

بررسی اثر استفاده از جدارهای با کارایی حرارتی بالا در تغییر هزینه‌ها و انرژی مصرفی ساختمان

مجید سلطانی

دانشکده مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

حامد یوسفی کیا

دانشکده مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

haykia@gmail.com

چکیده

جدار (envelope) به اجزایی از ساختمان گفته می‌شود که فضای تهویه شده را احاطه می‌کند. هرگونه گرما، رطوبت، گرد و غبار و غیره، می‌تواند از محیط بیرون یا فضای تهویه نشده وارد محوطه جدار ساختمان شده یا از آن خارج شود و بدین ترتیب شرایط محیطی فضای تهویه شده را تحت تاثیر قرار دهد.

در این پروژه به تخمین میزان مصرف انرژی سالیانه برای تامین گرمایش ساختمان با توجه به نوع جدارهای مورد استفاده، پرداخته‌ایم. برای انجام محاسبات تخمین انرژی مصرفی از روش روز-درجه با دمای پایه ثابت استفاده شده است. در قدم بعد اثر استفاده از جدارهای با کارایی بالایی حرارتی، در جدارهای خارجی ساختمان بر کاهش سرمایه گذاری اولیه برپایی تاسیسات حرارتی ساختمان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در مقاله سعی شده است تا با دید اقتصادی به موضوع استفاده از جدارهای با کارایی حرارتی بالا نگاه شود. استفاده از جدارهای با کارایی حرارتی بالا، علاوه بر بالا بردن میزان آسایش در ساختمان، باعث کاهش هزینه جاری و کوچک شدن تاسیسات حرارتی ساختمان و در نتیجه پایین آمدن هزینه

اولیه و هزینه های تعمیر و نگهداری آن می شود. اما از طرفی خریداری و نصب این جدارها، خود هزینه ای مضاعف برای سازنده به همراه دارد. در مقاله به بررسی این موضوعات می پردازیم.

مقدمه

سامان دهی به وضع نامطلوب مصرف انرژی در ساختمان ها علاوه بر وضع قوانین اجتماعی نیاز به فرهنگ سازی دارد. پیشنهاد الگو های جدید فرهنگی به مردم، نیازمند مطالعه و تحقیق متخصصین امر در موضوعات مورد نیاز است تا با معرفی یک الگو مناسب زمینه شناخت و قبول آن در جامعه فراهم شود. در این مقاله سعی شده است تا با بررسی اثرات استفاده از تجهیزات و مصالح ساختمانی مناسب زمینه شناسایی و معرفی یک فرهنگ مناسب برای ساخت و ساز ساختمان ها برای منطقی کردن مصرف انرژی فراهم گردد.

بررسی اولیه و بیان تئوری

بررسی و محاسبات مربوط به میزان مصرف انرژی سالیانه برای تامین گرمایش، بار حرارتی ساختمان و انتخاب سیستم گرمایش مناسب را برای ۳ ساختمان که در شهر تهران قرار گرفته اند، انجام می دهیم.

در مرحله اول حجم و بهای گاز مصرفی سالیانه برای تامین گرمایش در هر ۳ ساختمان از روی فیش هزینه که توسط شرکت گاز صادر شده است محاسبه می شود. در مرحله بعد میزان مصرف سالیانه حامل انرژی (که در اینجا گاز طبیعی است) و سپس هزینه گرمایش ساختمان با جدارهای فعلی آن با استفاده از روش روز درجه و با توجه به مشخصات جدارهای ساختمان محاسبه می شود. برای محاسبه انرژی مصرفی سالیانه ابتدا میزان انرژی مورد نیاز سالیانه برای تامین گرمایش به ترتیب زیر محاسبه می شود [۱]:

$$AED = SHDD \times 24 \times 3600 \times AU$$

Annual Energy Demand (AED) انرژی سالیانه مورد نیاز برای تامین گرمایش بر حسب

ژول

Standard Heating Degree days (SHDD) روز درجه گرمایش استاندارد

A: مساحت سطح مورد نظر (m^2)

U: ضریب انتقال حرارت کلی ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

24: طول روز به ساعت

3600: زمان یک ساعت بر حسب ثانیه

فرمول ۱ - محاسبه انرژی سالیانه مورد نیاز

برای تهران بر اساس اطلاعات سازمان هواشناسی روز درجه سرمایش برابر با 1378.5 می‌باشد. مبنای محاسبه دمای 18°C است [۲].

میزان انرژی مورد نیاز سالیانه برای جبران اتلاف ناشی از نفوذ هوا به ترتیب زیر محاسبه می‌شود [۱]:

$$AED = SHDD \times 24 \times 3600 \times \frac{Q}{(t_{in} - t_{out})}$$

Annual Energy Demand (AED): انرژی سالیانه مورد نیاز برای تامین گرمایش بر حسب ژول

Standard Heating Degree days (SHDD): روز درجه گرمایش استاندارد

Q : بار ناشی از نفوذ هوا (W)

24: طول روز به ساعت

3600: زمان یک ساعت بر حسب ثانیه

$T_{in} - T_{out}$: اختلاف دمای طرح داخل و خارج ($^{\circ}\text{C}$)

فرمول ۲- محاسبه انرژی سالیانه مورد نیاز برای نفوذ هوا

میزان انرژی مورد نیاز سالیانه برای هر یک از جدارها به طور جداگانه با استفاده از فرمول ۱ محاسبه می‌شود و سپس میزان گاز مصرفی سالیانه با استفاده از فرمول ۳، با توجه به مشخصات سوخت و مشخصات تجهیزات گرمایشی، محاسبه می‌شود [۱]:

$$AFC = AED / (CV \times SE)$$

Annual Fuel Consumption (AFC): گاز مصرفی سالیانه (m^3)

AED : انرژی سالیانه مورد نیاز برای تامین گرمایش بر حسب J

CV : ارزش حرارتی سوخت مورد نظر (J/m^3)

Seasonal Efficiency (SE): راندمان فصلی

فرمول ۳- محاسبه گاز مصرفی سالیانه

در مرحله سوم میزان گاز مصرفی سالیانه ساختمان در دو حالت استفاده از جدارهای معمولی و جدارهای با کارایی بالای حرارتی، با روش ذکر شده محاسبه می‌شود.

در مرحله چهارم بار گرمایشی ساختمان با استفاده از روش بالانس حرارتی با هدف انتخاب تجهیزات مناسب گرمایشی در دو حالت استفاده از جدارهای معمولی و جدارهای با کارایی بالای حرارتی، محاسبه می‌شود. در اینجا نیز اتلاف هر یک از جدارهای ساختمان به طور جداگانه محاسبه شده و مجموع آنها به عنوان اتلاف کل ساختمان در نظر می‌شود. برای محاسبه اتلاف حرارتی جدارها (دیوار، سقف و پنجره) از فرمول زیر استفاده می‌شود [۳]:

$$Q=A \times U \times (T_{in}-T_{out})$$

Q : حرارت منتقل شده از جدار (W)

A : مساحت جدار (m^2)

U : ضریب کلی انتقال حرارت هدایت ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

T_{in} : دمای طرح داخل ($^\circ C$)

T_{out} : دمای طرح خارج ($^\circ C$)

فرمول ۴- محاسبه بار گرمایشی ساختمان

ضریب انتقال حرارت دیوار و سقف و پنجره، محاسبه و یا از منابع استخراج شده و در جدول ۱ ذکر شده است.

برای محاسبات، دمای طرح داخل برابر با $22^\circ C$ در نظر گرفته شده است. دمای طرح خارج نیز بر اساس اطلاعات سازمان هواشناسی برابر با $15^\circ C$ در نظر گرفته شده است.

علاوه بر اتلاف حرارتی جدارها، هوای نفوذی به ساختمان نیز باری را بر سیستم گرمایش تحمیل می‌کند، که به طور جداگانه محاسبه و درج شده است.

در مرحله پنجم با توجه به محاسبات بار گرمایشی در مرحله قبل، سیستم گرمایشی مناسبی برای ساختمان انتخاب می‌شود. سیستم گرمایشی شوفاژ حرارت مرکزی با رادیاتور آلومینیومی در نظر گرفته شده است. با توجه به این نکته که آبگرم مصرفی از سیستم حرارت مرکزی تامین می‌شود، بایست بار حرارتی آبگرم مصرفی به بار حرارتی کل ساختمان اضافه شود و سپس دستگاه مناسب انتخاب شود.

انتخاب بر روی ۳ قطعه اصلی سیستم یعنی: دیگ، مشعل و تعداد پره‌های رادیاتور انجام می‌گیرد. با توجه به تولید داخلی در اجزا ذکر شده، انتخاب از بین محصولات شرکت‌های تولیدکننده داخلی انجام می‌گیرد. انتخاب دیگ، از بین محصولات شرکت ایرفو انجام می‌گیرد. برای انتخاب مشعل، از مشعل‌های تولیدی شرکت ایران رادیاتور استفاده شده است. رادیاتور منتخب برای نصب، رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر شرکت ایران رادیاتور است. برای پنجره‌های با کارایی حرارتی بالا از پنجره‌های دو جداره با قاب PVC شرکت سکو استفاده شده است.

بر این اساس محاسبه میزان مصرف انرژی بهینه سالیانه، بار گرمایشی و انتخاب دستگاه و تخمین هزینه‌های نهایی، برای هر ۳ ساختمان در ۲ حالت مختلف جدارها انجام خواهد شد.

- حالت ۱: جدارهای فعلی ساختمان، که شامل پنجره با شیشه تک‌جدار و قاب فلزی است. درها نیز فلزی و یا چوبی هستند. دیوارهای خارجی و سقف از آجر معمولی بدون هرگونه عایق حرارتی ساخته شده‌اند. محاسبات این حالت در واقع محاسبات مصرف بهینه و بار بهینه با توجه به مشخصات فعلی جدار ساختمان است.

حالت ۲: فرض استفاده از جدار های با کارآیی بالای حرارتی که شامل شیشه دو جداره پر شده با هوا و قاب PVC و کاملاً درز بندی شده و نیز عایق حرارتی در سقف و دیوارهای خارجی، به جای جدارهای فعلی ساختمان.

مطالعه موردی

مصرف واقعی گرمایش هر سه ساختمان بر اساس فیش های شرکت گاز در جدول ۲ آمده است و به ترتیب برای ساختمان های ۱ و ۲ و ۳ برابر با ۳۶۷۶، ۵۲۹۷، ۴۹۵۱ متر مکعب است. هر ۳ ساختمان به صورت ویلایی و دوبلکس هستند. زیر بنای هر یک به ترتیب ۲۵۱ و ۲۰۰ و ۱۵۰ متر مربع است. ساختمان ها به صورت اسکلت فلزی با آجر معمولی و طاق ضربی است. سیستم گرمایش به کار رفته شوفاژ حرارت مرکزی است. حامل انرژی برای تامین گرمایش، گاز طبیعی شهری است. پنجره ها با قاب فلزی و شیشه تک جدار هستند و از عایق حرارتی در هیچ جای ساختمان استفاده نشده است. برای محاسبه هزینه گاز، قیمت هر متر مکعب از گاز شهری برابر با ۸۴ ریال در نظر گرفته می شود [۴].

ضرایب انتقال حرارت جدارهای ساختمان در حالت های مختلف در جدول ۱ آمده است. با توجه به روش روز درجه میزان انرژی گرمایشی سالیانه مورد نیاز برای هر ۳ ساختمان در هر دو حالت محاسبه شده است و در جداول ۳ تا ۵ آمده است. میزان اتلاف و هزینه ای که هر کدام از جدارها بر صاحب خانه تحمیل می کند، در هر یک از ساختمان ها به صورت مجزا محاسبه و در جداول درج شده است.

در ساختمان ۱ سقف با ۵۰٪ اتلاف بالاترین میزان اتلاف را دارد و اتلاف از دیوارهای خارجی ۱۱٪ و اتلاف درب و پنجره ها ۳۹٪ اتلاف کل است. در ساختمان ۲ سقف ۲۶٪ و دیوارهای خارجی ۱۹٪ و درب و پنجره ها ۵۵٪ اتلاف کل ساختمان را دارد. در ساختمان ۳ اتلاف از سقف ۲۷٪ و از دیوارهای خارجی ۳۷٪ و از درب و پنجره ها ۳۶٪ است.

در ساختمان ۱ هزینه گرمایش سالیانه در حالت واقعی در حدود ۳۰۰ هزار ریال محاسبه شده است. در حالت ۱ هزینه به حدود ۲۷۰ هزار ریال کاهش می یابد. استفاده از جدار های با کارآیی بالای حرارتی هزینه گرمایش سالیانه را حدوداً تا ۹۳ هزار ریال کاهش می دهد. در حدود ۶۵ درصد کاهش مصرف انرژی (نسبت به حالت ۱) و ۷۰ درصد کاهش (نسبت به حالت واقعی) مقدار قابل ملاحظه است.

از مقایسه بین مصرف واقعی و مصرف در حالت ۱ که در جداول ۲ تا ۵ آمده است، مشخص می شود که مصرف واقعی خانوارهای ساکن تا حد قابل توجهی بیش از میزانی است که برای جبران اتلاف حرارتی جدار های موجود (حالت ۱) لازم است. در واقع این حجم از انرژی مصرفی توسط خانوار کاملاً غیر لازم بوده و منجر به گرمایش بیش از حد محیط خانه می شود.

همانطور که بیان شد اعداد محاسبه شده برای مصرف سالیانه تئوری بوده و رسیدن به این مقادیر در حالت عملی با مشکلاتی همراه است. از عوامل انحراف از حالت تئوری می توان به مواردی مانند: نبود کنترل اتوماتیک در سیستم های گرمایشی، بالا نگه داشتن دمای داخلی ساختمان ها، استاندارد نبودن مصالح و ادوات ساختمانی مانند آجرها، سیمان و در و پنجره ها اشاره کرد. حال به بررسی اثر استفاده از جدار های با کارایی بالای حرارتی در کاهش سرمایه گذاری اولیه جهت برپایی سیستم گرمایش ساختمان می پردازیم.

بار گرمایشی ساختمان با توجه به شرایط طرح داخل و خارج که عنوان شد و مشخصات جدارهای ساختمان که در جدول ۱ آورده شده است، محاسبه می شود. محاسبات بار گرمایشی و انتخاب دستگاه برای ۲ حالت مذکور در جداول ۷ تا ۱۱ آورده شده است. انتخاب دستگاه ها با توجه به مشخصات فنی که در کاتالوگ آنها آمده است، انجام می گیرد.

در ساختمان ۱ برای حالت ۱، اتلاف حرارتی کل در حدود 23 KW و بار حرارتی کل ساختمان در حدود 39 KW محاسبه شده است (جدول ۷). بار گرمایشی برای هر مترمربع ساختمان در حدود 92 W خواهد بود (جدول ۸) و هزینه تجهیزات این موتور خانه در حدود $12,6$ میلیون ریال می شود. در حالت ۲، اتلاف به 8 KW و بار حرارتی کل ساختمان به 24 KW و هزینه تجهیزات گرمایشی به 6 میلیون ریال کاهش می یابد (جدول ۹) [۵].

جدول ۱۲ درصد کاهش هزینه موتور خانه ناشی از استفاده جدار های با کارایی بالای حرارتی نسبت به هزینه موتور خانه در حالت ۱ را نشان می دهد. همان طور که مشخص است، به عنوان مثال برای ساختمان ۱، در حالت ۲ بیش از ۴۷ درصد هزینه موتور خانه نسبت به حالت ۱ کاهش پیدا کرده است.

برای ساختمان ۱، در نتیجه استفاده از جدار های با کارایی بالای حرارتی هزینه ای در حدود ۱۸ میلیون ریال به سرمایه گذاری اولیه ساخت بنا اضافه می شود (این عدد، حاصل تفاضل کاهش هزینه موتورخانه هزینه جدار های معمولی و هزینه جدار های با کارایی بالا است) و در عوض سالیانه مبلغ ۲۱۴ هزار ریال از هزینه جاری برای گرمایش ساختمان کاسته می شود (جدول ۱۳) (تفاضل بین حالت ۲ و مصرف واقعی) که این کاهش ناشی از صرفه جویی ۷۰ درصدی نسبت به مصرف واقعی است (جدول ۶). که در واقع این مبلغ را می توان به عنوان سود سرمایه گذاری اولیه برای نصب عایق حرارتی در نظر گرفت.

این محاسبات را برای ۲ ساختمان دیگر نیز انجام دادیم، و نتایج در جداول ذکر شده آمده است.

نتیجه گیری

با دقت در محاسبات مصرف سالیانه گاز گرمایش، بار گرمایشی و انتخاب دستگاه در دو حالت عنوان شده که در جداول آمده است، مشخص می شود که هزینه های اضافی ناشی از بکار گیری جدار

های با کارایی حرارتی بالا، بسیار زیاد است. افزایش اصلی قیمت ناشی از قیمت بالای پنجره های دو جداره است، که باعث می شود سرمایه گذاری اولیه برای نصب این تجهیزات بالا رود. البته استفاده از این جدار ها کاهش بسیار چشمگیری در مصرف سوخت گرمایش نسبت به مصرف واقعی ساختمان به همراه دارد، ولی به علت پایین بودن قیمت حامل انرژی، که در اینجا گاز می باشد، این کاهش مصرف، درآمد قابل توجهی (نسبت به هزینه اولیه بالا جدار های با کارایی حرارتی بالا) ندارد.

لازم است به این نکته اشاره کرد که، در اثر استفاده از جدار های با کارایی حرارتی بالا، بار گرمایشی ساختمان به شدت کاهش می یابد، در نتیجه به دستگاه ها کوچکی برای تامین این بار نیاز است. در دسترس نبودن دستگاه کوچک مانند دیگ و مشعل (با توجه به سیستم منتخب)، از مشکلات انتخاب دستگاه در این پروژه است. لازم است شرکت بهینه سازی توجه خاصی به تشویق تولید کننده ها برای ساخت دستگاه های حرارتی با ظرفیت های پایین داشته باشد.

پیشنهادهای

برای منطقی کردن استفاده از جدار های با کارایی حرارتی بالا نیاز است تا نسبت قیمت اولیه به کاهش هزینه سالیانه مصرف انرژی ناشی از بکار گیری آنها کاهش یابد. برای این منظور یا بایستی قیمت حامل انرژی بالا رود و یا هزینه استفاده از جدارهای مذکور پایین آید. به علاوه، بالا رفتن فاکتور های آسایش ناشی از بکار گیری جدار های با کارایی حرارتی بالا خود نیز فاکتوری مهم برای ترغیب مردم به استفاده از این جدارها است که البته شرط لازم آن آشنایی افکار عمومی با مزایای استفاده از این جدارها است.

منابع

[1] Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach, by Moncef Krarti

[۲] سایت سازمان هواشناسی ایران: <http://www.irimet.net>

[۳] محاسبات تاسیسات ساختمان، مهندس سید مجتبی طباطبائی

[۴] سایت شرکت ملی گاز ایران: <http://www.nigc.ir>

[۵] کاتالوگ فنی شرکت های ایرفو، ایران رادیاتور و سکو

[۶] تاسیسات حرارت مرکزی کاربردی. مهندس مجید سلطانی. مهندس داود پارسا. مهندس عباس قلی زاده پاشا. مهندس محمد قلی زاده پاشا. مرکز نشر پاشا.

[۷] بهینه سازی مصرف عایق در ساختمان. پایان نامه دانشجویی. مهران فریا منش. ایمان پور طاهر. مهندس مجید سلطانی. دانشکده مکانیک. دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی.

[۸] مقایسه اقتصادی عایق های حرارتی در یک واحد مسکونی و تست یک نمونه تجارتي. پایان نامه کارشناسی. سید احسان قطبی. دکتر رضا حسینی. دانشکده مکانیک. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

جداول و نمودار ها

$W/m^2.K$	$Btu/hr.^{\circ}F.ft^2$	
1.90	0.33	دیوار با آجر معمولی
0.67	0.12	دیوار آجری با عایق
1.95	0.34	سقف با آجر معمولی
0.68	0.12	سقف آجری با عایق
6.42	1.13	پنجره
6.53	1.15	در
6.42	1.13	پنجره دو جداره با قاب PVC
6.42	1.13	در با پروفیل PVC

جدول ۱- ضرایب انتقال حرارت جدارها

مصرف کل	مصرف آبگرم	مصرف گرمایش	
5998	2322	3676	میزان مصرف
530500	195048	308784	هزینه
9517	4220	5297	میزان مصرف
963900	354480	444948	هزینه
7327	2376	4951	میزان مصرف
712300	199584	415884	هزینه

جدول ۲- مصرف واقعی ساختمان ها (مصرف کل، عددی است که بر روی فیش های شرکت گاز آمده است، مصرف آبگرم و گرمایش بر اساس مصرف واقعی بدست آمده است و هزینه آنها بر اساس قیمت متوسط گاز، ۸۴ ریال به ازای هر مترمکعب، محاسبه شده است)

سقف	دیوار خارجی	پنجره	در	نفوذ هوا	مجموع	
1616	340	807	222	225	3211	حجم گاز مصرف سالیانه
135,745	28,588	67,805	18,640	18,918	269,696	هزینه گرمایش
565	121	340	92	0	1118	حجم گاز مصرف سالیانه
47,489	10,151	28,533	7,708	0	93,881	هزینه گرمایش

جدول ۳- حجم گاز مصرفی و هزینه گرمایش سالیانه، در دو حالت جدار، ساختمان ۱

سقف	دیوار خارجی	پنجره	در	نفوذ هوا	مجموع	
922	654	1574	74	263	3487	حجم گاز مصرف سالیانه
77,460	54,900	132,191	6,257	22,109	292,917	هزینه گرمایش
323	232	662	31	0	1248	حجم گاز مصرف سالیانه
27,099	19,493	55,628	2,587	0	104,807	هزینه گرمایش

جدول ۴- حجم گاز مصرفی و هزینه گرمایش سالیانه، در دو حالت جدار، ساختمان ۲

حالت ۱، جدار فعلی	حجم گاز مصرف سالیانه هزینه گرمایش	سقف	دیوار خارجی	پنجره	در	نفوذ هوا	مجموع
حالت ۲، جدار با کارایی بالا	حجم گاز مصرف سالیانه هزینه گرمایش	22,248	30,391	24,589	4,885	0	82,113
حالت ۱، جدار فعلی	حجم گاز مصرف سالیانه هزینه گرمایش	63,594	85,591	58,431	11,814	14,001	233,432
حالت ۲، جدار با کارایی بالا	حجم گاز مصرف سالیانه هزینه گرمایش	265	362	293	58	0	978
حالت ۱، جدار فعلی	حجم گاز مصرف سالیانه هزینه گرمایش	757	1019	696	141	167	2779

جدول ۵- حجم گاز مصرفی و هزینه گرمایش سالیانه، در دو حالت جدار، ساختمان ۳

میزان صرفه جویی m^3	درصد کاهش مصرف	درآمد ریالی سالیانه	درآمد دلاری سالیانه
2558.37	69.6%	214,903	\$153.50
4049.30	76.4%	340,141	\$242.96
3973.47	80.3%	333,771	\$238.41

جدول ۶- میزان کاهش مصرف سالیانه و درصد کاهش مصرف سالیانه نسبت به مصرف واقعی، درآمد ریالی و دلاری آن (با احتساب قیمت ۶ سنت به ازای هر متر مکعب گاز) بر اثر استفاده از جدار های با کارایی بالا

حالت ۱، جدار فعلی	حالت ۲، جدار با کارایی بالا	ساختمان ۱	ساختمان ۲	ساختمان ۳
گرمایش	گرمایش	گرمایش	گرمایش	گرمایش
23.2	8.1	38.9	25.2	20.1
42.7	29.7	47.9	31.7	7.1
کل	کل	کل	کل	کل

جدول ۷- بار گرمایش و بار کل (گرمایش+آبگرم مصرفی) در دو حالت جدار بر حسب KW

حالت ۱، جدار فعلی	حالت ۲، جدار با کارایی بالا	ساختمان ۱	ساختمان ۲	ساختمان ۳
گرمایش	گرمایش	گرمایش	گرمایش	گرمایش
92.4	32.1	155.0	125.9	133.8
285.0	229.7	239.3	158.5	78.4
کل	کل	کل	کل	کل

جدول ۸- بار گرمایش و کل (گرمایش+آبگرم مصرفی) در واحد سطح (زیر بنا) ساختمان بر حسب W

ظرفیت دیگ (KW)	مدل منتخب	ظرفیت مشعل (KW)	مدل منتخب	تعداد پره رادیاتور	هزینه کل سیستم (ریال)
44.74	GG40	55.92	F88	160	۱۲,۶۶۷,۲۹۶
27.36	GG40	34.20	F55	55.65	۶,۶۴۱,۳۵۶

جدول ۹ - انتخاب دستگاه در دو حالت جدار، ساختمان ۱

ظرفیت دیگ (KW)	مدل منتخب	ظرفیت مشعل (KW)	مدل منتخب	تعداد پره رادیاتور	هزینه کل سیستم (ریال)
55.04	GG50	68.80	RAN 25	174	۱۴,۱۸۵,۷۵۰
36.44	GG40	45.56	F55	62.13	۶,۹۸۷,۸۷۵

جدول ۱۰- انتخاب دستگاه در دو حالت جدار، ساختمان ۲

ظرفیت دیگ (KW)	مدل منتخب	ظرفیت مشعل (KW)	مدل منتخب	تعداد پره رادیاتور	هزینه کل سیستم (ریال)
49.16	GG50	61.45	F88	138	۱۱,۹۲۹,۱۸۷
39.62	GG40	49.52	F55	81.15	۸,۰۰۵,۲۹۰

جدول ۱۱- انتخاب دستگاه در دو حالت جدار، ساختمان ۳

درصد	
47.6%	ساختمان ۱
50.7%	ساختمان ۲
47.5%	ساختمان ۳

جدول ۱۲- درصد کاهش هزینه موتور خانه ناشی از استفاده جدارهای با کارایی حرارتی بالا

افزایش هزینه اولیه	هزینه اضافی در واحد سطح ساختمان	کاهش هزینه گاز مصرفی سالانه	
ریال ۱۸,۳۵۲,۳۲۵	ریال ۷۳,۱۱۷	ریال ۲۱۴,۹۰۳	ساختمان ۱
ریال ۲۸,۱۷۸,۶۸۸	ریال ۱۴۰,۸۹۳	ریال ۳۴۰,۱۴۱	ساختمان ۲
ریال ۱۴,۲۵۰,۶۷۲	ریال ۹۵,۰۰۴	ریال ۳۳۳,۷۷۱	ساختمان ۳

جدول ۱۳- میزان هزینه اضافه شده به سرمایه گذاری اولیه مربوط به برپایی سیستم حرارتی، میزان هزینه اضافه شده به ازای هر متر مربع از زیر بنای ساختمان و میزان کاهش هزینه سالانه مصرف گاز، ناشی از بکار گیری جدار های با کارایی حرارتی بالا