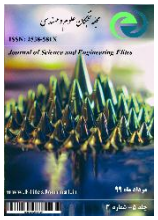
مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۵- شماره ۳- سال ۱۳۹۹
www.ElitesJournal.ir



ممیزی میزان هدررفت انرژی از طریق جداره‌های خارجی ساختمان و تاثیر عایق حرارتی با شبیه‌سازی در نرم افزار دیزاین بیلدر (نمونه موردی: ساختمان اداری در شهر تهران)

بهار صائبی صفا[۱]*، فاطمه حیدری [۲]، نگار سلیمان پور[۳]

۱- کارشناسی ارشد، معماری، دانشگاه تهران
۲- کارشناسی، معماری، دانشکده فنی و حرفه ای دختران دکتر شریعتی
۳-کارشناسی، معماری، دانشکده فنی و حرفه ای دختران دکتر شریعتی

*s.saaebi@gmail.com

ارسال: مرداد ماه ۹۹ پذیرش: مرداد ماه ۹۹

چکیده

صرفه جویی در مصرف انرژی و رسیدن به راهکارهای موثر برای صرفه جویی در انرژی، موضوعی است که در سالهای اخیر به یکی از مباحث مهم و قابل توجه تبدیل شده است. اهمیت این موضوع را می توان با توجه به نگرانی ها و توصیه های بسیار درباره کاهش مصرف آن، درک کرد. لذا در این مقاله یک ساختمان اداری ۴ طبقه در شهر تهران به کمک نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی شد و مصرف بارهای سرمایش و گرمایش طی یک سال محاسبه گردید و پارامترهای تاثیرگذاری چون کاهش دمای طرح داخل از ۲۴ درجه به ۲۰ درجه، تغییر نوع پنجره از پنجره سه جداره به جای پنجره دو جداره و افزودن عایق حرارتی رول پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتر، ضریب انتقال حرارتی ۷۳۰ و چگالی ۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب بر روی دیوار جهت کاهش مصرف انرژی بررسی شد و از این میان کارآیی عایق حرارتی به صورت خاص مورد پژوهش قرار گرفت.

سوال اصلی پژوهش عبارتست از اینکه دیوارهای خارجی ساختمان چه میزان در هدررفت انرژی موثر هستند؟ هدف از این پژوهش بررسی وضعیت جداره های خارجی یک ساختمان از نظر کارآیی عایق حرارتی در فصل زمستان در یک ساختمان اداری در اقلیم شهر تهران و در نتیجه بررسی نرم افزاری میزان اتلاف انرژی قبل از ساخت و اعمال آن در مراحل اجرای پروژه می باشد.

این مقاله از طریق روش تحقیق همبستگی از نوع علّی- آزمایشی ابتدا در متغیرهای مورد نظر دخل و تصرف کرده و سپس به مشاهده تأثیرات آن در تغییرات متغیر وابسته می پردازد.

واژه‌های کلیدی: هدررفت انرژی، شبیه سازی انرژی، عایق حرارتی، جداره خارجی، بهینه سازی، نرم افزار دیزاین بیلدر، انرژی پلاس.

۱- مقدمه

ساختمان ها در کشور ما بیش از نیمی از مصرف انرژی را به خود اختصاص می دهند. پرداخت یارانه ها و قیمت پایین انرژی باعث شده تا مصرف انرژی در ساختمان های ایران، بیش از چند برابر استاندارد جهانی باشد. با توجه به مصرف چند برابری انرژی در

ساختمان نسبت به استاندارد جهانی، بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان، زمینه کاری وسیع و اهمیت بسزایی دارد. مهندسین و متخصصین حوزه ساختمان اعم از مهندسین معماری، مکانیک، تأسیسات، برق و انرژی، لازم است آشنایی مقدماتی را با روش های مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان داشته باشند. یکی از ابزارهای کارآمد برای بهینه سازی انرژی در ساختمان، نرم افزارهای شبیه سازی هستند که یکی از معروف ترین آنها نرم افزار DesignBuilder است. مهندسین به کمک این نرم افزار می توانند راهکارهای بهینه سازی انرژی را برای یک ساختمان در حال طراحی یا ساختمان موجود (ساخته شده) ارائه کنند که مسلماً قدم اول این مسیر مدل سازی و آنالیز انرژی ساختمان است. در نرم افزار DesignBuilder می توان ابتدا ساختمان را با داشتن نقشه معماری مدل کرد؛ سپس با اعمال مصالح مورد استفاده و بازشوها (درب و پنجره) و تعریف الگوی بهره برداری ساختمان، به آنالیز انرژی ساختمان دست یافت. نرم‌افزار DesignBuilder برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مثل فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی و غیره کاربرد داشته و قابلیت مدل‌سازی همه جنبه‌های ساختمان را دارد.

بجز مدل‌سازی بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، مصارف مختلف انرژی ساختمان از قبیل مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، لوازم خانگی، آب گرم مصرفی و غیره را بصورت دینامیک مدل‌سازی می‌نماید. این نرم‌افزار همچنین قابلیت محاسبه میزان روشنایی روز و حتی مدل‌سازیCFD را دارد. نرم افزار مدلسازی دیزاین بیلدر با استفاده از فایل اقلیمی شهرهای مختلف ایران، محاسبات دریافت و اتلاف و مصرف انرژی را دقیقا بر اساس شرایط اقلیمی محل قرارگیری ساختمان انجام می‌دهد. نقش موثر این نرم افزار زمانی روشن‌تر می‌گردد که در طی مراحل طراحی و مدلسازی ساختمان، با اعمال تغییرات کوچک و بزرگ در طراحی، تاثیرات این تغییرات در میزان مصرف و یا صرفه‌جویی انرژی ساختمان و یا هریک از فضاها مشخص می‌شود. موتور مدل‌سازی این نرم‌افزار، EnergyPlus است که توسط دپارتمان انرژی آمریکا ساخته شده و از دقیق‌ترین نرم‌افزارهای موجود می‌باشد. نرم‌افزار دیزاین بیلدر نه تنها از دقت زیادی در محاسبات برخوردار است، بلکه در مقایسه با دیگر نرم افزارهای مدل‌سازی موجود از قابلیت‌های زیادی برخوردار است.

دانستن اطلاعات پایه در مورد ساختمان و عوامل اقلیمی و نحوه تاثیرگذاری آنها بر روی ساختمان برای یاد گرفتن این نرم‌افزار کافی است. برای ساخت مدل در نرم افزار دیزاین بیلدر می‌توان نقشه‌ها را از برنامه‌های متنوعی چون اتوکد و یا رویت به این برنامه وارد کرد و پس از انجام تنظیمات مناطق، مصالح و کاربری، علاوه بر خروجی‌هایی که به صورت آماری و نموداری از مصرف انرژی ساختمان دریافت کرد، حجم سه بعدی ساختمان را به صورت فایل‌های متنوع از برنامه استخراج کرد. بنابراین برای این مهم، یک نمونه از تاثیرگذاری این نرم افزار در زمینه ساخت جدارهای خارجی با استفاده از عایق و بدون استفاده از عایق به صورت موردی مورد تحلیل قرار گرفته است.

۲–نقش عایقکاری پوسته خارجی ساختمان در مصرف انرژی

پوسته خارجی ساختمان در مصرف انرژی نقش عمده‌ای دارد. پوسته خارجی ساختمان شامل بام، سقف مجاور فضای کنترل‌نشده، کف مجاور فضای خارج، کف مجاور فضای کنترل‌نشده، کف روی خاک، دیوار مجاور فضای خارج، دیوار مجاور فضای کنترل‌نشده، پنجره، در ها، پل‌های حرارتی می باشد. در انتخاب شیوه مطلوب عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌های موجود عوامل زیر مورد توجه قرار می‌گیرند:

- انتخاب شیوه‌هایی که مراحل اجرایی عایق‌کاری حرارتی ساختمان کم‌ترین اختلال را در عملکرد ساختمان و زندگی ساکنین ایجاد کند.
- انتخاب شیوه‌هایی که پیش از این بدون ایجاد مشکل مورد استفاده قرار گرفته‌اند و مشکلات احتمالی آنها به تدریج برطرف شده است.
- سادگی اجرای عایق حرارتی با تحمیل هزینه کمتر به کاربران و ساکنین
- توجه به استفاده از اینرسی حرارتی ساختمان، به منظور کاهش نوسان روزانه دما در ساختمان‌های با استفاده مداوم

- کاهش انتقال حرارت از پل‌های حرارتی تا حد ممکن
- جلوگیری از بروز پدیده میعان در جدارهای ساختمانی

۲-۱- دیوار مجاور فضای خارج

دیوارهای موجود در فضای خارج را به سه طریق می‌توان عایق‌کاری حرارتی نمود. عایق از داخل، عایق از خارج و عایق در لایه میانی دیوار. از آنجا که حالت سوم در ساختمان‌های در حال ساخت قابل اجرا است لذا در این قسمت از آن صرف‌نظر می‌کنیم. برای عایق‌بندی از داخل دو روش اصلی وجود دارد. در روش اول صفحات عایق حرارتی با چسب مخصوص به دیوارها چسبانده می‌شود. در این روش درز بین صفحات با لبه‌هایی که روی آنها تعبیه شده است پوشانده می‌شود و پس از نصب صفحات نازک‌کاری اجرا می‌شود. در صورتی که از انواع پشم‌های معدنی استفاده شود، باید به‌صورت تخته‌ای باشند و در طرف گرم دارای لایه بخاربند باشند. استفاده از پلی‌استایرن یا عایق‌های پلیمری به علت خطر آتش‌سوزی و آزاد کردن گازهای سمی در فضای داخل توصیه نمی‌شود. در روش دوم یک زیرسازی چوبی یا فلزی روی دیوار انجام می‌گیرد. صفحات عایق حرارت بین قطعات چوب یا فلز قرار می‌گیرند و بعد روی آنها نازک‌کاری انجام می‌شود.

اجرای عایق حرارتی پشم شیشه در داخل دیوار با شبکه زیرسازی (مقطع افقی) داخل مستلزم توقف زندگی روزمره در فضای داخل است و نیز تا حدی از ابعاد فضاهای داخلی می‌کاهد، لذا در ساختمان‌های مسکونی موجود عایق‌کاری حرراتی از خارج بیشتر توصیه می‌شود. اما در ساختمان‌های آموزشی، با توجه به اینکه دست کم دو ماه از سال غیرفعال می‌باشند، اجرای این شیوه عایق‌کاری ممکن می‌باشد. علاوه بر این با توجه به استفاده غیرمداوم ساختمان‌های آموزشی، کم کردن جرم حرارتی ساختمان با این شیوه مطلوب می‌باشد. در عایق‌کاری حرارتی از خارج توصیه می‌شود روی نمای موجود اجرای عایق صورت گیرد تا هزینه‌ای جهت تخریب نما به صاحب‌کار تحمیل شود. صفحات عایق حرارتی که می‌توانند معدنی یا پلیمری باشند، با پیچ‌های مخصوص به بدنه نما اتصال می‌یابند. روی عایق حرارتی یک لایه تور فایبرگلاس قرار می‌گیرد و نمای سبکی روی آن اجرا می‌شود. بلندی پیچ‌های نصب عایق باید چنان باشد که تا داخل سفت‌کاری دیوار ادامه پیدا کند. به این ترتیب نمای اجرا شده استحکام بیشتری می‌یابد. دیوارهای مجاور فضای کنترل‌نشده در ساختمان‌های بررسی شده عموماً دیوار بین فضای زندگی و سرویس بهداشتی و انبار، و یا راه‌پله هستند. در بسیاری از موارد، به علت ابعاد اندک و همچنین وجود ضریب تقلیل دما در این حالت، این دیوارها عایق حرارتی نمی‌شوند و برای جبران انتقال حرارت از آنها به عایق حرارتی دیوارهای خارجی یا بام افزوده می‌گردد.

۲-۲- پنجره

یکی از ضعیف‌ترین نقاط در پوسته خارجی ساختمان، از نظر انتقال حرارت، پنجره‌ها هستند. بهترین راه‌حل برای بهبود وضعیت پنجره‌ها از نظر انتقال حرارت تعویض پنجره‌های موجود و جایگزین نمودن آنها با پنجره‌های دارای شیشه دوجداره و قاب PVC یا آلومینیومی با انقطاع حرارتی است. اما این امر مستلزم صرف هزینه زیاد است. در جایی که ضخامت دیوارها اجازه می‌دهد، می‌توان اقدام به نصب پنجره دومی در سمت داخل یا خارج پنجره اصلی، با توجه به نحوه بازشوی آن کرد. برای نصب پنجره دوم، در صورتی که ضخامت دیوار اجازه دهد، می‌توان با شاخک‌هایی این پنجره را به دیوار اتصال داد. اگر پنجره اول قابلیت اتصال پنجره دیگری را داشته باشد و بتواند بار آن را تحمل کند می‌توان پنجره دوم را به پنجره اول متصل نمود. مثلاً می‌توان در قاب موجود یک پنجره PVC دوجداره کار گذاشت. با نصب پنجره دوم، نه تنها ضریب انتقال حرارت دو پنجره بهبود می‌یابد، بلکه از میزان نشت و نفوذ هوا کاسته شده و نیز از نظر آکوستیکی شرایط بهتری ایجاد می‌شود. چون وجود پنجره دوم مانع بروز میعان نمی‌شود. لذا باید برای تمیز کردن شیشه‌ها بازشوهایی تعبیه شود و هنگام اجرا به مسأله چگونگی تمیز کردن شیشه‌ها دقت گردد. پروفیل شیشه دوجداره، بر روی پروفیل اصلی پنجره موجود است. به این ترتیب با صرف هزینه کمی بیشتر، مشکلات مربوط به انطباق بازشوهای دو پنجره، محدودیت ابعاد کف پنجره و تمیز نمودن شیشه‌ها مرتفع می‌شود.

۲-۳- درها

درهای ساختمان‌های بررسی شده بدون تغییر باقی‌مانده و بر روی آنها اقدامات بهینه‌سازی صورت نخواهد گرفت. زیرا از یک سو سطح آنها اندک است و از سویی دیگر درهای ورودی عموماً به فضاهای کنترل‌نشده باز می‌شوند که ضریب تقلیل دما داشته و انتقال حرارت کمتری از آنها صورت می‌گیرد و دیگر اینکه این درها غالباً چوبی هستند که از نظر انتقال حرارت وضعیت بهتری نسبت به سایر جدارها دارند.

۲-۴- پل‌های حرارتی

پل‌های حرارتی در محل تقاطع عناصر ساختمانی، آنجا که عایق حرارتی انقطاع می‌یابد، ایجاد می‌شوند. هنگامی که در ساختمان‌های موجود عایق‌کاری از داخل صورت می‌گیرد در محل تقاطع تیغه‌های داخلی با دیوار خارجی، در محل تقاطع دیوار خارجی و کف طبقات پل حرارتی وجود خواهد داشت. در صورتی که عایق‌کاری حرارتی از خارج صورت گیرد، پل‌های حرارتی مزبور حذف خواهند شد. مگر در محل تقاطع دیوار خارجی و بام. پل حرارتی دیگری نیز در اطراف قاب پنجره‌ها و درها و دیوار خارجی نیز وجود دارد. به طور کلی برای حذف تمامی پل‌های حرارتی راه‌حلی پیشنهاد نمی‌شود و با توجه به مسائل اجرایی توصیه می‌شود که ضرایب انتقال حرارت پل‌های مزبور با افزایش عایق حرارتی دیوارهای خارجی و بام جبران شود.

۳-راهکارهای عایق کاری ساختمان

به منظور عایق کاری ساختمان ها راهکار ها و روش های متعددی موجود می باشد که برای انتخاب بهترین روش آشنایی با تمامی آن ها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. عایق کاری جداره های خارجی ساختمان این امکان را فراهم می آورد که به میزان ۳۵ تا ۵۵ درصد از اتلاف انرژی ناشی از سقف، کف و دیوارهای مجاور فضای آزاد کاهش یابد. انتخاب روش مناسب عایق کاری ساختمان نیازمند توجیه فنی اقتصادی می باشد و به عوامل مختلفی نظیر وضعیت جدار، هزینه عایق کاری، نمای خارجی ساختمان و سایر عوامل دیگر بستگی دارد. عایق های که برای عایق کاری ساختمان مورد استفاده قرار می گیرند، به دو دسته عایق های پلیمری و معدنی تقسیم می شوند:

الف) عایق پلیمری

این گروه از عایق های پر کاربرد دارای ساختاری نظیر پلی استایرن یا پلی یورتان می باشند. این عایق ها از مقاومت حرارتی بالاتری نسبت به عایق های معدنی برخوردار هستند و می توان اشاره نمود که برخلاف عایق های معدنی در برابر رطوبت نیز با مقاومت بالاتری همراه هستند. از دیگر خصوصیات این گروه از عایق ها می توان به نکته توجه داشت که عایق های پلیمری انعطاف پذیر نمی باشند و همین امر سبب شده تا برای نصب آن ها برای روی دیوار نیازی به استفاده از سازه نباشد.

ب) عایق معدنی

این دسته از عایق ها از جمله محصولاتی محسوب می شوند که از زمان های بسیار دور مورد استفاده قرار می گرفته اند که از مهم ترین آن ها می توان به پشم شیشه، پشم سنگ و پشم سرباره اشاره نمود. این عایق ها تحمل دمایی بین بازه ۴۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد را تحمل می نمایند و به سبب همین امر در برابر آتش سوزی بسیار مقاوم هستند. به سبب آنکه این گروه از عایق ها انعطاف پذیر می باشند به منظور استفاده از آن بایستی از سازه استفاده نمود.

۳-۱- انواع روش های عایق کاری دیوارها

عایق کاری جدارهای ساختمان متشکل از یک لایه عایق حرارتی و یه لایه نمای نهایی همچون گچ، سنگ و آجر نما می باشد. با توجه به شرایط و توع ساختمان روش های گوناگونی جهت عایق کاری ساختمان وجود دارد که از جمله مهم ترین آن ها می توان به عایق کاری با سازه، عایق کاری بدون سازه، عایق کاری با مصالح عایق و عایق کاری با متدهای جدید اشاره نمود.

الف) عایق کاری با سازه

به سبب آنکه عایق های معدنی دارای انعطاف پذیری بسیار بالایی می باشند به منظور استفاده از آن ها این عایق ها را در سازه یا قالب بندی های فلزی مورد استفاده قرار می دهند.

ب) عایق کاری بدون سازه

این روش برای گروه عایق های پلیمری که انعطاف پذیر نیستند، مورد استفاده قرار می گیرد که از جمله مهمترین روش های عایق کاری بدون سازه می توان به روش دو دیوار و عایق مابین، عایق برد، پلی استایرن دانسیته بالا و ملات سیمان اشاره نمود.

ج) عایق کاری با مصالح عایق

در این روش عایق کاری از بلوک هایی با مقاومت حرارتی بسیار بالا به عنوان اجزای تشکیل دهنده دیوار باربر استفاده می شود. بنابراین خود دیوار از عایقیت کافی برخوردار می باشد و به سبب همین امر نیازی به نصب عایق بر روی این گونه دیوار ها نیست می توان به این نکته اشاره نمود که از مهمترین روش های عایق کاری شامل بلوک های بتن سبک گازی، لیکا و پرلیت می باشد.

د) عایق کاری با شیوه های جدید

با توجه به رشد تکنولوژی ساخت خانه های سریع و پیش ساخته در دنیا پیشرفت های شگرفی داشته است که ضمن اجرای یک ساختمان در کمترین زمان، عایق کاری مناسبی نیز داشته باشد که از جمله مهم ترین آن ها می توان به آن جمله می توان به روش های ساندویچ پنل اشاره نمود. این نکته از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد که عایق کاری را می توان هم در حین ساخت ساختمان و هم بعد از ساخت آن اجرا نمود که به سبب همین امر روش های مختلف موجود می باشد.

- **عایق کاری ساختمان در هنگام ساخت**

مناسب ترین و بهترین زمان برای عایق کاری ساختمان، در زمان دیوارکشی و در هنگام ساخت آن می باشد که بسیار آسان تر و با هزینه کمتری نسب به ساختمان های احداث شده انجام می پذیرد. در این روش از عایق کاری می توان از عایق کاری عایق کاری با مصالح، عایق کاری با سازه و بدون سازه با توجه به نوع و موقعیت ساختمان بهره گرفت.

- **عایق کاری ساختمان احداث شده**

در ساختمان های احداث شده، عایق کاری جداره ها نیازمند بازسازی ساختمان است. روش نخست، عایق کاری جداره ها از داخل و در روش دوم عایق کاری جداره ها از خارج ساختمان انجام می پذیرد. عموما عایق کاری در نمایی انجام می شود که وضعیت نما در آن قسمت نامناسب باشد. می توان از دو روش مختلف برای عایق کاری با سازه و بدون سازه استفاده نمود ولی نمی توان از مصالح عایق استفاده کرد.

۴- ممیزی میزان هدررفت انرژی در جداره خارجی ساختمان اداری ۴ طبقه در شهر تهران

ترسیم در نرم افزار دیزاین بیلدر به دلیل گرافیکی بودن محیط آن بسیار آسان بوده و همچنین می توان نقشه های دو بعدی را از سایر برنامه ها مانند اتوکد و یا رویت به این برنامه وارد نمود. در این نرم افزار با وارد کردن فایل اقلیمی شهر مورد نظر و یا هر نقطه ای از ایران می توان ساختمان را در شرایط اقلیمی واقعی شبیه سازی کرد تا مشخص گردد ساختمان مورد نظر در واقعیت چگونه عمل می کند. در این نرم افزار امکان استخراج نتایج مدل سازی برای کل سال، ماه‌های مختلف و نیز بصورت روزانه و ساعتی وجود دارد. همچنین نتایج همه مدلسازی‌ها برای کل ساختمان، یک طبقه خاص و یا تک فضاهای ساختمان قابل استخراج است. از قابلیت‌های خاص این نرم‌افزار امکان استخراج نتایج مدلسازی بصورت دیاگرام و یا فایل‌های اکسل بوده که می‌تواند برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی استفاده گردد. همچنین امکان استخراج حجم ساختمان به صورت رندرگرفته شده وجود دارد.

۴-۱- به طور کلی در نرم افزار مدلسازی دیزاین بیلدر:

- می توان مدل ساختمان مورد نظر را با شرایط اقلیمی ساعتی واقعی شبیه سازی کرد تا مشخص گردد که ساختمان مورد نظر در شرایط واقعی چگونه عمل می کند.

- می توان اثرات عناصر طراحی را بر روی پارامترهای کلیدی از جمله مصرف انرژی سالیانه، ساعت های بسیار گرم و میزان تولید دی اکسید کربن بررسی نمود.
- نتایج شبیه سازی در نمودارهای متفاوت در فواصل زمانی سالانه، ماهانه، روزانه، ساعتی و زیر ساعتی نمایش داده می شود.
- مصرف انرژی بر حسب نوع سوخت و مصرف کل انرژی ساختمان قابل استخراج است.
- مقدار هوای ورودی، میانگین تابش جذب شده توسط پنجره ها و سطوح شفاف ساختمان، دما و رطوبت نسبی داخل ساختمان در زمان های مختلف محاسبه می شود.
- اطلاعات خروجی مربوط به آسایش حرارتی شامل منحنی های توزیع گرما بر اساس معیار آسایش محاسبه می گردد.
- انواع معیار آسایش حرارتی شامل موارد زیر برای فضاهای مختلف ساختمان محاسبه و استخراج می گردد:

ASHRAE 55 (unmet loads),Fanger PMV,Pierce PMV ET,Pierce PMV SET,Pierce Discomfort Index (DISC),Pierce Thermal Sens. Index (TSENS),Kansas Uni TSV

- اطلاعات اقلیمی مکان، انتقال حرارت از طریق عناصر ساختمان از جمله دیوارها، سقف ها، کف های مرتبط با خاک و مرتبط با هوا، نفوذ هوا، تهویه، بارهای گرمایشی و سرمایشی، میزان تولید دی اکسید کربن (CO_2) و غیره محاسبه می گردد.

دیزاین بیلدر ابزاری است که برای انجام پروژه‌های پژوهشی در زمینه ساختمان و انرژی - ارزیابی ساختمان‌ها و سیستم‌های تاسیساتی آنها از نقطه نظر انرژی - بهینه کردن معماری، مصالح و سیستم‌های تاسیساتی ساختمان‌ها مناسب می باشد. خصوصیات عمومی نرم افزار دیزاین بیلدر عبارتند از: دقت مدل سازی بسیار بالا (موتور مدلسازی حرارتی انرژی پلاس) - پوشش همه نیازهای مدلسازی مرتبط با انرژی - نیاز به ساخت تنها یک مدل از ساختمان برای انجام همه مدل سازی‌ها - محیط گرافیکی و ساده برای یادگیری - امکان استخراج نتایج مدل‌سازی بصورت سالانه، ماهانه، روزانه و ساعتی - امکان استخراج نتایج مدل‌سازی بصورت دیاگرام، فایل اکسل و غیره - امکان استخراج نتایج مدل‌سازی برای مجموعه ای از ساختمان‌ها، یک ساختمان، یک طبقه و یا یک زون قابلیت های نرم افزار دیزاین بیلدر عبارتند از بررسی: مدلسازی ساختمان از جنبه‌های مختلف - مصالح مختلف ساختمانی - معماری ساختمان - سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی - سیستم‌های روشنایی مصنوعی - تهویه طبیعی و مکانیکی - محاسبه مصارف مختلف - انرژی ساختمان - انرژی گرمایشی - انرژی سرمایشی - انرژی روشنایی - آب گرم مصرفی و غیره - محاسبه بارهای حرارتی و برودتی ساختمان - مدلسازی روشنایی روز - مدلسازی CFD برای محیط‌های داخلی و خارجی ساختمان - مدلسازی سیستم‌های انرژی‌های نو (توربین بادی، سلول‌های فتوولتائیک، پنل‌های گرمایی خورشیدی) - ارزیابی اقتصادی ساختمان (هزینه طول عمر ساختمان) - محاسبه دی اکسید کربن (CO_2) تولیدی ساختمان - مدلسازی شرایط آسایش حرارتی در فضاهای داخلی - محاسبه میزان اتلاف و دریافت انرژی از عناصر مختلف ساختمانی.

برای اجرای موفق شبیه‌سازی نیازمند داده‌های بسیار گسترده‌ای هستیم. این دادها از نقشه طبقات ساختمان تا تمام مشخصات مکانیکی، تأسیساتی و معماری را در بر می گیرد. یکی از نقاط قوت نرم‌افزار انرژی پلاس جمع شدن بسیاری از ماژول های شبیه سازی بارها، سیستم‌ها و واحدها می‌باشد خروجی سیستم‌ها و تأسیسات به طور مستقیم بر اساس بارهای حرارتی و برودتی ناشی از ساختمان محاسبه می‌شود. از طرف دیگر، برنامه شبیه‌سازی به طراحان این اجازه را می‌دهد که بطور دقیقی سرمایه گذاری برای کوچک کردن اندازه فن‌ها، تأسیسات و تأثیرات ناشی از آنها را که ممکن است به راحتی ساکنین تأثیر گذار باشد، را مدل کند. شکل نمایی از بخش‌های شبیه سازی نرم افزار انرژی پلاس نشان می‌دهد.

برای اجرای موفق شبیه‌سازی نیازمند داده‌های بسیار گسترده‌ای هستیم. این دادها از نقشه طبقات ساختمان تا تمام مشخصات مکانیکی، تأسیساتی و معماری را در بر می گیرد. یکی از نقاط قوت نرم‌افزار انرژی پلاس جمع شدن بسیاری از ماژول های شبیه سازی بارها، سیستم‌ها و واحدها می‌باشد خروجی سیستم‌ها و تأسیسات به طور مستقیم بر اساس بارهای حرارتی و برودتی ناشی از ساختمان محاسبه می‌شود. از طرف دیگر، برنامه شبیه‌سازی به طراحان این اجازه را می‌دهد که بطور دقیقی سرمایه گذاری برای کوچک

کردن اندازه فن‌ها، تأسیسات و تأثیرات ناشی از آنها را که ممکن است به راحتی ساکنین تأثیر گذار باشد، را مدل کند. شکل نمایی از بخش‌های شبیه سازی نرم افزار انرژی پلاس نشان می‌دهد.

در هر مرحله از اجرای انرژی پلاس فرا خوانده می شود و از دمای داخل و خارج و توزیع فشار باد درشروع هر مرحله استفاده می شود و کامیس جریان هوا را از ترک‌ها و منافذ باز بزرگ (مانند پنجره های باز) بیرون و داخل در یک ناحیه حرارتی به ناحیه حرارتی دیگر استفاده می‌کند. از آن برای بدست آوردن دمای دیواره‌ها و نواحی حرارتی و در مرحله بعد برای بدست آوردن جریان هوای تازه استفاده می شود. بسیاری از اطلاعات مورد نیاز ماژول کامیس جهت آنالیز جریان هوا به طور اتوماتیک از اطلاعات توصیفی نواحی حرارتی در بخش‌های دیگر نرم افزار استخراج می‌شود که حجم و موقعیت و محل ساختمان و سطوح را از بخش‌های مختلف می‌گیرد. از همه این اطلاعات برنامه، یک شبکه توزیع فشار را ایجاد می کنند.

۴-۲- روش مدل‌سازی ساختمان در محیط نرم‌افزار انرژی پلاس

✓ گام اولیه برای مدل سازی ساختمان، ایجاد فایل ورودی می‌باشد. قبل از آنکه شروع به ساخت فایل ورودی شود باید چک لیست زیر کامل شود:

- اطلاعات مربوط به آب و هوای طراحی و موقعیت شهری که ساختمان در آن قرار دارد.
- اطلاعات مربوط به ساختار ساختمان به منظور در نظر گرفتن معیارهای هندسی و سطوح ساختمان (شامل دیوارهای خارجی، دیوارهای داخلی، پارتیشن ها، طبقات، سقف ها، بام، درب ها و پنجره‌ها)
- اطلاعات مربوط به نحوه استفاده از ساختمان برای بدست آوردن الگوی استفاده از روشنایی، دیگر تجهیزات (مانند الکتریسیته، گاز و سایر) و تعداد افرادی که در هر ناحیه و ساختمان می‌باشند.
- اطلاعات مربوط به نحوه کنترل ترموستاتیک ساختمان به منظور بدست آوردن استراتژی
- اطلاعات عملکرد HVAC به منظور بدست آوردن الگوها و برنامه‌های کاری فن ها
- اطلاعات عملکرد تأسیسات مرکزی برای بدست آوردن الگوها و برنامه‌های بویلر، چیلر و دیگر تجهیزات

✓ گام دوم: ناحیه بندی حرارتی/برودتی ساختمان

سطح ساختمان از اساسی ترین بخش مدل سازی ساختمان می‌باشد. در نرم‌افزار انرژی پلاس سطوح به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- سطوح منتقل کننده حرارت
- سطوح ذخیره کننده حرارت

اولین قانون مدل سازی ساختمان در نرم افزار انرژی پلاس این است: ((یک سطح همیشه یک سطح ذخیره حرارت می‌باشد. مگر آنکه به عنوان یک سطح انتقال حرارت تعریف شود)). هر سطحی که بین دو محیط با دمای متفاوت قرار گیرد سطح انتقال حرارت می‌باشد که این شامل سطوح خارجی از قبیل دیواره خارجی سقف و کف می‌باشد. یک ناحیه دارای یک مفهوم گرمایی می‌باشد. یک ناحیه شامل یک حجم هوا می‌باشد که در یک دمای یکسان می‌باشند. بطوری که همه سطوح انتقال و ذخیره حرارت درون و یا اطراف این حجم دارند. نرم افزار انرژی پلاس انرژی مورد نیاز هر ناحیه حرارتی در دمای ویژه و در هر دما برای هر ساعت از روز را محاسبه می‌کند. بنابراین انرژی پلاس یک بالانس برروی ناحیه حرارتی می بندد. تعریف شکل یک ناحیه حرارتی به مهارت مدل ساز بستگی دارد.

✓ گام سوم: تعیین بهره حرارتی نواحی

افراد، روشنایی و تجهیزات و تهویه هوای بیرون به عنوان بهره حرارتی نواحی حرارتی محسوب می‌شوند. این بهره‌های حرارتی برای انرژی پلاس به عنوان یک طراحی و یا یک سطح پیک به همراه یک برنامه که کسری از این میزان پیک را برای هر ساعت مشخص می‌کند، در نظر گرفته می‌شود. سطح پیک توسط کاربر محاسبه می‌شود.

✓ گام چهارم: مدل‌سازی تأسیسات

به منظور بدست آوردن بار حرارتی ساختمان که توسط تأسیسات برودتی و گرمایشی تأمین می‌شود درمحیط انرژی پلاس باید دو حلقه تأسیسات و هوا تعریف شود. هر حلقه از تعدادی نود و شاخه که در بر گیرنده تجهیزات برودتی و گرمایشی می‌باشند، تشکیل شده است.

دیزاین بیلدر محیط مدل سازی کاربرپسندی می باشد که با مدل سازی ساختمان مجازی کار می کند و محدوده گسترده ای از داده های عملکردی ساختمان نظیر مصرف انرژی سالانه، حداکثر دمای داخلی ساختمان در تابستان پروفیل های بار حرارتی و برودتی و طراحی اجزای سیستم های HVAC اولیه و ثانویه را امکان پذیر می نماید. برخی از قابلیت های این نرم افزار عبارتند از:

- محاسبه مصرف انرژی ساختمان
- شبیه سازی حرارتی ساختمان هایی با تهویه طبیعی
- روشنایی روز- مدل های کنترل روشنایی روز برای تخمین صرفه جویی انرژی
- محاسبه اندازه تجهیزات سرمایشی و گرمایشی و ضرایب اتلاف ساختمان

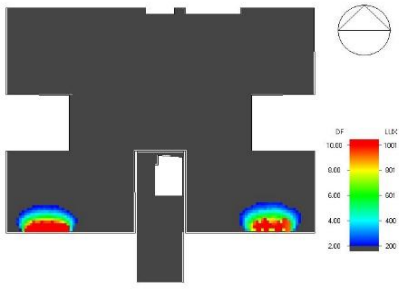
همانطوریکه گفته شد دیزاین بیلدر از موتور شبیه سازی انرژی پلاس برای تولید داده ها استفاده می کند و نرم افزار دیزاین بیلدر تنها یک اینترفیس و محیط تحلیل داده ها می باشد. بنابراین برای طراحی و ایجاد مدل بهینه انرژی ساختمان و محاسبه مصارف انرژی و تعیین میزان پتانسیل صرفه جویی انرژی ساختمان تصمیم بر استفاده از این ابزار گردید. خواص، کاربرد و قابلیت های بی نظیر این نرم افزار آن را در زمره بهترین ابزار مدل سازی انرژی ساختمان قرار داده است و از نظر سهولت کاربری و دقت داده ها و قابلیت های آن در درجه بالاتر از ,۲DOE قرار دارد.

بر اساس مدلسازی و بررسی عوامل موثر در میزان مصرف انرژی و هدررفت آن، یک ساختمان اداری ۴ طبقه در شهر تهران به کمک نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی شد و مصرف بارهای سرمایش وگرمایش طی یک سال محاسبه گردید و پارامترهای تاثیرگذاری چون کاهش دمای طرح داخل از ۲۴ درجه به ۲۰ درجه ، تغییر نوع پنجره از پنجره سه جداره به جای پنجره دو جداره و افزودن عایق حرارتی رول پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتر، ضریب انتقال حرارتی ۷۳۰ و چگالی ۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب بر روی دیوار جهت کاهش مصرف انرژی بررسی شد و از این میان کارآیی عایق حرارتی به صورت موردی، تحلیل و واکاوی گردید. در این راستا، بر اساس مفاهیمی که تا به اینجا آن را تشریح کردیم، یک پلان با کاربری اداری را برای تحلیل ممیزی میزان هدررفت انرژی انتخاب و آن را در نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی نمودیم. سپس فاکتورهای مهم در تعیین میزان مصرف انرژی بر روی این مدل شبیه سازی شده مورد بررسی و آزمون و خطا قرار گرفت و نتایج این تحلیل در تصاویر و جداول ذیل به صورت دقیق مشخص می باشد.

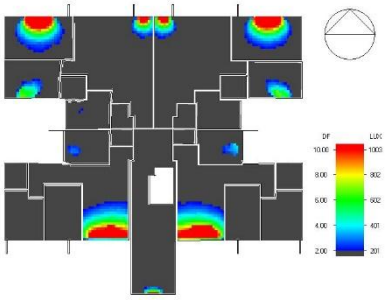
شکل ۱

در تصاویر ذیل میزان تاثیرات نور روز و عمق نفوذ آن از طریق پنجره ها در طبقات مختلف ساختمان را می توان با واحد لوکس سنجید. از نظر فنی دانستن اینکه یک سطح تا چه اندازه زیر تابش نور قرار گرفته مهم است، زیرا انسان مایل است بر روی این سطح، اشیاء را بدون خسته کردن چشم با تابش نور معینی ببیند. واحد شدت روشنایی لوکس است. شدت روشنایی یک لوکس عبارتست

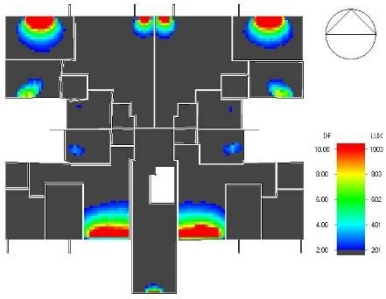
از روشنایی حاصل از تابش یک لومن بر سطحی به مساحت یک متر مربع. از آنجا که چشم قادر به تعیین شدت روشنایی نیست، برای سنجش آن از دستگاهی کوچک به نام لوکس متر استفاده می شود. با قرار دادن میزها در جای مناسب و تنظیم سطح کار سعی کنیم در هنگام روز از حداکثر نور طبیعی استفاده به عمل آید و نور مصنوعی تنها در نقاطی که امکان استفاده از نور طبیعی وجود ندارد بکار برده شود.



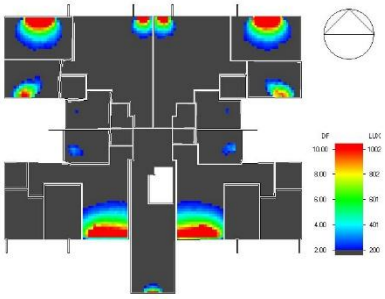
شکل۲- طبقه همکف



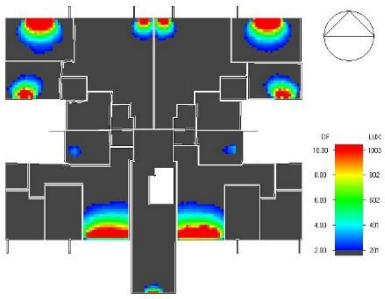
شکل۳- طبقه اول



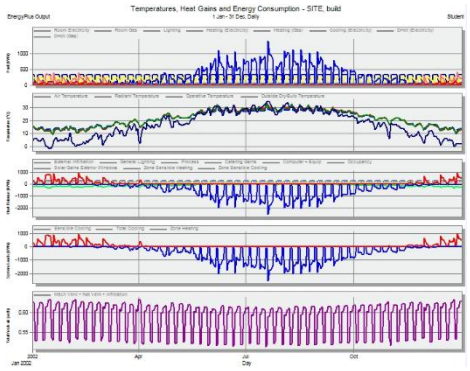
شکل۴- طبقه دوم



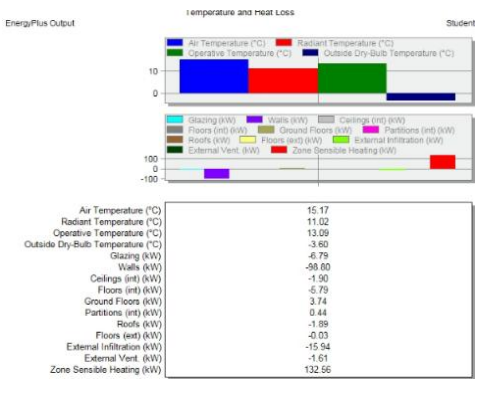
شکل ۵- طبقه سوم



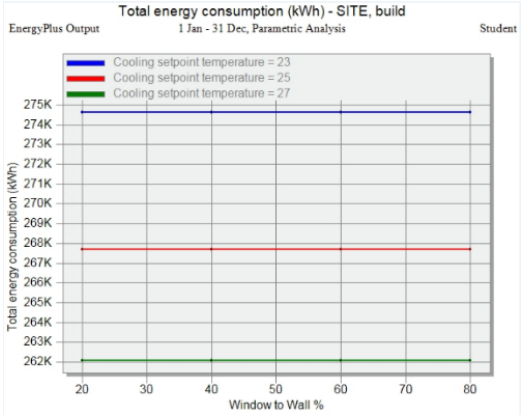
شکل۶- طبقه چهارم



simulation-daily-graph -شکل۷



heating design-graph&table -شکل ۸



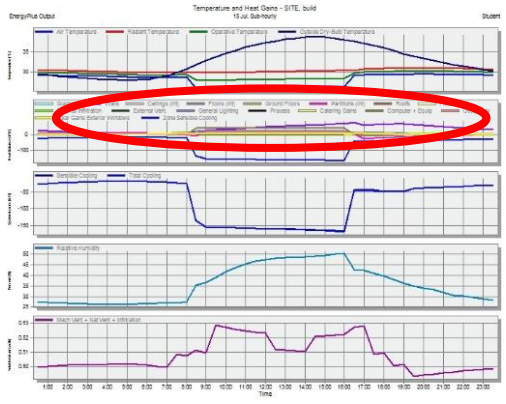
simulation-parametric -شکل ۹

با توجه به خروجی گزارشات بر اساس داده های فایل PDF، مشخص شد که بیشترین میزان هدر رفت انرژی از طریق دیوارهای خارجی ساختمان می باشد. لذا بر این اساس یکی از راه کارهای موجود که می توان ازمیزان هدررفت انرژی کاست، افزودن عایق

حرارتی در جداره های خارجی ساختمان است. در این زمینه یک لایه عایق رول پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتر با ضریب انتقال حرارتی ۷۳۰ و چگالی ۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب به لایه های جداره خارجی افزوده شد و خروجی های مدل شبیه سازی را می توان مقایسه نمود.

در ذیل به تفاوت بین دو نمودار قبل و بعد از افزودن عایق حرارتی اشاره می گردد؛ که تصاویر (a) و (b) مربوط به گراف مصرف بارهای سرمایشی و گرمایشی در ماه ژانویه (دی ماه) قبل از افزودن لایه عایق حرارتی می باشد و تصاویر (c) و (d) مربوط به گراف مصرف بارهای سرمایشی و گرمایشی در ماه ژانویه (دی ماه) پس از افزودن لایه عایق حرارتی می باشد. همانطور که در گراف مشاهده می شود با افزودن لایه ۵ سانتیمتری از عایق رول پشم سنگ به میزان قابل توجهی از هدررفت انرژی کاسته شده است.

شکل ۱۰- Cooling design-graph



شکل ۱۱- Heating design-graph

۵- نتیجه‌گیری

صرفه جویی در مصرف انرژی مقوله ای جهانی است و حفظ انرژی و منابع طبیعی برای نسل های آینده نیز اهمیت دارد. عوامل اصلی در مدیریت انرژی که مورد اول شامل ممیزی انرژی؛ بررسی و شناخت جریانهای انرژی در یک واحد صنعتی (یا ساختمان) از نظر کمی و کیفی بوده که در نتیجه آن، اطلاعات لازم، موقعیت و میزان پتانسیل های صرفه جویی در واحد تعیین می شود و مورد دوم مدیریت در تحلیل و انتخاب تجهیزات بهینه و کم مصرف و مناسب به لحاظ فنی و سایر موارد می باشد که این دو مورد از لحاظ اهمیت می تواند مورد توجه بیشتری به لحاظ مباحث ساختمانی باشد. لذا بر این اساس میزان کارآیی و تاثیرگذاری لایه عایق در جداره های خارجی در مبحث ممیزی انرژی بر اساس مدلسازی در نرم افزار مربوطه و شبیه سازی مصرف انرژی کاملا آشکار و مشهود می باشد؛ که در مدلسازی نمونه ساختمان اداری در شهر تهران این موضوع با خروجی های ارائه شده کاملا منطبق می باشد.

۶- مراجع

۱. دکتر رضا ربانی، دکتر زهرا علیزاده کاکلر، مهندس سعید موتابی، دکتر هادی پاسدار شهری، شبیه سازی انرژی در ساختمان با نرم افزار دیزاین بیلدر (DesignBuilderTM)، دیباگران

۲. ووركشاپ اصول طراحی ساختمانهای کم انرژی با شبیه سازی در نرم افزار دیزاین بیلدر، مرکز بهینه سازی انرژی نئون، ۳-۵ اردیبهشت۱۳۹۵، تهران، ایران

3. https://civil۸۰۸.com
4. https://faradars.org
5. http://old.behineh-sazan.ir
6. http://www.iranayeghcenter.com

Audit of Energy Loss through Exterior Walls of Buildings and Impact of Thermal Insulation with Simulation in Design Builder Software (Case Study: Office Building in Tehran)

Bahar Saebi Safa[1*], Fatemeh Heidari[2], Negar Soleimanpour[3]

1- Master of Architecture, University of Tehran
2- Bachelor of Architecture, Dr Shariati Technical and Vocational College
3- Bachelor of Architecture, Dr Shariati Technical and Vocational College

*s.saaebi@gmail.com

Abstract

Saving energy and achieving effective energy saving solutions has become one of the most important issues in recent years. The importance of this issue can be understood in light of the worries and many recommendations for reducing it. Therefore, in this paper, a 4-storey office building in Tehran was simulated with the use of Design Builder software and the consumption of cooling and heating loads was calculated over a year. The three-chamber window was replaced by a double-chamber window and the addition of thermal insulation of 5 cm thick rock wool, heat transfer coefficient 730 and a density of 80 kg / m 3 on the wall to reduce energy consumption, and in particular, the efficiency of thermal insulation, Was studied. The main question is, to what extent are the exterior walls of the building effective in energy loss? The purpose of this study was to evaluate the external wall condition of a building in terms of thermal insulation efficiency in an office building in Tehran in winter and thus to evaluate the pre-construction energy loss and its application during the project implementation. This paper first investigates and captures the variables through the causal-experimental correlation research method and then observes its effects on the dependent variables.

Keywords: Energy loss, Energy simulation, Thermal insulation, Exterior wall, Optimization, Design Builder software, Energy Plus