آجر معمولی	24000
3D panel	74000
Heblex	62000

3- نتایج و بحث

اقلیم، شهر تهران انتخاب شد و اجزا و ضریب هدایت حرارتی عایق‌ها در قسمت دیوارها اعمال شد. خروجی نرم‌افزار به‌صورت گرمایش و سرمایش سالانه بدست آمد، بدین معنی که در هر سال به طور میانگین با اعمال عایق مذکور چه میزان مصرف انرژی (گرمایشی یا سرمایشی) وجود دارد.

در جدول 4، ردیف اول مربوط به حالتی که هر 4 طرف از آجر معمولی (حالت مبنا) استفاده شده است و ردیف‌های بعدی مربوط به حالتی که در یک جهت جغرافیایی خاص عایقی اعمال شود و سه جهت باقی همان آجر معمولی باشد.

با حاصل شدن بارهای گرمایشی و سرمایشی با اعمال عایق‌ها در یک جهت جغرافیایی، میزان انرژی صرفه‌جویی شده در یک سال میانگین برابر اختلاف انرژی مصرفی(گرمایشی و سرمایشی) در صورت استفاده از آجر در 4 جهت(حالت مبنا) با بقیه حالت‌های 8 گانه (حالت‌های اعمال عایق در یک جهت) است که برحسب MWh گزارش شده است.

در جدول 5 میزان بار گرمایشی صرفه‌جویی شده در فصل زمستان و بار سرمایشی صرفه‌جویی شده در فصل تابستان در اثر اعمال عایق در یک جهت دیوار است که برحسب MWh محاسبه شده است. در تحلیل این خروجی می‌توان به این نکته اشاره کرد که در اثر استفاده از عایق در یک جهت ساختمان حدود 7 مگاوات ساعت بار سرمایشی در تابستان و حدود 2 مگاوات ساعت بار گرمایشی در زمستان ذخیره می‌شود.

بعد از بررسی میزان صرفه‌جویی‌ها در اثر استفاده از عایق، در ادامه، بحث اقتصادی می‌شود که برای پیمانکار و صاحب‌کار ملموس‌تر است و هنگام پرداخت قبوض مورد توجه قرار می‌گیرد. با واقعی شدن قیمت انرژی در ایران، تمایل صاحب کاران به سمت کاهش هزینه مصرفی به مراتب بیشتر شده است. قابل ذکر است با پلکانی شدن بهای انرژی، با کاهش مصرف انرژی، مصرف‌کنندگان از تخفیفات زیادی بهره‌مند می‌شوند. با استفاده از نتایج این بحث می‌توان پیمانکاران را برای استفاده از عایق متقاعد کرد.

در جدول 6 میزان هزینه صرفه‌جویی شده در اثر اعمال عایق‌ها در جهات

جدول4 میزان انرژی گرمایشی و سرمایشی مصرفی در یک سال با اعمال عایق

Table 4 The consumed heating and cooling energy in a year by applying insulator

نوع عایق	جهت قرارگیری عایق	گرمایش (MWh)	سرمایش (MWh)
آجر معمولی	هر 4 جهت	2.513	13.200
3D panel	شمال	1.064	4.690
Heblex	شمال	0.960	5.344
3D panel	شرق	1.071	4.840
Heblex	شرق	0.746	6.250
3D panel	غرب	0.560	6.290
Heblex	غرب	0.730	6.230
3D panel	جنوب	0.862	4.810
Heblex	جنوب	0.150	7.170

جدول5 میزان انرژی گرمایشی و سرمایشی صرفه جویی شده در یک سال نسبت به حالت مبنا

Table 5 The comparison of heating and cooling energy savings in one year to base state

نوع عایق	جهت قرارگیری عایق	گرمایش Δq(MWh)	سرمایش Δq(MWh)
آجر معمولی	هر 4 جهت	-	-
3D panel	شمال	1.449	8.510
Heblex	شمال	1.553	7.856
3D panel	شرق	1.442	8.360
Heblex	شرق	1.767	6.950
3D panel	غرب	1.953	6.910
Heblex	غرب	1.783	6.970
3D panel	جنوب	1.651	8.390
Heblex	جنوب	2.363	6.030

جدول6 میزان هزینه انرژی صرفه جویی شده در یک سال برحسب تومان

Table 6 The saved energy cost per one year per Tomans

نوع عایق	جهت قرارگیری عایق	هزینه انرژی صرفه‌جویی شده از گرمایش (تومان)	هزینه انرژی صرفه‌جویی شده از سرمایش (تومان)	جمع (تومان)
آجر معمولی	هر 4 جهت	-	-	-
3D panel	شمال	65200	595700	660900
Heblex	شمال	69900	549900	619800
3D panel	شرق	64900	585200	650100
Heblex	شرق	79500	486500	566000
3D panel	غرب	87900	483700	571600
Heblex	غرب	80200	487900	568100
3D panel	جنوب	74300	587300	661600
Heblex	جنوب	106300	422100	528400

مختلف برحسب تومان به تفکیک بار سرمایشی و بار گرمایشی آمده است. در ستون آخر هم مجموع هزینه‌های ذخیره شده (گرمایشی و سرمایشی) برحسب تومان گنجانده شده است. به این معنی که در صورت استفاده از هر یک از این عایق‌ها در یک جهت دیوار ساختمان چه میزان پول در یک سال صرفه‌جویی می‌شود.

در ادامه میزان هزینه اولیه برای عایق‌کاری محاسبه می‌شود. در صورت استفاده از عایق در یک جهت دیگر لازم به آجر کار کردن آن سمت نیست. این میزان هزینه اولیه در جدول 7 ذکر شده است. هزینه صفر، به هزینه کار کردن دیوار با آجر معمولی در 3 جهت و تفاضل هزینه عایق کاری و دیوار چینی باهم را گویند. قابل ذکر است، در این گزارش پنجره‌های سمت جنوب فضای نمونه حذف گردیده است. چون بحث این تحقیق پیرامون عایق‌های دیواری است.

در جدول 7، چون مساحت دیوارهای شرقی و غربی یکسان است، لذا هزینه عایق‌کاری برابری دارد.

به عنوان مثال برای عایق کردن دیوار شمالی با 3D panel، هزینه اولیه به صورت زیر محاسبه می شود:

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.42.9]

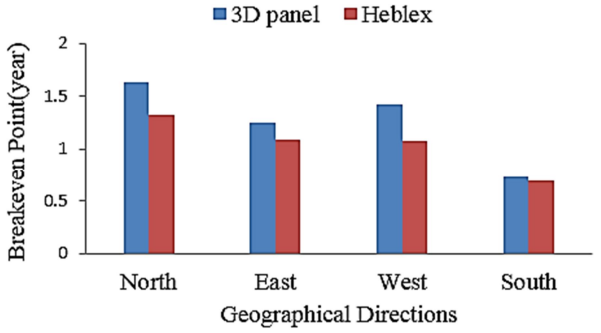

Fig. 2 Breakeven point for the four geographical directions and two different insulator

شکل 2 نقطه سر به سر برای چهار جهت جغرافیایی و دو عایق مختلف

توجه شود که در جهت جغرافیایی جنوب چون میزان عایق استفاده شده به علت وجود پنجره کم است، پس نقطه سر به سر آن از بقیه جهات کمتر می‌شود. لازم به ذکر است، چون در دیوار سمت جنوب دو عدد پنجره تعبیه شده است و بحث این پژوهش عایق‌کاری جداره می‌باشد، لذا پایین بودن نقطه سر به سر در جهت جنوب فاقد اهمیت است.

4- نتیجه‌گیری

این پژوهش به بررسی تاثیر استفاده از عایق‌های مختلف در جهت‌های متفاوت ساختمان نمونه در اقلیم تهران و بررسی توجیه‌پذیری اقتصادی پرداخته است. نتایج نشان داد بعد از حدود 1.5 سال هزینه صرف شده برای عایق‌کاری برمی‌گردد. همچنین استفاده از عایق پیشنهادی هبلکس در دیوار غربی به صرفه‌ترین مورد است، زیرا کوتاه ترین نقطه سر به سر یعنی 13 ماه را به خود اختصاص داده است.

5- مراجع

[1] S. Van Dessel and B. Foubert, "Active thermal insulators: Finite elements modeling and parametric study of thermoelectric modules integrated into a double pane glazing system," *Energy and Buildings*, Vol. 42, pp. 1156-1164, 2010.
[2] T. Harren-Lewis, S. Rangavajhala, A. Messac, and J. Zhang, "Optimization-based feasibility study of an active thermal insulator," *Building and Environment*, Vol. 53, pp. 7-15, 2012.
[3] P. A. Fokaides and A. M. Papadopoulos, "Cost-optimal insulation thickness in dry and mesothermal climates: Existing models and their improvement," *Energy and Buildings*, Vol. 68, pp. 203-212, 2014.
[4] J. Nyers, L. Kajtar, S. Tomić, and A. Nyers, "Investment-savings method for energy-economic optimization of external wall thermal insulation thickness," *Energy and Buildings*, Vol. 86, pp. 268-274, 2015.
[5] I. Axaopoulos, P. Axaopoulos, G. Panayiotou, S. Kalogirou, and J. Gelegenis, "Optimal economic thickness of various insulation materials for different orientations of external walls considering the wind characteristics," *Energy*, Vol. 90, pp. 939-952, 2015.

جدول7 میزان هزینه اولیه برای عایق‌کاری

Table 7 The initial cost for insulation

نوع عایق	جهت قرارگیری عایق	هزینه عایق کاری(تومان)
آجر معمولی	هر 4 جهت	-
3D panel	شمال	1080000
Heblex	شمال	820800
3D panel	شرق، غرب	810000
Heblex	شرق، غرب	615600
3D panel	جنوب	480000
Heblex	جنوب	364800

طبق ابعاد فضای نمونه، مساحت دیوار شمالی $21.6\ m^2$ است و همان‌طور که ذکر شد، هزینه هر متر مربع از عایق مفروض 74 هزار تومان است. پس هزینه عایق کاری دیوار شمالی 1598400 تومان خواهد بود که بعد از تفاضل با هزینه ساخت دیوار با آجر معمولی، مقدار 1080000 تومان به‌دست می‌آید.

بعد از محاسبه میزان هزینه صرفه‌جویی شده و میزان هزینه عایق کاری، نقطه سر به سر به‌دست خواهد آمد. نقطه سر به سر به زمانی گفته می‌شود که پس از گذشت آن مدت میزان سود و سرمایه‌گذاری یکی شود. بدین معنی که تا این زمان، هیچ سودی بابت عایق کاری عاید بهره‌بردار نشده و از این لحظه به بعد سود عایق‌کاری را مشاهده می‌کند.

$$B.P.\,(\text{year}) = \frac{C.I.\,(\text{Toman})}{C.S.\,(\text{Toman/year})} \qquad (1)$$

طبق رابطه (1) با تقسیم هزینه عایق‌کاری (C.I.) بر هزینه صرفه جویی شده (C.S.) می‌توان نقطه سر به سر (B.P.) را به‌دست آورد که واحد اندازه‌گیری آن برحسب سال می‌باشد، یعنی در عرض چند سال این روش، برگشت سرمایه‌گذاری دارد. نقطه سر به سر محاسبه شده در این پژوهش در جدول 8 بیان شده است.

جدول8 نقطه سر به سر برحسب سال

Table 8 Breakeven point at year

نوع عایق	جهت قرارگیری عایق	هزینه عایق‌کاری (تومان)	هزینه انرژی صرفه‌جویی شده (تومان بر سال)	نقطه سر به سر(سال)
آجر معمولی	هر 4 جهت	-	-	-
3D panel	شمال	1080000	660900	1.63
Heblex	شمال	820800	619800	1.32
3D panel	شرق	810000	650100	1.25
Heblex	شرق	615600	566000	1.09
3D panel	غرب	810000	571600	1.42
Heblex	غرب	615600	568100	1.08
3D panel	جنوب	480000	661600	0.73
Heblex	جنوب	364800	528400	0.69

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.42.9]