شرکت ملی گاز ایران

# برچسب انرژی ساختمان

کار مجموعه توسعه

Gas
Development Pillar

تهران - بلوار کریمخان‌زند، خیابان شهید عضدی (آبان جنوبی)
ساختمان مرکزی شرکت ملی گاز ایران
صندوق پستی: ۴۵۳۳-۱۵۸۷۵
تلفن: ۵۱-۸۴۸۷۷۲۵۰ دورنگار: ۸۸۹۱۲۶۵۶

www.nigc.ir

شرکت ملی گاز ایران

# برچسب انرژی ساختمان

مهندس نادر رضائیان
مهندس غلامعلی کناری دیل

تابستان ۱۳۹۴

روابط عمومی شرکت ملی گاز ایران

نام کتاب **برچسب انرژی ساختمان**
ناشر **شرکت ملی گاز ایران**
گردآوری و تالیف **مهندس نادر رضائیان، مهندس غلامعلی کناری دیل**
شابک **رایگان ۱-۳-۹۴۱۶۴-۶۰۰-۹۷۸**
تعداد صفحات **۸۴ صفحه**
قطع **وزیری**
زبان **ساده**
تاریخ تالیف **تابستان ۱۳۹۴**
قیمت **اهدایی**
زبان اصلی **فارسی**
شمارگان **۱۰۰۰ جلد**
چاپ **اول، تابستان سال ۱۳۹۴**

سرشناسه : رضائیان، نادر، ۱۳۵۰
عنوان و نام پدیدآور : برچسب انرژی ساختمان
مشخصات نشر : تهران: شرکت ملی گاز ایران، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری : ۸۴ص.:مصور (رنگی)
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۱۶۴-۳-۱
وضعیت فهرست نویسی : فیپای مختصر
یادداشت : فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
شناسه افزوده : کناری دیل، غلامعلی، ۱۳۵۳
شناسه افزوده : شرکت ملی گاز ایران
شماره کتابشناسی ملی : ۳۸۲۵۳۲۱



نشانی: تهران، بلوار کریمخان زند، خیابان شهید عضدی (آبان جنوبی)، نبش سپند، ساختمان مرکزی شرکت ملی گاز ایران
صندوق پستی: ۴۵۳۳-۱۵۸۷۵ | تلفن: ۸۴۸۷۰ - ۰۲۱ | نمابر: ۷۲۵۲ ۸۴۸۷ - ۰۲۱
info@nigc.ir www.nigc.ir



**«کلیه حقوق چاپ و نشر محفوظ و متعلق به ناشر است»**

# فهرست

## فهرست

صفحه


چکیده ۱
۱- مقدمه ۲
۲- مروری بر سیاست‌های کارایی انرژی در بخش ساختمان ۳
۳- برچسب انرژی ساختمان ۳
۳-۱- تعریف برچسب انرژی ساختمان ۴
۳-۲- تفاوت بین برچسب انرژی در ساختمان‌ها و تجهیزات ۴
۳-۳- مزایای الصاق برچسب انرژی ساختمان ۴
۳-۳-۱- مزیت‌های اقتصادی ۵
۳-۳-۲- مزیت‌های اجتماعی ۵
۳-۳-۳- زیست محیطی ۶
۳-۴- متولیان و اجراکنندگان طرح برچسب انرژی ساختمان ۶
۳-۵- معیارهای تعیین رده انرژی ساختمان ۶
۳-۶- پارامترهای موجود در برچسب انرژی ساختمان ۷
۴- راهبردهای دریافت برچسب انرژی ساختمان ۹
۵- ممیزی انرژی ساختمان ۹
۶- گزارش راهکارهای بهبود عملکرد انرژی ساختمان ۱۰
۷- اقدامات بهینه‌سازی و روش‌های ارتقا رده انرژی ۱۰
۷-۱- اقدامات بهینه در ساختمان‌های در حال ساخت ۱۱
۷-۱-۱- معماری ۱۴
۷-۱-۲- تاسیسات الکتریکی و مکانیکی ساختمان ۱۲
۷-۲- اقدامات بهینه‌سازی در ساختمان‌های موجود ۱۴
۷-۲-۱- بازرسی مقدماتی ۱۴
۷-۲-۲- پوسته خارجی ساختمان ۲۳
۷-۲-۳- هوابندی ساختمان ۲۵
۷-۲-۴- عایق‌کاری حرارتی ۲۷
۷-۲-۵- سیستم‌های کنترل ۲۹
۷-۲-۶- تهویه مطبوع و هواسازها ۳۳
۷-۲-۷- سیستم‌های کنترل در تهویه مطبوع ۴۱
۷-۲-۸- گرمایش ۴۱
۷-۲-۹- سرمایش ۴۶
۷-۲-۱۰- آب گرم مصرفی ۴۹
۷-۲-۱۱- کاهش تقاضای گرمایش ۵۲
۷-۲-۱۲- روشنایی ۵۶
۷-۲-۱۳- حسگرهای حساس به حضور افراد ۶۱
۷-۲-۱۴- موتورها، فن‌ها و پمپ‌ها ۶۱
پیوست ۱: دستورالعمل عایق‌کاری بام خارجی ساختمان جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی ۶۴
پیوست ۲: دستورالعمل نصب ویندوفیلم برروی شیشه پنجره‌های ساختمان جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی ۶۵
پیوست ۳: دستورالعمل تعیین رده انرژی ساختمان براساس قبوض ۶۸
منابع و مآخذ ۷۳

## چکیده

برچسب انرژی ساختمان ابزار کلیدی برای کاهش مصرف انرژی و بهبود عملکرد انرژی در ساختمان‌های موجود و در حال ساخت است. این نوشتار الزامات، راهبرد و مراحل اجرای موفقیت‌آمیز دریافت برچسب انرژی ساختمان را ارائه می‌دهد. هرچند ممکن است رویکرد، روش، خروجی‌ها و تاثیر برچسب در ساختمان‌های در حال ساخت و موجود متفاوت باشد، ولی در هر دو مورد، ترسیم فرایندهایی شفاف، دقیق و مقرون به صرفه ضرورت دارد. با اجرای طرح برچسب‌دهی انرژی در ساختمان‌های دولتی و عمومی علاوه بر مشخص نمودن رده انرژی ساختمان‌ها می‌توان نظارت بر اجرای اقدامات بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی هر ساختمان و ارتقا سالانه رده انرژی ساختمان‌ها را برنامه‌ریزی نمود. همچنین از آنجا که در سراسر کشور افراد زیادی به ساختمان‌های دولتی و عمومی مراجعه می‌کنند، لذا اجرای طرح برچسب انرژی ساختمان‌های دولتی و عمومی سبب توسعه فرهنگ بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش آگاهی عمومی در زمینه صرفه‌جویی در مصرف انرژی خواهد گردید. برچسب انرژی ساختمان روشی برای رده‌بندی بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها اعم از مسکونی، تجاری و یا عمومی، با توجه به مقدار انرژی لازم برای تامین شرایط آسایش و کارایی کاربران است. میزان بهره‌وری، بستگی به پارامترهایی از جمله اقلیم، معماری، تکنولوژی ساخت، مصالح، سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه مطبوع، آب گرم و تجهیزات مورد نیاز کاربران دارد. پر واضح است که برچسب انرژی ساختمان فرایند پیچیده‌ای است، که احتیاج به اطلاعات جامع و دقیق از عناصر ساختمان و دیدگاهی تلفیقی دارد. دریافت برچسب انرژی ساختمان بطور کلی سه مرحله اصلی را در بر می‌گیرد:

- ارزیابی عملکرد انرژی توسط یک ارزیاب ماهر با استفاده از روش مشخص و منطبق بر استاندارد
- صدور برچسب انرژی ساختمان همراه با ارائه راهکارهای بهبود
- انتقال اطلاعات به ذی‌نفعان از طریق انتشار برچسب انرژی

برچسب انرژی معمولاً پس از اجرای ساختمان به‌عنوان روشی برای نشان دادن انطباق ساختمان با قوانین و کدهای ساختمانی و همچنین برای مقایسه عملکرد انرژی ساختمان‌های مشابه و مقایسه با ساختمان‌های قدیمی‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که اکثر ساختمان‌های موجود قبل از اینکه بهره‌وری انرژی اهمیت پیدا کند و دولت‌ها بر روی سیاست‌های کاهش مصرف تمرکز کنند ساخته شده‌اند، برچسب انرژی ساختمان می‌تواند فراتر عمل کرده و معیارها و روش‌های کاهش مصرف انرژی را مشخص کند. همچنین رده‌بندی انرژی ساختمان مکانیسمی فراهم می‌کند که بوسیله آن خریداران و مستاجران می‌توانند مصرف انرژی ساختمان‌های مختلف را با هم مقایسه کنند و در نتیجه معمولاً به عنوان اطلاعات ارزشمندی در فرایند تصمیم‌گیری مشتریان برای خرید یا اجاره ساختمان در نظر گرفته می‌شود.

## ۱- مقدمه

امروزه انرژی و چگونگی تولید و توزیع آن در تمام کشورهای جهان دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. مصرف انرژی جهانی پیوسته به موازات توسعه اقتصادی افزایش می‌یابد و این افزایش مصرف، ضمن تامین رفاه بیشتر برای انسان‌ها معضلات زیست‌محیطی متعددی را نیز در پی دارد که رفاه آینده بشر را تحت تاثیر قرار داده است. آنچه مشخص است در حال حاضر پشتوانه سیاسی و اقتصادی کشورها بستگی به میزان بهره‌وری آنها از منابع فسیلی دارد و تمام شدن منابع فسیلی، نه تنها تهدیدی برای اقتصاد کشورهای صادرکننده انرژی است، بلکه نگرانی عمده‌ای را برای نظام اقتصادی ملل مصرف‌کننده انرژی نیز به وجود آورده است. بنابراین کاهش منابع فسیلی و مشکلات استحصال سوخت‌های جایگزین از یک طرف و همچنین معضلات زیست‌محیطی مصرف بی‌رویه انرژی از طرف دیگر همگی بیانگر ضرورت بهینه‌سازی مصرف انرژی در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی می‌باشند. انرژی موردنیاز بشر در حال حاضر مسئله کلیدی توسعه پایدار است. با توجه به عرضه محدود منابع انرژی تجدیدپذیر، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تاثیر آن بر آب و هوای جهانی، مسلم است که نمی‌توان تنها با جایگزین کردن منابع با پایداری کمتر با آنهایی که پایداری بیشتری دارند به سیستم پایدار رسید، بلکه ضرورت کاهش کلی انرژی از سطوح موجود به وضعیت مطلوب کاملاً مشهود می‌باشد.

ساختمان‌ها در کشورهای توسعه یافته حدوداً یک سوم (۳۲٪) از کل میزان انرژی‌های مصرفی را شامل می‌شوند. معیارهای مختلفی بر مصرف انرژی در ساختمان‌ها موثر هستند. تشخیص این معیارها، همراه با درک تاثیر هر کدام بر مصرف انرژی می‌تواند روند بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی در ساختمان را تسریع کند. رشد اقتصاد و ارتقا سطح اجتماعی و زندگی، افزایش مصرف انرژی در بخش ساختمان را سبب شده است. امروزه ساختمان‌های کارامد و سبز به‌عنوان پرچمدار توسعه پایدار، به دنبال برقراری تعادل بین اقتصاد بلند مدت، محیط‌زیست و سلامت اجتماعی هستند. این ساختمان‌ها با بهره‌گیری از رویکرد طراحی تلفیقی فرصت ایجاد محیط‌های کارا در راستای کاهش تاثیرات منفی بر محیط‌زیست و کاربران را فراهم می‌کنند. با این دید بیشتر مهندسان و طراحان بر طراحی و ساخت ساختمان‌های جدید با رویکرد کاهش مصرف انرژی جهت رسیدن به پایداری متمرکز گشته‌اند. اما مسئله پایداری خود دو جنبه دارد.

- یکی طراحی ساختمان‌های پایدار
- دیگری بهبود وضعیت ساختمان‌های موجود با دیدگاه پایداری

رویکرد پایداری در طراحی و ساخت ساختمان بسیار مطلوب است ولی از آنجا که حجم عمده انرژی در ساختمانهای موجود مصرف می‌گردد، لذا بهبود وضعیت ساختمانهای موجود باید با تاکید بیشتری مورد توجه قرار گیرد، تا بتوان کاهش مصرف ویژه انرژی در بخش ساختمان را تسریع نمود.

---

۱- توسعه پایدار فرایند برآورد نیازهای امروز بدون تخریب توانایی‌های نسل آینده برای برآورد نیازهایشان است.

## ۲- مروری بر سیاست‌های کارایی انرژی در بخش ساختمان

سیاست‌های کارایی انرژی در کشورهای مختلف جهان، باتوجه به پارامترهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشورها، دارای تفاوتهایی در اجرا می‌باشند، ولی از دید کلان دارای اصول مشترک زیادی هستند و عمدتاً در تمامی کشورها موارد ذیل به عنوان یکی از سیاست‌های کارایی انرژی توسط دولت‌ها اتخاذ گردیده است. هر کشوری با توجه به شناخت کامل از ویژگی‌های مختلف، الگوهای جامعه و سایر پارامترهای موثر در این حوزه، بر بعضی از این سیاست‌ها تاکید بیشتری داشته است.

- تشکیل موسسه با اهداف، مسئولیت‌ها و وظایف مشخص جهت بهبود کارایی انرژی
- تدوین مقررات برای رعایت حداقل استانداردهای کارایی انرژی و الزام به ارائه اطلاعات مصرف انرژی
- اتخاذ سیاست‌های انگیزشی و تعیین مشوق‌های مالی برای افزایش کارایی انرژی
- ممیزی انرژی اجباری و یا تشویقی
- گسترش فعالیت شرکت‌های خدمات انرژی

در سال‌های اخیر توجه زیادی به مصرف انرژی شده و راهکار و استراتژی‌های زیادی برای این مسئله در نظر گرفته شده است. با توجه به مطالب گفته شده، روشن است که بهبود وضعیت انرژی ساختمان‌های موجود نه تنها باعث کاهش مصرف انرژی بلکه سبب بهبود عملکردی وضعیت کل ساختمان، شرایط بهره‌برداری و آسایش افراد، افزایش چرخه عمر ساختمان و کاهش اثرات منفی به محیط‌زیست و همچنین تضمین شرایط زندگی و کار در محیط سالم می‌شود. در این مجموعه سعی شده است تا روشهای بهبود کارایی انرژی ساختمان جهت ارتقا رده انرژی ساختمان مبتنی بر استانداردهای ملی برچسب انرژی ساختمانهای مسکونی و غیر مسکونی به شماره‌های ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ ارائه گردد.

## ۳- برچسب انرژی ساختمان

بطورکلی گام نخست در بهبود کارایی انرژی ساختمان، تدوین قوانین و مقررات در این زمینه می‌باشد که معمولاً این قوانین، محدودیت‌هایی را برای ضریب انتقال حرارت اجزای پوسته ساختمان، میزان راندمان تجهیزات تاسیساتی و شدت روشنایی مکان‌های مختلف تعیین می‌نمایند. در گام بعدی وجود برچسب انرژی است که اساساً بایستی در مورد رتبه‌بندی انرژی ساختمان‌های موجود و نوساز اجرا شده و دید مناسبی را در مورد مصرف انرژی ساختمان به مشتری منتقل نماید. سیستم‌های رده‌بندی، چارچوبی موثر برای ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان و رسیدن به توسعه پایدار ارائه می‌دهند. ابزار رده‌بندی می‌تواند به عنوان یک ابزار مدیریتی برای تنظیم ملاحظات زیست‌محیطی در فرایند طراحی، ساخت و عملکرد ساختمان استفاده شود. برچسب انرژی ابزار موثری در جهت کاهش هزینه‌های انرژی یک کشور در دیدگاه کلان بوده و این امکان را برای مصرف‌کنندگان فراهم می‌کند که هزینه کمتری برای انرژی مصرفی بپردازند.

### ۳-۱- تعریف برچسب انرژی ساختمان

برچسب‌های انرژی، برچسب‌های اطلاع‌رسانی رده‌بندی انرژی بوده و بصورت عددی و یا حروف می‌باشد که کارایی انرژی تجهیزات، وسایل، ساختمان‌ها و بطور کلی سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی را نسبت به سایرین نشان می‌دهند. این برچسب‌ها، به روش‌های مختلف، مفاهیمی نظیر وضعیت انرژی سالیانه، بازده، صرفه‌جویی و یا هزینه‌های انرژی را مشخص می‌کنند. معیار مصرف انرژی با توجه به کاربری وسیله و یا ساختمان در استاندارد مشخص می‌شود و برای این معیار، دامنه مجاز حداقل تا حداکثر تعریف شده که در رده‌های مختلف طبقه‌بندی می‌گردد. رده‌ها بصورت نوارهای رنگی قرمز تا سبز و با حروف G تا A تعیین می‌شود. رده G با نوار رنگی قرمز دارای کمترین بازدهی است و رده A با نوار رنگی سبز بیشترین بازدهی و یا بیشترین صرفه‌جویی در مقایسه با رده G را دارا می‌باشد.

برچسب انرژی ساختمان روشی موثر و کارا برای فهم و انتقال سطح بهره‌وری انرژی ساختمان برای مالکان است. الصاق برچسب انرژی در ساختمانهای موجود نیاز به ممیزی انرژی یک ساختمان از طریق جمع آوری داده‌های عملی و مصارف انرژی (گاز، برق، سوخت و ...) برای یک ساختمان در طول یک دوره زمانی مشخص، حداقل یک سال، براساس کاربری ساختمان، نوع استفاده و اقلیم دارد. ممیزی و پایش مصارف انرژی به مالکان ساختمان کمک می‌کند که استفاده از انرژی را مدیریت کرده و نهایتاً تصمیمات آگاهانه‌ای را در راستای کاهش هزینه‌های انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای بگیرند. در حالی که جهت تعیین رده انرژی در برچسب انرژی ساختمانهای جدید لازم است با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، مدل زمان‌مند از رفتار حرارتی و عملکرد ساختمان با توجه به اقلیم، شرایط آب و هوایی و کاربری و چگونگی بهره‌برداری از ساختمان تهیه گردد.

## ۳- ۲- تفاوت بین برچسب انرژی در ساختمان‌ها و تجهیزات

تفاوت‌های عملی بین برچسب‌دهی انرژی وسایل برقی و گازی و ساختمان‌ها وجود دارد. محدودیت‌هایی در برچسب‌دهی انرژی ساختمان‌ها در راستای تاثیرپذیری آنها وجود دارد که سبب می‌گردد تا برچسب انرژی ساختمانها توسط کارشناسان متخصص و با تجربه حوزه انرژی و با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی قابل حمل و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی ساختمان انجام پذیرد. بدلیل اینکه هر ساختمان منفرد است، تولید برچسب دقیق نیازمند بررسی‌های دقیقی است که هزینه‌بر بوده، در صورتی که برای محصولات بدلیل اینکه تولید انبوه است بررسی‌ها فقط برای یک محصول انجام و به بقیه تعمیم داده می‌شود.

## ۳- ۳- مزایای الصاق برچسب انرژی ساختمان

مزایای الصاق برچسب انرژی بر ساختمان‌ها را می‌توان در سه بخش کلی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دسته‌بندی نمود، که در ادامه توضیحات مرتبط در این زمینه ارائه می‌گردد.

### ۳-۳-۱- مزیت‌های اقتصادی

رده‌بندی انرژی یک ساختمان عملکرد انرژی یک ساختمان را شفاف کرده و به مالکان، خریداران و اجاره‌کنندگان این امکان را می‌دهد که عملکرد انرژی ساختمان را هنگام تصمیم‌گیری برای خرید و یا اجاره ساختمان در نظر بگیرند. برچسب انرژی آگاهی‌ها را نسبت به مصرف انرژی افزایش و به مشتریان امکان می‌دهد که ساختمان‌های مختلف را با هم مقایسه کنند. در بسیاری از موارد، برچسب و اجرای راهکارهای بهبود، هزینه اقتصادی خالص و بلند مدتی را برای مالک ایجاد نمی‌نماید و صرفه‌جویی‌ها بیشتر از هزینه‌های سرمایه‌گذاری خواهند بود. خریداران/ اجاره‌کنندگان با خرید/ اجاره ساختمان از فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی (بهای قبوض کمتر) بهره‌مند خواهند شد و یا ممکن است ساختمانی ارزانتر با درجه پایینتری از نظر بهره‌وری انرژی را به منظور خرید یا اجاره ترجیح دهند، اما می‌توانند از طریق راهکارهای بهبودی که در گواهی برچسب انرژی مشخص شده است مصرف انرژی را بهبود دهند.

### ۳-۳-۲- مزیت‌های اجتماعی

علاوه بر مزایای کاهش هزینه‌های بهره‌برداری ساختمان، بسیاری از شرکت‌ها و کارفرمایان از این برچسب برای نمایش و معرفی خود به دیگران استفاده می‌کنند (شکل ۱). بهره‌وری انرژی ساختمان از طریق برچسب انرژی می‌تواند بر روند بازار تاثیر بگذارد. تجربه کشورهای توسعه یافته نشان داده است که ساختمان‌های تجاری زمانی که برچسب‌های انرژی را داشته‌اند، اغلب به قیمت‌های بالاتر فروخته یا اجاره شده‌اند. برچسب‌های انرژی آگاهی مالکان را نسبت به هزینه‌های اداره، آسایش و لزوم کنترل مصرف انرژی افزایش می‌دهد، به گونه‌ای که در صنعت ساختمان جهشی به سمت طراحی و اجرای ساختمانهای کارامد، تلفیق عناصر انرژی کارا و فناوری‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان صورت گرفته است.

شکل ۱- نمایش رده بندی انرژی ساختمان برای عموم

برچسب‌های انرژی ساختمان می‌توانند این فرایند را از طریق افزایش آگاهی‌های مرتبط با مصرف انرژی در طراحی و اجرای ساختمان‌ها و تطابق آن با مقررات ساختمانی پشتیبانی کنند. از آنجایی که بسیاری از فرصت‌های مقرون به صرفه بهره‌وری انرژی در زمان طراحی و اجرای ساختمان وجود دارند، رده‌بندی انرژی ساختمان اهمیت مضاعفی پیدا می‌کند. همچنین برچسب‌های انرژی می‌توانند آگاهی عمومی را نسبت به مصرف انرژی ساختمان افزایش دهند. در کشورهای توسعه یافته مقرراتی مبنی بر نمایش برچسب انرژی ساختمان در سازمان‌ها و نهادهای عمومی در راستای افزایش آگاهی‌های عمومی وجود دارد.

### ۳-۳-۳- زیست‌محیطی

رده بندی انرژی ساختمانها، کاهش مصرف انرژی و انتشار گاز دی اکسید کربن را به همراه داشته و نیز به افزایش کیفیت محیط داخلی و ایجاد محیط‌هایی با کارایی و آسایش بیشتر کمک می‌کنند.

## ۳- ۴- متولیان و اجراکنندگان طرح برچسب انرژی ساختمان

تدوین استاندارد برچسب مصرف انرژی، یکی از مهمترین اقدامات مدیریت مصرف جهت تعیین حدود و مرزهای مناسب، بمنظور اعمال قوانین و پیش‌بینی‌های مربوط به تقاضا و برنامه‌ریزی برای عرضه انرژی متناسب با آن می‌باشد. این برنامه‌ها در کشورهای مختلف تحت نظارت سازمان‌های متفاوتی انجام می‌گیرد. در ایران استاندارد برچسب انرژی ساختمان توسط وزارت نفت، وزارت نیرو، سازمان ملی استاندارد ایران، وزارت راه و شهرسازی و سایر نهادهای مرتبط تدوین گردیده است، مطابق با سایر استانداردهای معیار مصرف، مسئولیت نظارت بر اجرای برچسب انرژی ساختمان با شرکت‌های بازرسی تایید صلاحیت شده توسط سازمان استاندارد ملی ایران می‌باشد و لازم است سازندگان و مالکان ساختمان براساس نتایج

بازرسی انرژی، وضعیت رده انرژی ساختمان خود را تعیین کنند.

## ۳- ۵- معیارهای تعیین رده انرژی ساختمان

معیار تعیین رده انرژی ساختمان می‌تواند از معیارهای ساده مانند ضریب انتقال حرارت پوسته خارجی ساختمان تا معیارهای پیچیده مانند میزان مصرف انرژی ساختمان متغیر باشد. مصرف انرژی ساختمان نیز می‌تواند بر اساس نیاز انرژی ساختمان، انرژی خریداری شده و یا انرژی اولیه محاسبه شود. نیاز انرژی معادل نیاز گرمایش و سرمایش ساختمان بوده و در نتیجه این محاسبات مستقل از راندمان تجهیزات تاسیساتی، مصرف روشنایی و نوع حامل‌های انرژی مصرفی است و بیشتر وابسته به مشخصات حرارتی ساختمان مانند ضریب انتقال حرارت پوسته خارجی و نفوذ هواست. جهت محاسبه انرژی خریداری شده، علاوه بر مشخصات پوسته، راندمان تجهیزات و فرهنگ مصرف انرژی ساکنان نیز در نظر گرفته می‌شود. در ساختمان‌های موجود، قبض‌های مصرفی روش مناسبی جهت اندازه‌گیری این مقدار هستند.
تعیین پیچیدگی معیارها با توجه به زیرساخت‌های کشورهای مختلف و میزان حساسیت انرژی برای آنها، متغیر می‌باشد؛ لیکن در کشورهایی مانند ایران که از حامل‌های مختلف انرژی در ساختمان استفاده می‌شود و بعلاوه با وجود یارانه‌های انرژی، حامل‌های انرژی دارای قیمت‌های غیرواقعی می‌باشند، مناسب‌ترین روش، استفاده از معیار انرژی اولیه است. در این روش با استفاده از ضرایب تبدیل برق و حرارت، تمامی حامل‌های انرژی بصورت حامل انرژی اولیه در مبدا محاسبه شده و به این ترتیب با دخیل نمودن راندمان تولید و توزیع برق، تولید انرژی در محل بصورت سیستم‌های تولید همزمان از ارزش بیشتری برخوردار شده و یا سیستم‌های گرمایش برقی وزن بیشتری در مصرف انرژی ساختمان پیدا می‌کنند. در نهایت با این روش می‌توان دید بهتری از روش مصرف انرژی ساختمان بدست آورد و اجرای سیاست‌های کلی نیز به این روش تسهیل می‌گردد.
در حال حاضر استاندارد برچسب انرژی ساختمان در کشور در دو بخش ساختمانهای مسکونی و ساختمانهای غیر مسکونی به شماره‌های استاندارد ملی ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ تدوین شده است. روش مورد کاربرد در برچسب‌دهی انرژی در ایران، تقریباً مانند روش دیگر کشورهای پیشرو در این زمینه است. روش برچسب‌دهی انرژی به ساختمان می‌تواند بر اساس روش عملکردی و یا محاسباتی باشد. روش عملکردی با استناد به قبض انرژی مصرفی، رده مصرف انرژی ساختمان را در ساختمانهای موجود تعیین نموده و بنابراین دارای خطاست، لیکن با توجه به سادگی روش می‌توان اجرای آن را به رده‌های پایینی برچسب مانند F و G محدود نمود. با استفاده از روش‌های زیر می‌توان رده مصرف انرژی ساختمان را تعیین نمود:

- شبیه‌سازی دینامیکی: با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مانند Energy plus، Design Builder، IES و eQuest.
- روش‌های محاسباتی: با استفاده از روابط و محاسبه مصرف انرژی در یک بازه زمانی
- روش‌های امتیازدهی: با تعیین امتیاز قابل تعلق به قسمت‌های مختلف مانند عایقکاری، سیستم‌های کنترلی، سیستم‌های خورشیدی، تولید انرژی در محل و ...

براساس استاندارد، شرکت‌های بازرسی انرژی با تلفیق روش‌های فوق، نسبت به تعیین رده مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود و در حال ساخت اقدام می‌کنند.

## ۳- ۶- پارامترهای موجود در برچسب انرژی ساختمان

در تعیین رده مصرف انرژی ساختمان پارامترهای متعددی به شرح ذیل اهمیت دارند که در طرح برچسب انرژی ساختمان در نظر گرفته شده‌اند.

**نسبت انرژی:**

نسبت انرژی مشخص کننده نسبت مصرف انرژی ساختمان به میزان مصرف انرژی ساختمان ایده‌آل می‌باشد که با R نشان داده می‌شود.

**شاخص مصرف انرژی:**

شاخص مصرف انرژی بصورت میزان انرژی اولیه مصرفی سالیانه ساختمان بر واحد زیربنای مفید ساختمان تعریف می‌شود که مقدار آن با واحد $kWh/m^2/yr$ مشخص می‌گردد. رده مصرف انرژی ساختمان با توجه به نسبت شاخص مصرف انرژی ساختمان مورد بررسی به شاخص مصرف انرژی ساختمان ایده‌آل تعریف می‌شود.

**کاربری:**

منظور از کاربری در این استاندارد، ساختمان اداری دولتی و خصوصی و همچنین ساختمان مسکونی بزرگ (با زیربنای بیش از ۱۰۰۰ مترمربع) و کوچک (با زیربنای کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع) می‌باشد.

**اقلیم:**

اقلیم در این استاندارد براساس اقلیم بندی ۸ گانه مشتمل بر مناطق بسیار سرد، سرد، معتدل و بارانی، نیمه معتدل و بارانی، نیمه خشک، گرم و خشک، بسیار گرم و خشک و بسیار گرم و مرطوب تعیین می‌شود. در جدول ۱ اقلیم‌بندی ۸ گانه مندرج در استاندارد آورده شده است.

**جدول ۱- تقسیم‌بندی اقلیمی در استاندارد برچسب انرژی ساختمان (دما: درجه سانتیگراد - رطوبت نسبی: درصد)**

| اقلیم | میانگین حداکثر دما در تابستان | میانگین رطوبت نسبی در تابستان | میانگین حداقل دما در زمستان | میانگین رطوبت نسبی در زمستان | نمونه شهر |
|---|---|---|---|---|---|
| بسیار سرد | ۳۰–۲۵ | ۵۵–۴۵ | ۵– تا ۱۰– | ۷۵–۶۵ | سراب |
| سرد | ۴۰–۳۵ | ۴۰–۲۵ | ۵– تا ۱۰– | ۷۵–۶۵ | تبریز |
| معتدل و بارانی | ۳۰–۲۵ | بیشتر از ۶۰ | ۰ تا ۵ | بیشتر از ۶۰ | رشت |
| نیمه معتدل و بارانی | ۳۵–۳۰ | بیشتر از ۵۰ | ۰ تا ۵ | بیشتر از ۶۰ | مغان |
| نیمه خشک | ۴۰–۳۵ | ۴۵–۲۰ | ۰ تا ۵ | ۶۰–۴۰ | تهران |
| گرم و خشک | ۴۵–۳۵ | ۲۰–۱۵ | ۰ تا ۵ | ۵۰–۳۵ | زاهدان |
| بسیار گرم و خشک | ۵۰–۴۵ | ۳۰–۲۰ | ۱۰–۵ | ۷۰–۶۰ | اهواز |
| بسیار گرم و مرطوب | ۴۰–۳۵ | بیشتر از ۶۰ | ۲۰–۱۰ | بیشتر از ۶۰ | بندر عباس |

**زیربنای مفید:**

منظور از زیربنای مفید، مجموع زیربنای فضاهای کنترل شده در ساختمان می‌باشد. منظور از فضای کنترل شده، بخشهایی از فضای داخل ساختمان (از فضای زیستی و غیر آن) بوده که به علت عملکرد خاص، بطور مداوم تا دمایی برابر، بالاتر یا پایین‌تر از دمای زیست‌گاه گرم یا سرد می‌شوند.

شکل ۲- نمونه‌ای از برچسب انرژی ساختمان

## ۴- راهبردهای دریافت برچسب انرژی ساختمان

همانگونه که در قسمت‌های قبل ارائه گردید برچسب انرژی ساختمان برای ساختمان‌های موجود و در دست ساخت قابل ارائه می‌باشد، برچسب انرژی ساختمان‌های در حال ساخت از طریق شبیه‌سازی حرارتی زمان‌مند عملکرد ساختمان قابل تعیین می‌باشد. برای ساختمان‌های موجود لازم است مجموعه‌ای از اقدامات مشتمل بر موارد ذیل انجام شود:

- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مصرف انرژی و آب بر اساس قبوض در یک دوره ۱۲ ماهه
- نرمال کردن اطلاعات جمع‌آوری شده براساس اطلاعات آب و هوایی
- تهیه شاخص مصرف انرژی ساختمان برحسب ($kWh/m^2/year$)
- تحلیل عملکرد ساختمان در ارتباط با روشنایی، تهویه و آسایش حرارتی براساس استانداردهای داخلی و بین‌المللی
- ارائه راهکارهای پیشنهادی برای بهبود بهره‌وری انرژی و ارائه برنامه اجرای پیشنهادات و ادامه تحلیل و ممیزی میزان صرفه‌جویی واقعی حاصل از عملیات بهبود

بطور کلی می‌توان گفت جهت تعیین رده انرژی ساختمان‌های موجود، انجام ممیزی انرژی تفصیلی ساختمان ضرورت دارد و می‌توان با انجام ممیزی انرژی ضمن تعیین برچسب انرژی ساختمان، روش‌های ارتقاء رده انرژی ساختمان را تعیین نمود و با ارائه گزارش ممیزی انرژی، اطلاعات مورد نیاز جهت بهبود عملکرد مصرف انرژی ساختمان را در اختیار مالک ساختمان قرار داد.

## ۵- ممیزی انرژی ساختمان

جهت انجام یک طرح برچسب انرژی در ساختمان‌های موجود، ممیزی انرژی ساختمان صورت می‌گیرد. ممیزی انرژی در ساختمان مجموعه‌ای از اقدامات برای تعیین میزان انرژی مصرفی ساختمان و همچنین شناسایی امکانات موجود و ارزیابی میزان صرفه‌جویی انرژی ممکن در یک ساختمان می‌باشد. هدف از ممیزی انرژی بدست آوردن یک تصویر جامع از وضعیت جریان کل انرژی در واحد مورد بررسی، تعیین وضعیت مصرف انرژی ساختمان، شناسایی امکانات موجود ساختمان، تعیین گلوگاه‌های مصرف انرژی، تعیین روش‌های ممکن جهت کاهش مصرف انرژی، تحلیل اقتصادی روش‌های کاهش مصرف انرژی، تعیین تاثیرپذیری هریک از روش‌ها بر دیگری و در نهایت تهیه طرح توجیهی جهت تصمیم‌گیری و سرمایه‌گذاری است. ممیزی انرژی دارای سطوح مختلفی است. آنچه در استاندارد برچسب انرژی ساختمان مورد نیاز است، ممیزی انرژی جامع جهت شناسایی تمامی جوانب پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی بوده و در بخش‌های ذیل صورت می‌گیرد:

***الف- شناسایی وضعیت موجود ساختمان***

- بازدید و بررسی ساختمانها و تشریح وضعیت عمومی ساختمان
- جمع‌آوری اطلاعات کلی ساختمان (جزییات اجرایی، نقشه‌ها، قبوض انرژی مصرفی و...)
- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مشخصات فیزیکی ساختمان، نوع مصالح و تجهیزات مکانیکی و الکتریکی
- نوع کاربری (نوع استفاده): الگوی مصرف، دوره‌های بهره‌برداری، سیستم‌های کنترلی، روشنایی و ...
- بررسی تاسیسات مکانیکی و سیستم تهویه مطبوع در ساختمان
- وضعیت انتقال انرژی در ساختمان و بررسی وضعیت نشتی در فن‌ها و پمپ‌ها، عایقکاری لوله‌های بخار، آبگرم و کانال هوا
- وضعیت روشنایی الکتریکی: کیفیت، شدت روشنایی، کارآیی روشنایی، محدوده‌ای از روشنایی که بتوان با استفاده از روشنایی روز مصرف انرژی را کاهش داد، قابلیت تغییرپذیری، کنترل و ...
- وضعیت موتورخانه: وضعیت بویلرها، چیلرها، مخازن، لوله‌کشی و برگشت کندانس و ...
- بررسی طرح عمومی ساختمان از نقطه‌نظر نحوه احداث آن و شناخت نواقص عمده در ماهیت کیفی طراحی و نحوه نگهداری ساختمان‌های مذکور
- تهیه لیست تجهیزات پرمصرف و عمده مصرف کننده انرژی
- تعیین مقادیر مصرف سالیانه انرژی ساختمان

***ب- تعیین نقاط ضعف ساختمان و مقایسه مصرف انرژی ساختمان با استاندارد***

- محاسبه مقادیر تلفات و مصرف انرژی ساختمان از روش تئوری و مدلسازی
- برآورد ضریب انتقال حرارت کلی ساختمان از روش‌های مستقیم و معکوس
- محاسبه بار حرارتی و برودتی مورد نیاز ساختمان
- بررسی ظرفیت‌های سیستم‌های حرارتی و برودتی موجود در ساختمان
- برآورد میزان انرژی مصرفی ساختمان مطابق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
- مقایسه شاخص‌های مصرف انرژی ساختمان با مبحث ۱۹ و استانداردهای جهانی
- تعیین رتبه مصرف انرژی ساختمان براساس دستورالعمل برچسب انرژی

***ج- تعیین پتانسیل صرفه‌جویی انرژی و ارزیابی فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی***

- برآورد کلی پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در ساختمان و مشخص کردن فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی بدون درنظر گرفتن موارد اقتصادی
- محاسبه و تخمین مقادیر صرفه‌جویی انرژی مربوط به اجرای هریک از اقدامات
- تعیین دوره بازگشت سرمایه به تفکیک هر یک از اقدامات
- پیشنهاد راهکارهای مناسب جهت بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی از لحاظ اقتصادی و عمر مفید ساختمان
- اولویت‌بندی اجرای اقدامات بهینه‌سازی در ساختمان با توجه به نحوه اجرا و موارد اقتصادی (کم هزینه و پرهزینه)
- تعیین میزان ارتقاء رده انرژی ساختمان با اجرای هریک از اقدامات بهینه‌سازی

## ۶- گزارش راهکارهای بهبود عملکرد انرژی ساختمان

گزارش ممیزی انرژی ساختمان، گزارشی تکمیلی است که توسط شرکت ممیزی انرژی تهیه و همراه با برچسب انرژی ارائه می‌گردد و شامل توصیه‌ها و پیشنهاداتی برای بهبود عملکرد انرژی ساختمان است. این گزارش شامل اقدامات مدیریتی و عملکردی کم‌هزینه و یا بدون هزینه، روشهای ارتقاء و بالابردن سطح کیفیت سیستمهای تاسیساتی و پوشش ساختمان تا حد امکان و فرصت‌هایی برای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و پربازده می‌باشد و اطلاعات کاربردی لازم را برای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان در اختیار مالکین و بهره‌برداران ساختمان قرار می‌دهد. در گزارش تکمیلی سناریوهای صرفه‌جویی انرژی به شرح زیر دسته‌بندی می‌گردند.

- دوره برگشت سرمایه کوتاه مدت ( کمتر از ۳ سال) مانند بهره‌گیری از سیستم‌های کنترل و اقدامات مدیریت انرژی ساختمان
- دوره برگشت سرمایه میان مدت (۳ تا ۷ سال) نظیر ارتقاء سیستم‌های تاسیساتی ساختمان و جداره‌های خارجی ساختمان
- دوره برگشت سرمایه بلند مدت (بیش از ۷ سال) مانند جایگزینی سیستم‌های موجود با فناوری‌های نوین و با حداقل انتشار گاز دی‌اکسید کربن

## ۷- اقدامات بهینه‌سازی و روش‌های ارتقا رده انرژی

علاوه بر بررسی مباحث فنی جهت اقدامات بهینه‌سازی در یک ساختمان، لازم است به میزان بهبود کارایی انرژی و مباحث اقتصادی نیز توجه گردد، بر این اساس نمی‌توان همواره مجموعه‌ای از راهکارهای بهینه‌سازی را به‌عنوان اقدامات عملی جهت ارتقا رده انرژی ساختمان در نظر گرفت و لازم است تحلیلهای فنی و اقتصادی با توجه به شرایط هر ساختمان بصورت مجزا بعمل آید. در ادامه فهرستی از اقدامات بهینه‌سازی برای دو وضعیت ساختمان‌های در حال ساخت و ساختمانهای موجود آورده شده است. بدیهی است که راهکارهای بهینه‌سازی محدود به موارد مذکور در این مجموعه نخواهد بود و تاثیرگذاری هر یک از آنها نیز با توجه به شرایط عملکردی ساختمان متفاوت خواهد بود و لازم است با استفاده از خدمات کارشناسان انرژی، تحلیل‌های جامعی قبل از اجرای هر یک از اقدامات در ساختمان بعمل آید.

### ۷-۱- اقدامات بهینه در ساختمان‌های در حال ساخت

#### ۷-۱-۱- معماری

**پنجره و درها:** مقادیر بالایی از انرژی از طریق پنجره و درهای غیراستاندارد هدر می‌رود. برای جلوگیری از این اتلاف انرژی که در نهایت موجب صرفه‌جویی اقتصادی برای ساکنین می‌شود، می‌توان روش‌های زیر را توصیه نمود:

- استفاده از قاب‌های پی. وی. سی و یا آلومینیومی حرارت‌بند استاندارد
- استفاده از پنجره با شیشه‌های دوجداره
- استفاده از شیشه‌های کنترل کننده نور عبوری مانند شیشه‌های رفلکتیو (شیشه‌هایی که از ورود انرژی گرمایی به داخل ساختمان جلوگیری می‌کنند) در مناطق گرمسیر و شیشه‌های Low-E (شیشه‌هایی که اجازه ورود انرژی گرمایی را به داخل داده و مانع خروج انرژی گرمایی می‌شود) در مناطق سردسیر و انواع شیشه‌های رنگی
- استفاده از درهای عایق حرارتی با لایه‌های فوم و یا درهای چوبی
- کاهش سطح پنجره‌ها (کمتر از ۱۵٪ زیربنا)
- تعبیه سایبان ثابت و متحرک مناسب در قسمت خارجی پنجره‌های شرقی، غربی، جنوبی

**هوابندی ساختمان:** ایجاد درز در ساختمان امری طبیعی است. ولی به دلیل اینکه عبور هوا از میان این درزها موجب ورود هوای سرد در زمستان و هوای گرم در تابستان به داخل فضا می‌شود، باید آنها را به حداقل رساند. برای این منظور روش‌های زیر پیشنهاد می‌گردد:

- اتصال مناسب پنجره به دیوار و استفاده از درکوب برای پوشش درزها
- استفاده از پنجره‌های استاندارد که درزبندی شده‌اند و یا استفاده از نوارهای درزبندی و بتونه برای پنجره‌های معمولی
- استفاده از درهای استاندارد و یا استفاده از نوار درزبندی برای درهای ورودی

**دیوارها:** حدود ۵۰٪ از اتلاف انرژی ساختمان از طریق دیوارها صورت می‌پذیرد. در تابستان باعث گرم شدن فضای خانه و در زمستان باعث انتقال گرما به بیرون و در نتیجه سرد شدن محیط می‌گردند. در صورتی‌که در اجرای دیوارها، عایق‌حرارتی متناسب با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود، تلفات حرارتی از دیوارها به حداقل کاهش می‌یابد.

**سقف نهایی و سقف پیلوت:** به دلیل اتلاف حرارتی زیاد سقف نهایی در زمستان و تابستان روش‌های زیر می‌تواند از گرم شدن زیاد این سقف در تابستان و از سرد شدن آن در زمستان جلوگیری نماید.

- استفاده از عایق حرارتی در زیر و روی سقف نهایی
- استفاده از سقف‌های دوپوسته با لایه هوا در وسط آن
- استفاده از سقف‌های با مصالح عایق حرارتی که در این حالت کل سقف بصورت عایق همگن عمل می‌کند.
- استفاده از عایق حرارتی در سقف کاذب زیر سقف نهایی.

**اقدامات مکمل:** بمنظور رعایت اصول صرفه‌جویی انرژی می‌توان اقدامات زیر را در طرح معماری ساختمان در نظر گرفت.

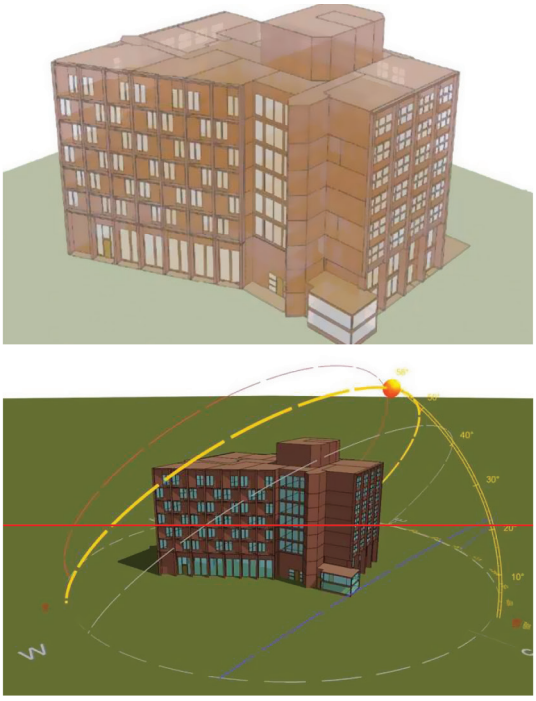
- طراحی معماری به گونه‌ای باشد که فضاها به‌صورت یکپارچه طراحی نشده باشد.
- ایجاد فضای واسط در ورودی ساختمان با تعبیه دو در متوالی
- نصب دستگاه خودکار برای بسته شدن درها
- جهت‌گیری مناسب ساختمان در اقلیم‌های متفاوت
- طراحی فضاهای غیرمسکونی شبیه دالان، ایوان سرپوشیده و گاراژ و انبار در سمت شرق و غرب بنا

## ۷-۱-۲- تاسیسات الکتریکی و مکانیکی ساختمان

در جهت افزایش کارایی سیستم‌های تاسیساتی و کاهش مصرف سوخت در ساختمان‌های در حال ساخت تمهیدات ذیل پیشنهاد می‌گردد.

- در طراحی و انتخاب تاسیسات برقی و مکانیکی لازم است ضمن انتخاب تجهیزات پربازده، سیستم بطور دقیق بررسی گردد و ظرفیت سیستم‌ها متناسب با نیاز واقعی مصرف انتخاب شود، همچنین انواع تجهیزات کنترلی جهت مدیریت صحیح مصرف با توجه به هدف‌گذاری رده انرژی ساختمان در نظر گرفته شود. جهت دست‌یابی به رده‌های بالای انرژی بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید انرژی در محل ضرورت دارد.
- عایق‌بندی حرارتی لوله‌های رفت و برگشت و کانال‌های هوا
- عایق‌بندی حرارتی منابع دوجداره، منابع کویل دار، منابع انبساط و کلکتورها.

با استفاده از شبیه‌سازی ساختمان می‌توان ضمن تعیین تاثیر عوامل مختلف بر بهبود کارایی انرژی ساختمان، میزان مصرف انرژی ساختمان را تعیین و رده انرژی ساختمان را مشخص نمود. همچنین با بررسی دقیق رفتار حرارتی ساختمان در زمان‌های مختلف، می‌توان نقاط ضعف ساختمان از منظر مصرف انرژی و تامین آسایش حرارتی را مشخص و راهکارهای لازم را برای بهبود آن اتخاذ نمود.
در شکل ۳ تصاویری از شبیه‌سازی ساختمان و در شکل ۴ تصاویر واقعی ساختمان بعد از ساخت ارائه شده است.



شکل ۳- تصاویر شبیه‌سازی یک ساختمان مسکونی

شکل ۴- تصاویر واقعی ساختمان شبیه‌سازی شده بعد از ساخت ساختمان

## ۷- ۲- اقدامات بهینه‌سازی در ساختمان‌های موجود

قبل از انجام اقدامات بهینه‌سازی در ساختمان‌های موجود لازم است یک بازرسی مقدماتی از بخش‌های مختلف ساختمان بعمل آید تا براساس آن ابتدا روش‌های کم هزینه بهبود در ساختمان اجرا گردد و با یک برنامه‌ریزی صحیح و به منظور تامین حداکثر تاثیرگذاری، اقدامات بهینه‌سازی بصورت گام به گام در ساختمان اجرا گردد.
بعد از انجام بازرسی مقدماتی می‌توان با بررسی مشکلات عمده ساختمان که معمولاً توسط گروه‌های ممیزی انرژی در راستای ارتقا رده انرژی ساختمان تعیین می‌گردد، راهکارهای صرفه‌جویی مصرف انرژی مناسب را تعیین نمود. برای آگاهی خوانندگان، در ادامه فهرستی از انواع راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی آورده شده است. باید به این نکته توجه داشت که با توجه به وضعیت هر ساختمان، ممکن است روش‌های متفاوتی در مقایسه با فهرست موجود برای بهبود مصرف انرژی وجود داشته باشد و نباید در پروژه‌ها، فقط به موارد ارائه شده در این بخش استناد گردد.

### ۷-۲-۱- بازرسی مقدماتی

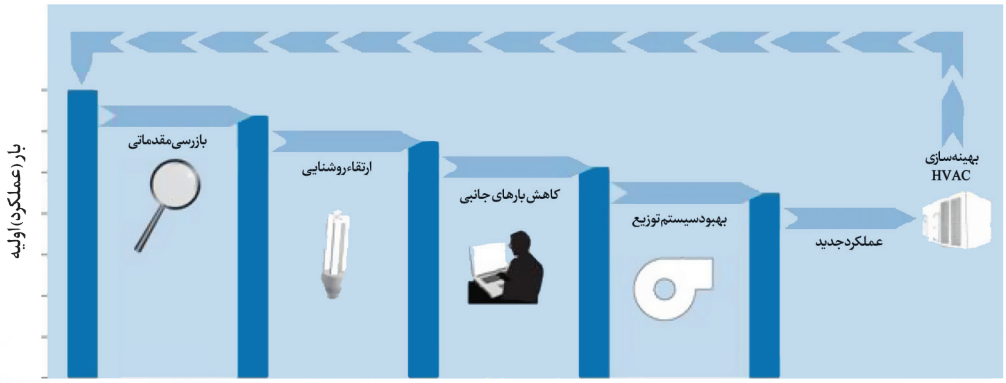
بازرسی مقدماتی، با بررسی ساختمان آغاز می‌شود، این مرحله درک و شناخت از چگونگی عملکرد سیستم‌های ساختمان و وضعیت تعمیر و نگهداری آنها، شناسایی راهکارها و انتخاب اقدامات مقرون به صرفه جهت اجرا را در پی خواهد داشت. برای دستیابی به این اهداف لازم است اقدامات زیر بعمل آید:

- بررسی مستندات ساختمان شامل: مستندات طراحی اولیه، لیست تجهیزات، نقشه‌های مربوط به سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی، مستندات سیستم‌های کنترلی، دستورالعمل‌های تعمیر و نگهداری و ....
- بررسی وضعیت نظارت بر سیستم‌های انرژی که می‌تواند در تعیین مشکلات ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. متغیرهایی که معمولاً مورد بررسی قرار می‌گیرند عبارتند از: میزان کل مصرف انرژی در ساختمان (شامل برق، گاز و ...)، تفکیک مصارف انرژی، پارامترهای عملکردی (مثل دما و فشار)، اطلاعات آب و هوایی، وضعیت تجهیزات و زمان کاری آنها، موقعیت عملگرها (actuators) و نقاط تنظیم حسگرها و تجهیزات
- تست عملکردی ساختمان و بخش‌های مختلف، در این بخش کل یا قسمتی از تجهیزات راه‌اندازی می‌شود و نتایج آن در تمام بخش‌های عملیاتی بررسی و اندازه‌گیری شده و ثبت می‌گردد. نتایج تست عملکردی ممکن است در تعیین اینکه آیا ساختمان به فرآیند بهسازی نیاز دارد و یا اقدامات بهینه‌سازی مقرون به صرفه است، مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال ممکن است طی فرآیند آنالیز گازهای احتراقی، ناهماهنگی در درصد گازهای خروجی مشخص شود. این حالت می‌تواند بیانگر آن باشد که با تنظیم بویلر، صرفه‌جویی در انرژی حاصل می‌شود.

بعد از تعیین پتانسیل‌های صرفه‌جویی در مرحله نظارت مقدماتی، لازم است قبل از آغاز اجرای گام بعدی، نسبت به بهینه‌سازی ساختمان براساس راهکارهای مشخص شده در این گام اقدام گردد. باتوجه به گسترش فعالیت شرکت‌های خدمات انرژی در کشور، می‌توان جهت اجرای اقدامات بهینه‌سازی به یکی از روش‌های زیر اقدام نمود.

• اجرای کار بصورت کلید در دست (Turnkey): معمولاً در مواردی استفاده می‌شود که مشاور توانایی ارائه خدمات را داشته و پرسنل ساختمان زمان کافی و یا مهارت لازم را در اختیار نداشته باشند. مهم‌ترین فایده این روش این است که تنها یک قرارداد با مالک منعقد می‌شود و سایر موارد توسط مشاور، مدیریت می‌گردد.
• اجرای کار تحت نظارت مشاور: در این صورت مشاور فقط بر اجرای پروژه نظارت می‌کند و مستقیماً وظیفه اتمام پروژه را برعهده ندارد. این استراتژی، زمانی که پرسنل ساختمان دارای مهارت بوده و زمان کافی برای اجرای پروژه را داشته باشند ولی در عین حال مهارت خاص مشاور نیز مورد نیاز باشد، بهترین روش است. همکاری با مشاور، مهارت پرسنل ساختمان را افزایش داده و توانایی آنان را در تعمیر و نگهداری سیستم‌های ساختمان افزایش می‌دهد.
• اجرای کار توسط مالک ساختمان: در مواردی مناسب است که مالک ارتباطات قوی با پیمانکاران خدماتی و مهندسی داشته و قادر به اجرا و مشخص نمودن اقدامات نظارت مقدماتی باشد.

در هریک از رویکردهای فوق‌الذکر می‌توان پیشنهادات ارائه شده را طبقه‌بندی نمود تا محدودیت‌های بودجه‌ای مشکل‌ساز نگردد. به این نکته باید توجه داشت که اجرای تمام یا بخش عمده‌ای از اقدامات در کوتاه‌ترین زمان ممکن، اهمیت پروژه را حفظ کرده و مشارکت پرسنل ساختمان و حداکثر صرفه‌جویی در هزینه را در پی خواهد داشت.
بعد از پایان یافتن اقدامات بهینه‌سازی، لازم است نسبت به بررسی عملکرد ساختمان و تعیین نتایج اقدام شود. در این مرحله ممکن است راهکارهای جدیدی در بهسازی ساختمان مشخص شود. این راهکارها می‌توانند به‌عنوان مبنایی در جهت بهینه‌سازی‌های مداوم به کار رود. بطور کلی همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده است، جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان باید رویکرد مرحله‌ای داشت، به‌طوریکه در ابتدا نسبت به اجرای روش‌های ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر و بعد از حصول صرفه‌جویی اولیه، در جهت بهبود سایر بخش‌ها اقدام نمود. قابل ذکر است که در بازرسی مقدماتی تمامی بخش‌های ساختمان اعم از روشنایی، چگونگی کاهش بارهای جانبی و بهبود سیستم گرمایش و سرمایش ارزیابی می‌گردد و راهکارهای بهینه‌سازی، زود بازده مشخص می‌گردد.




شکل ۵- رویکرد مرحله‌ای جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان

با توجه به این نکته که اجرای پروژه، به معنای پایان پروژه نیست، بدون آموزش پرسنل ساختمان و بدون برنامه‌های منظم تعمیر و نگهداری، مزایای حاصل شده پایدار نخواهد بود. مالک ساختمان باید از مشاور درخواست نماید تا در مرحله پایانی پروژه آموزش‌های لازم را برای پرسنل ساختمان انجام دهد. جلسه آموزشی می‌بایست به‌صورت کارگاه آموزشی به همراه بازدید از تجهیزات ساختمان باشد. بهتر است جلسه آموزشی با تهیه فیلم مستند گردد تا بتوان در آینده از آن به عنوان منبعی برای آموزش پرسنل جدید، استفاده نمود.

یک طرح تعمیر و نگهداری معمولی، شامل فهرست اقدامات نگهداری و برنامه‌ای برای اجرای آنها می‌باشد. چک‌لیست‌ها در هر قسمت به‌صورت جداگانه نگهداری شده و پس از اجرای امور به روز می‌شوند. گنجاندن عملیات جدید در بین طرح‌های جاری، مستلزم دقت فراوان در ثبت نقاط تنظیم، پارامترها و تنظیمات کنترلی می‌باشد. این مطلب بدین معناست که در صورت اعمال تغییرات عملکردی، لازم است شرایط بهره‌برداری ساختمان مجدداً ارزیابی گردد. بر این اساس می‌توان نسبت به بازرسی مجدد ساختمان اقدام نمود.

فرایند بازرسی مجدد، مرحله‌ای است که از آن طریق می‌توان از تداوم اقدامات بهینه‌سازی اطمینان حاصل نمود، بطور کلی انجام نظارت مقدماتی و بازرسی مجدد، سبب می‌گردد تا سطح بهینه عملکرد ساختمان حفظ گردد.

زمان اجرای بازرسی مجدد، بسته به ایجاد تغییر در استفاده از تجهیزات، کیفیت برنامه‌های تعمیر و نگهداری و تکرار بروز مشکلات عملیاتی، متفاوت است. از جمله عواملی که نشان‌دهنده لزوم بازرسی مجدد می‌باشند، عبارتند از:

- افزایش غیرمنطقی استفاده از انرژی
- افزایش شکایات درخصوص مسائل رفاهی
- افزایش مصرف شبانه انرژی
- آگاهی از وجود مشکلات، کمبود وقت یا کمبود دانش فنی در جهت رفع آنها
- ایجاد تغییر در تنظیمات کنترلی بوسیله کارکنان یا ساکنین برای رفع سریع مشکلات
- خرابی مکرر تجهیزات
- نیاز به تعویض سیستم کنترلی یا سیستم اصلی از زمان آخرین نظارت

فرایند بازرسی مجدد مشابه فرایند بازرسی مقدماتی است. البته از آنجا که بخشی از فرآیند بر مبنای مستنداتی است که قبلاً تهیه شده است، بنابراین می‌تواند کم هزینه‌تر باشد. در بازرسی مجدد معمولاً راهکارها شامل موارد کم‌هزینه‌تر می‌گردد. البته ممکن است در برخی موارد طراحی دقیق، ارائه برنامه زمان‌بندی و تحلیل اقتصادی نیز انجام گردد. در اغلب موارد، بازرسی مجدد از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد. در این موارد، تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات در محل‌های مورد نظر نصب می‌شود تا عملکرد سیستم مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد.

به عنوان بخشی از فرایند بازرسی مقدماتی، همه اجزای ساختمان و تجهیزات مصرف‌کننده انرژی مورد ارزیابی و بررسی قرار خواهند گرفت. بررسی سیستم‌های روشنایی، بارهای جانبی، سیستم‌های توزیع هوا و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی در حیطه کاری شرکت‌های خدمات انرژی[1] (ESCO) می‌باشد.

1 – Energy Service Company

بر اساس نتایج بازرسی، پتانسیل‌ها و راهکارهای صرفه‌جویی شناسایی‌شده و بهترین اقدامات جهت اجرا تعیین می‌گردند. در هر صورت انجام تعمیرات ساده، معمولاً مؤثرترین استراتژی می‌باشد. اقدامات ساده‌ای مانند کالیبره کردن حسگرها، نه تنها عملکرد جاری ساختمان را بهبود می‌بخشد، بلکه شرایط آسایشی را نیز مطلوبتر می‌نماید. در مرحله نظارت مقدماتی، بررسی اجمالی تمامی بخش‌های عمده ساختمان شامل سیستم روشنایی، بررسی بارهای جانبی، سیستم‌های توزیع هوا و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی انجام می‌شود که نتایج بدست آمده در این مرحله به عنوان اطلاعات اولیه مراحل بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**بازرسی مقدماتی سیستم روشنایی:**

سیستم‌های روشنایی جز لاینفکی از یک محیط کاری مناسب می‌باشند. کلیه سیستم‌های روشنایی، در طول زمان دچار افت کارایی می‌شوند. برخی از تلفات نظیر کاهش نور، به‌علت عمر تجهیزات روشنایی اجتناب‌ناپذیر است. با این وجود می‌توان برخی از دلایل کاهش کارایی سیستم مانند نامناسب بودن سیستم‌های کنترلی، انباشته شدن گرد و غبار بر روی تجهیزات و کاهش میزان نوردهی را از طریق برنامه‌های تعمیر و نگهداری مناسب به حداقل رساند. تنظیم یک سیستم روشنایی باید طبق روند ذیل صورت پذیرد:

- داشتن برنامه مناسب تعمیر و نگهداری برای تعویض لامپ‌ها و نظافت لوازم و تجهیزات
- اندازه‌گیری میزان روشنایی و حصول اطمینان از میزان مناسب آن
- کالیبره کردن سیستم‌های کنترل روشنایی

نظافت دوره‌ای تجهیزات روشنایی و تعویض لامپ‌ها و بالاست‌های سوخته، در افزایش میزان روشنایی به شکل قابل توجهی تاثیرگذار است. این موارد جزئی و ساده، که هزینه چندانی هم ندارد، می‌تواند سطح روشنایی ساختمان را به طراحی اولیه‌اش نزدیک کند.

پس از آنکه تمیز کردن و تعویض لامپ‌ها به اتمام رسید، می‌بایست سطح روشنایی را اندازه‌گیری نمود تا مشخص شود که آیا میزان روشنایی برای اموری که در آن فضا انجام خواهد شد، مناسب می‌باشد یا خیر. از آنجا که ممکن است نوع کاربری فضا در طول زمان تغییر کند، لذا تنظیم روشنایی متناسب با شرایط بهره‌برداری و ساکنین فعلی آن امری ضروری می‌باشد. فضاهایی که دارای سطح روشنایی کمتر یا بیشتر از میزان موردنیاز هستند، باید به سطح مطلوب برسند. همچنین یکنواختی روشنایی نیز باید بررسی شود چرا که تعویض محل قرارگیری اثاثیه و حتی دیوارها ممکن است بر توزیع روشنایی اثر بگذارد.

هنگامی‌که سطح روشنایی و یکنواختی مناسب در فضا بدست آمد، باید سیستم‌های کنترل اتوماتیک روشنایی مورد بررسی قرار بگیرند. بسته به استراتژی‌های ویژه هر ساختمان، ممکن است از کنترل‌های اتوماتیک متفاوتی بر اساس زمان، حضور افراد و میزان سطح روشنایی استفاده شود. ممکن است سیستم‌های کنترلی در حین نصب به طور صحیح کالیبره نشده و یا ساکنین ساختمان آنها را دستکاری کرده باشند. تنظیم سیستم‌های کنترلی و حسگرهای مربوط به آنها، منجر به کاهش شکایات ساکنین شده و همچنین صرفه‌جویی انرژی را به همراه دارد.

بسیاری از ساختمان‌ها از سیستم‌های مدیریت انرژی (EMS)[1]، ساعت‌های ورود و خروج و تایمرها، برای کنترل اتوماتیک روشنایی بر مبنای جدول زمان‌بندی پیش‌بینی شده، استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها برای اطمینان از اینکه روشنایی‌ها تنها زمانی‌که ساختمان دارای سکنه است مورد استفاده قرار می‌گیرند، نیازمند برنامه‌ریزی هستند. در صورت لزوم می‌توان از کنترل‌های غیراتوماتیک نیز استفاده کرد. برنامه روشنایی خارج ساختمان، باید در طول سال متناسب با فصول تغییر کند.
عملکرد حسگرهای حساس به حضور افراد می‌بایست از نظر میزان حساسیت و تاخیر زمانی، متناسب با شرایط و الزامات هر فضا تنظیم گردد. همچنین برای اطمینان از پوشش‌دهی کل فضای موردنظر باید محل نصب حسگر بررسی شده و از قرار گرفتن حسگرها در نقاط کور جلوگیری نمود. ضروریست تمامی فوتوسل‌های داخلی و خارجی بررسی شوند تا از کاهش مناسب میزان روشنایی در طول روز و تغییر میزان بهره‌مندی از روشنایی روز براساس نیاز، اطمینان حاصل شود.
متناسب با کیفیت و عملکرد فعلی سیستم روشنایی، صرفه‌جویی‌های مرتبط با تنظیم روشنایی متفاوت خواهد بود. برای مثال ممکن است، تنها با تمیز کردن لامپ‌ها سطح روشنایی از ۱۰ درصد به بیش از ۶۰ درصد افزایش یابد. کالیبراسیون حسگرهای حساس به حضور افراد و فتوسل‌ها می‌تواند با کاهش مصرف انرژی، عملکرد سیستم را تا ۵۰ درصد بهبود دهد.

**بازرسی مقدماتی بارهای جانبی:**
بارهای جانبی می‌توانند افزایش مصرف انرژی ساختمان را به همراه داشته باشند. در روند نظارت مقدماتی می‌توان با کاهش مصرف انرژی تجهیزات و درزگیری روزنه‌های ساختمان بارهای جانبی را کاهش داد.
در بسیاری از ساختمان‌ها به دلیل روشن ماندن تجهیزات و دستگاه‌های اداری در طول شب، اواخر هفته و مدت زمانی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، انرژی به‌هدر می‌رود. از طریق فرهنگ‌سازی درخصوص خاموش نمودن وسایل برقی غیرضروری توسط پرسنل ساختمان، استفاده از وسایل الکتریکی دارای برچسب انرژی و ایجاد مدیریت مصرف انرژی در بخش‌های مختلف می‌توان میزان مصارف انرژی را کاهش داد. تجهیزات کارای انرژی، نه تنها انرژی را به طور موثر استفاده می‌کنند، بلکه معمولاً در حالت غیرفعال نیز دارای حالت خاموشی خودکار و توان پایین جهت راه‌اندازی مجدد هستند.
غالباً نفوذ هوا بزرگترین دلیل اتلاف انرژی از پوسته ساختمان می‌باشد. هوای خارجی از طرق مختلفی مثل درز پنجره، در، دیوار و سقف به داخل ساختمان نفوذ می‌کند. میزان نفوذ هوا به داخل ساختمان می‌بایست مطابق استاندارد تعیین شده باشد. از پیامدهای نفوذ بیش از حد هوا، افزایش انرژی مصرفی در میزان گرمایش و سرمایش است. همچنین نشت و خروج هوای داخل ساختمان به خارج، سبب افزایش مصرف انرژی در سیستم‌های تهویه مطبوع می‌گردد.
برای کاهش نفوذ هوا، می‌بایست مراحل زیر را اجرا نمود:
- برطرف کردن درزهای موجود در ساختمان با تعیین محل نشت آنها.
- درزبندی با استفاده از مواد و روش‌های مناسب، به‌طور مثال استفاده از نوارهای درزگیر برای درها، آب‌بندی و درزگیری شکاف پنجره‌ها و درزبندی کامل سیستم‌های توزیع هوا در دیوار و سقف.
- ترویج استفاده از درهای گردان، درهای اتوماتیک و پرده‌های هوا، این تجهیزات به میزان قابل توجهی از هدر رفتن هوای تهویه شده و ورود گرد و غبار جلوگیری می‌کنند.
- کالیبره کردن درهای اتوماتیک به‌منظور کاهش اتلاف هوای تهویه شده

1 Energy Management System

توجه به این نکته ضروری است که کاهش نفوذ هوا، ضمن کاهش بارهای گرمایشی و سرمایشی، حداقل ۵ درصد کاهش هزینه‌های انرژی مصرفی بابت گرمایش و سرمایش ساختمان را به همراه دارد.

**بازرسی مقدماتی سیستم‌های توزیع هوا:**

از دیگر مواردی که در مرحله نظارت مقدماتی بررسی می‌گردد، سیستم‌های توزیع هوا می‌باشند. این مرحله شامل فرایند تست، تنظیم و بالانس می‌باشد. اجزای مختلف سیستم HVAC در فرایند تست، تنظیم و بالانس به‌گونه‌ای تنظیم می‌شوند که جریان‌های آب و هوا با توجه به نیازهای بار، هماهنگ باشند. این مرحله با آزمایش و ارزیابی عملکرد فعلی تجهیزات و ارائه پیشنهادات بهینه‌سازی شروع می‌شود. سپس تنظیمات نرخ‌های جریان هوا یا آب، به‌منظور متعادل‌سازی سیستم و بارهای ساختمان، صورت می‌پذیرد. مواردی که موجب جدیت و دقت بیشتر در انجام این فرایند می‌گردد عبارت از شکایت‌های مکرر از طرف ساکنان به علت گرما یا سرما در ساختمان، تعمیرات ساختمان به‌منظور استفاده‌ها و کاربردهای گوناگون و نیاز به تنظیمات مداوم اجزاء سیستم HVAC، برای حفظ رفاه ساکنین می‌باشد.

تحلیل فرایند تست، تنظیم و بالانس معمولاً شامل بازبینی کلی اسناد طراحی ساختمان می‌شود. اجزا و پارامترهای سیستم HVAC که معمولاً مورد بازرسی قرار می‌گیرند، مشتمل بر موارد زیر می‌باشند.

- نرخ‌های جریان سیستم هوا، شامل جریان هوای تغذیه، برگشتی، تخلیه شده و خروجی می‌باشد.
- نرخ جریان سیستم آب برای چیلرها، کندانسورها، بویلرها و کویل‌های سرمایشی و گرمایشی اولیه و ثانویه
- دمای سیستم‌های توزیع انرژی گرمایشی و سرمایشی (بخش آب و بخش هوا)
- موقعیت‌ها و عملکرد سیستم‌های کنترل توزیع جریان هوا و آب
- تنظیم سیستم عملکرد و کنترل
- سرعت و فشار فنها و پمپ‌ها

صرفه‌جویی‌های مربوط به فرایند تست، تنظیم و بالانس از کاهش انرژی مصرفی در سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی حاصل می‌گردد که بالغ بر ۲۰ درصد هزینه‌های گرمایش و سرمایش ساختمان را شامل می‌شود.

تجهیزات تبادل حرارتی که هوای ساختمان را مورد سرمایش و گرمایش قرار می‌دهند، نیز باید مورد بازرسی قرار گیرند تا در صورت لزوم تمیز شوند. این تجهیزات معمولاً شامل: کویلهای گرمایشی و سرمایشی نصب شده در دستگاه هواساز، فن کویل‌ها یا رادیاتورها هستند. این دستگاه‌ها معمولاً با آب سرد یا گرم شده از واحد مرکزی، مورد تغذیه قرار می‌گیرند. همچنین کویل‌های گرمایشی و سرمایشی می‌توانند قسمتی از یک مجموعه مثل سیستم تهویه مطبوع سقفی یا دستگاه هواساز مرکزی باشند.

توجه به این نکته ضروری است که همه سطوح و فیلترها باید تمیز باشند، سطوح کثیف سرعت انتقال گرما را کاهش داده و اتلاف فشار را افزایش می‌دهد که موجب افزایش مصرف انرژی می‌شود. چگونگی تمیز کردن به نوع تجهیزات بستگی دارد.

- تمیز کردن کویل‌های سرمایشی و گرمایشی در هواساز و یا در یک سیستم سقفی شامل هوای تحت فشار، دستمال‌ها و برس‌های خاکروبی و آب با فشار زیاد می‌باشند. هر یک از این تکنیک‌ها منجر به کاهش میزان تجمع گرد و غبار می‌شود.
- تمیز کردن بخش آب سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی معمولاً به دلیل عدم دسترسی امکان‌پذیر نیست. روش‌های شیمیایی معمولاً بهترین روش، برای پاک کردن این سطوح هستند. همچنین روش‌های متداول تصفیه آب و فیلترینگ بخش آب برای کاهش گرد و غبار، تجمع و شکل‌گیری رسوب‌ها

توصیه می‌گردد. فیلتر سیستم‌های بخش آب و بخش هوا نیز باید تمیز شده و درصورت لزوم تعویض شود.

علاوه بر این می‌بایست اطمینان حاصل شود که پایانه فن‌کویل و یا رادیاتورها مسدود نشده باشد، مسدود شدن این دستگاه‌ها از چرخش مطلوب هوا جلوگیری کرده و گرما و سرمای نامناسبی ایجاد می‌کند.
به‌طور کلی، هرچه سطوح انتقال گرما تمیزتر باشند، صرفه‌جویی بیشتری صورت می‌پذیرد. علاوه بر این پاکیزه کردن کویل‌ها و فیلترها می‌تواند افت فشار در طول کویل را کاهش داده و میزان مصرف انرژی در فن یا پمپ را کاهش دهد.

**بازرسی مقدماتی بر سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی:**
تجهیزات گرمایشی و سرمایشی و همچنین سیستم‌های کنترلی مربوط به سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، ازجمله پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی در ساختمان می‌باشند. سیستم‌های کنترلی نقش اساسی در ایجاد فضای راحت و مطلوب دارند. حسگرهای دما یا ترموستات‌ها ممکن است به دلیل اینکه مرتباً توسط ساکنین تنظیم می‌شوند، با گذشت زمان از حالت تنظیم اصلی خارج شده و منجر به اتلاف انرژی گردند. علاوه بر این، حسگرهایی که به دقت کالیبره نشده باشند می‌توانند سبب افزایش بارهای گرمایشی و سرمایشی شده و عدم آسایش ساکنین را ایجاد کنند. برای تعیین فرصت‌های صرفه‌جویی سیستم‌های کنترل گرمایشی یا سرمایشی اجرای مراحل زیر مناسب می‌باشد:

- حسگرهای داخلی و خارجی ساختمان کالیبره شوند. تنظیم ترموستات اتاق، ترموستات داکت‌ها، رطوبت‌سنج‌ها و حسگرهای دما و فشار باید مطابق با طراحی اولیه ساختمان باشند. تنظیم این کنترل‌ها معمولاً به مهارت و تجهیزات خاصی نیاز دارد و بهتر است که این مساله توسط یک فرد متخصص انجام شود.
- کنترل دمپرها و شیرها مورد بازرسی قرار گیرند تا از عملکرد صحیح آنها اطمینان حاصل گردد. کنترل‌های پنوماتیکی دمپرها جهت بررسی عدم وجود نشتی از شیلنگ هوای تحت فشار بازرسی شوند. همچنین وضعیت دمپرها از نظر درست باز و بسته شدن مورد بررسی قرار گیرند.
- برنامه‌های عملکردی ساختمان مورد بررسی قرار گیرند. کنترلرهای گرمایش و سرمایش سیستم HVAC، باید طوری تنظیم شود که در طول ساعات استفاده از ساختمان درست کار کنند. کاربری ساختمان ممکن است در طول زمان بارها تغییر کند، بنابراین برنامه‌های کنترل می‌بایست متناسب با آن تنظیم شوند. همچنین برنامه‌های عملیاتی در ساختمان باید به گونه‌ای تنظیم شوند که از میزان روشنایی در طول روز به بهترین شکل استفاده شود. زمانی که ساختمان خالی از سکنه است می‌بایست دمای تنظیم برای سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی مشخص شود. البته باید به این نکته توجه نمود که حتی زمانی که ساختمان خالی از سکنه است نیز به مقداری گرمایش یا سرمایش نیاز دارد. برای مثال، در مناطق آب و هوایی سرد، مقداری گرما برای جلوگیری از یخ زدگی لوله‌های آب نیاز است.
- هزینه مصارف انرژی بررسی گردد. ساعات اوج مصرف و ساعات کم مصرف دارای هزینه انرژی الکتریکی متفاوتی می‌باشند، لذا در صورت امکان، تجهیزات باید در زمان‌های غیر اوج مصرف استفاده شوند. ممکن است برای برخی ساختمان‌های خاص، استراتژی‌های پیش گرمایش یا پیش سرمایش مورد نیاز باشد.

صرفه‌جویی حاصل از تنظیم کنترل‌ها، به میزان قابل توجهی هزینه‌های سالانه سرمایش و گرمایش را کاهش می‌دهد. اجزای سیستم‌های سرمایش و گرمایش هم می‌توانند به عنوان بخشی از فرصت‌های صرفه‌جویی مورد بررسی قرار گیرند. در بخش سرمایش، اقدامات زیر می‌توانند مؤثر باشند:

- دمای آب سرد و آب کندانسور مجدداً تنظیم شوند؛ عملکرد چیلر مرکزی را می‌توان از طریق تنظیم دوباره آب سرد، تصحیح دمای آب سرد یا دمای آب کندانسور افزایش داد.
- تصفیه آب و تمیز کردن لوله‌های چیلر؛ پاک کردن لوله‌های چیلر و تصفیه آب می‌تواند عملکرد سیستم چیلر را از طریق بهبود وضعیت انتقال حرارت افزایش دهد.
- تخلیه کمپرسورهای رفت و برگشتی؛ برای چیلرهای کوچکتر که از کمپرسورهای رفت و برگشتی استفاده می‌کنند، در صورتی که سیستم کنترلی به‌طور صحیح پیستون‌ها را به هنگام کاهش بار تخلیه بار کند، عملکرد چیلر افزایش می‌یابد. اگر سیستم کنترلی این فرآیند را به صورت صحیح اعمال نکند، ممکن است سیستم در حین بارهای سرمایشی کم نیز عمل کند. از آنجا که شروع و خاتمه فرآیند سرمایش ذاتاً ناکارا می‌باشند، این گردش باعث کاهش کارآیی سیستم سرمایش می‌شود. همچنین افزایش تناوب می‌تواند باعث خراب شدن کمپرسور یا سیستم‌های الکتریکی شود. تخلیه معمولاً توسط حسگر فشار که برای فشار خاصی از اواپراتور تنظیم شده، کنترل می‌شود. این حسگر و کنترل‌های وابسته به آن می‌توانند خراب یا از تنظیم خارج شوند.

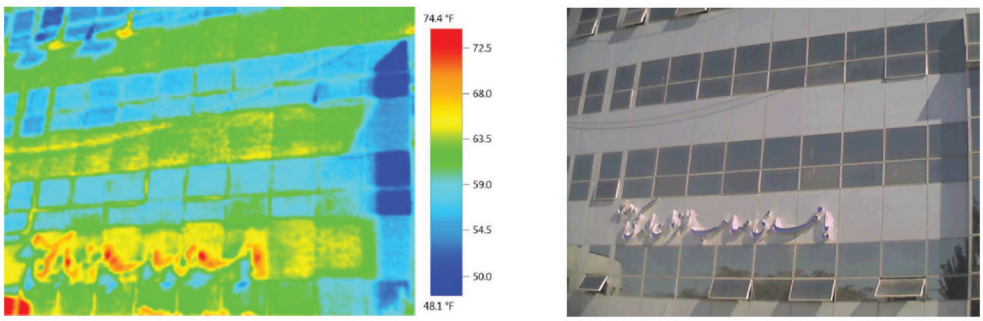
در بخش گرمایش، اغلب می‌توان با یک تنظیم، عملکرد بویلر را ارتقاء بخشید. به دلایل ایمنی بهتر است از افراد متخصص برای تنظیم استفاده شود. همچنین موارد زیر می‌توانند موثر باشند:

- تعمیر و نگهداری از تله بخار بویلر؛ سیستم تله بخار بویلر که کندانس و هوا را از سیستم جدا می‌کند، معمولاً نیازمند تعمیر و نگهداری است. آنها معمولاً در حالت باز یا بسته باقی می‌مانند. اگر تله در حالت باز قرار گیرد، بخار می‌تواند از طریق بازگشت کندانس وارد اتمسفر شده، و در نتیجه میزان هدر رفت انرژی بالا می‌رود. تله‌های بخار می‌بایست مرتباً از نظر نشتی بررسی شوند و اگر لازم بود تعمیر شوند.
- تنظیم هوای احتراق؛ برای بویلرهای با سوخت فسیلی، تنظیم هوای احتراق معمولاً باعث بهبود عملکرد سیستم می‌شود. اصولاً برای احتراق، هوای بیشتری نسبت به آنچه که مورد نیاز است، تغذیه می‌شود. هوای اضافی به جلوگیری از احتراق ناقص کمک کرده و باعث کاهش خطراتی مانند تولید دود و مونوکسیدکربن می‌شود. اما اگر میزان هوای اضافی بیش از حد باشد، مقداری از سوخت برای گرم کردن این هوای اضافی هدر می‌رود. تنظیم هوای احتراق وارد شده تا زمانی صورت می‌گیرد که سطح اکسیژن اندازه‌گیری شده در گازهای دودکش به حداقل میزان ممکن برسد.
- تمیز کردن لوله بویلر و تصفیه آب؛ همانند چیلرها، این اقدامات باعث بهبود انتقال حرارت در سیستم می‌شود. هر دو بخش آتش و آب بویلر را می‌توان به صورت فیزیکی و با سائیدن سطح و برخی اوقات از طریق رسوب‌زدایی توسط مواد شیمیایی، تمیز کرد. همچنین تصفیه آب گرم و بهره‌گیری از سیستم سختی‌گیر نیز گزینه‌های خوبی برای بهبود کارایی انرژی می‌باشند.

### ۷-۲-۲-پوسته خارجی ساختمان

پوسته خارجی ساختمان یکی از مهمترین قسمت‌هایی است که ممیز انرژی جهت ارتقا رده انرژی ساختمان نسبت به بررسی آن اقدام می‌نماید و چنانچه تلفات انرژی از این بخش زیاد باشد، راهکارهای مناسب را جهت بهینه‌سازی پوسته خارجی ساختمان ارائه می‌نماید. با توجه به اینکه سرمایه‌گذاری در این بخش نسبتاً پر هزینه بوده و زمان بازگشت این سرمایه طولانی‌تر از سایر راهکارهای صرفه‌جویی می‌باشد، معمولاً اجرای اقدامات بهینه‌سازی در پوسته خارجی ساختمان در زمان بازسازی ساختمان مدنظر قرار می‌گیرد.
مشکلات موجود در پوسته ساختمان را می‌توان با استفاده از روش‌های زیر شناسایی کرد:

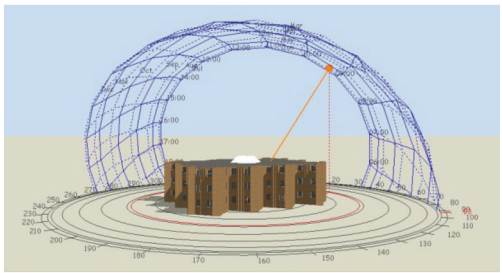
- عکس‌برداری حرارتی یا ترموگرافی: با استفاده از عکس‌برداری حرارتی می‌توان کیفیت عایق‌کاری ساختمان، وضعیت کارایی پنجره‌ها و میزان نشت و نفوذ هوا به ساختمان را از طریق اختلاف دمای ایجاد شده بین فضای داخل و محیط بیرون ساختمان تعیین نمود. (در شکل ۶ نمونه‌ای از عکس‌برداری حرارتی پوسته خارجی ساختمان گاز استان آذربایجان شرقی ارائه شده است.)

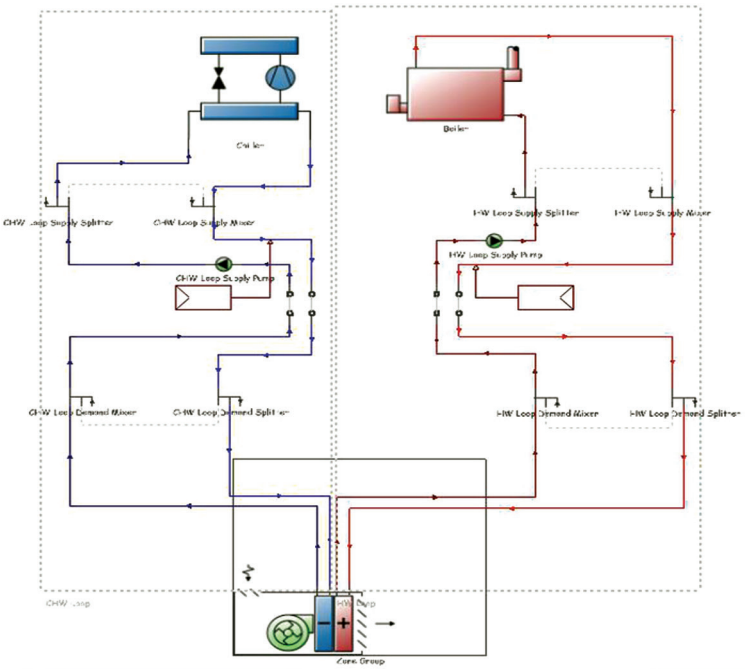



شکل ۶- تصویر حرارتی از ساختمان مرکزی گاز استان آذربایجان شرقی

- تست فشار هوای ساختمان: با استفاده از این آزمون می‌توان شدت نفوذ و نشت هوا در جدار ساختمان را تعیین نمود. جهت انجام آزمون می‌توان از انواع قلم‌های دود[1]، ترموگرافی، فن‌های دمنده و یا روش گاز ردیاب استفاده نمود.
- شبیه‌سازی ساختمان: مدل‌سازی کامپیوتری ساختمان برای تعیین میزان اتلاف انرژی از ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد و با استفاده از این روش می‌توان تاثیر بهبود جدار ساختمان را بر مصرف انرژی ساختمان نشان داد. (در شکل ۷ تصاویر واقعی و شبیه‌سازی حرارتی ساختمان گاز استان کرمان و سیستم تاسیسات گرمایش و سرمایش ساختمان به منظور تعیین رده انرژی برچسب انرژی ساختمان و همچنین شناسایی نواقص و مشکلات مصرف انرژی ساختمان و تعیین پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی جهت ارتقا رده انرژی ساختمان ارائه شده است.)

1 -Smoke pencil






شکل ۷- تصویر واقعی و شبیه‌سازی ساختمان مرکزی گاز استان کرمان

**بام، کف و دیوارها:**

- بام ساختمان را از نظر داشتن عایق حرارتی بررسی کنید.
- در بام‌های شیب‌دار یا شیروانی که دارای عایق حرارتی می‌باشند، ضخامت عایق روی سقف را بررسی کنید. ممکن است در قسمت‌هایی عایق از بین رفته باشد. عایق‌های قدیمی و فشرده باید بهبود یابند.
- در بام‌هایی که مجهز به سقف کاذب هستند، فضای میان بام و سقف کاذب را بررسی کنید و مطمئن شوید که در آن فضا کوران وجود نداشته باشد.
- دیوارهای خارجی ساختمان و دیوارهای مجاور فضای کنترل نشده را از نظر عایق‌کاری حرارتی بررسی کنید.
- در هنگام ارائه راهکار عایق‌کاری باید موضوع تشکیل میعان بر روی سطوح به دقت بررسی گردد.
- مشکلات نفوذ هوا از طریق روزنه‌های ساختمان، محل عبور تاسیسات مکانیکی و برقی یا قسمت‌هایی که دریچه‌ها، بی دلیل باز گذاشته شده‌اند، را مشخص کنید.
- کف ساختمان که بر روی هوای آزاد و یا فضای کنترل نشده قرار دارد را از نظر میزان عایق‌کاری حرارتی بررسی کنید.

**پنجره‌ها، نورگیرها و درها:**

- وضعیت نگهداری درها و پنجره‌ها را بررسی کرده و قسمت‌هایی را که نیاز به تعویض لولاها دارند مشخص کنید، شیشه‌های شکسته را جایگزین کنید، کیفیت هوابندی را بهبود دهید و درزبندی در و پنجره را اصلاح و یا قاب‌های در و پنجره را جایگزین کنید. رنگ‌های اضافی که مانع بسته شدن کامل در و پنجره می‌شود را پاک کنید.
- نصب انواع سایبان متحرک و ثابت را در پنجره‌های جنوبی برای کنترل اکتساب گرمای خورشید در تابستان بررسی کنید.
- به نحوه استفاده کاربران از پنجره‌ها دقت کنید، ممکن است لازم باشد که در مورد نگهداری از پنجره‌ها و بسته نگه داشتن آنها به‌منظور به حداقل رساندن بار سیستم تهویه مطبوع یادآوری گردد.
- علائم و دستورالعمل‌هایی را در مورد نحوه استفاده از پنجره‌ها در راستای صرفه‌جویی در مصرف انرژی تهیه کنید. به‌عنوان مثال هنگام سرمایش یا گرمایش ساختمان، پنجره‌ها را ببندید.
- جهت تردد پرسنل درهای جداگانه‌ای به‌منظور جلوگیری از استفاده مکرر از درهای بزرگ در نظر گرفته شود.

## ۷-۲-۳- هوابندی ساختمان

بطور کلی هوابندی ساختمان یکی از اقتصادی‌ترین روش‌ها جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان می‌باشد و با هوابندی مناسب می‌توان اتلاف حرارتی از ساختمان را کاهش داد. برای این منظور لازم است بخش‌های مختلف ساختمان ارزیابی گردد.

**ورودی ساختمان و درهای خارجی:**

- در ورودی‌های پر رفت و آمد، فضای اصلی ساختمان را از طریق ایجاد دو در ورودی و یا نصب پرده هوا از قسمت ورودی ساختمان مجزا نمایید.
- در صورت فرسودگی و خراب شدن نوارهای درزگیر، نسبت به تعویض آنها اقدام کنید.
- با استفاده از درهای اتوماتیک، ورودی ساختمان و فضاهای کنترل نشده را از سایر قسمت‌ها مجزا کنید.
- دستورالعمل‌ها و علائم لازم که بیانگر عملکرد در بوده و همچنین بسته بودن در را به افراد یادآوری می‌کند، تهیه و نصب نمایید. از سیستم‌های هشدار دهنده باز بودن در استفاده کنید.
- در مکان‌هایی که ورود و خروج معمول اتومبیل و وسایل نقلیه جهت تردد و بارگیری وجود دارد، لازم است از درهای اتوماتیک سریع[1] استفاده شود.
- ساده‌ترین و ارزانترین روش برای ورودی کارخانجات استفاده از پلاستیک‌های ضخیم و شفاف می‌باشد، که با هزینه بسیار پایین قابل اجراست و از برقراری جریان هوا جلوگیری می‌نماید.
- امکان کوچک نمودن درهای بزرگ را بررسی کنید.

**پنجره‌ها و نورگیرها:**

- از عدم وجود شکاف و یا برقراری جریان هوا در فضای بین قاب پنجره و دیوار مطمئن شوید و در صورت وجود، قسمتهای مربوطه را هوابندی کنید.
- پنجره‌های شکسته را جایگزین کنید و یا با پلاستیک‌های شفاف هوابندی بپوشانید.
- در صورت فرسودگی و خراب شدن نوارهای درزگیر، نسبت به تعویض آن‌ها اقدام کنید.
- دستورالعمل‌ها و علائم لازمی را که بیانگر عملکرد پنجره بوده و همچنین بسته بودن پنجره را در زمان‌های در سرویس بودن سیستم‌های سرمایش و گرمایش به افراد یادآوری می‌کند، تهیه و نصب نمایید.

**دیوار و سقف:**

- منافذ و درزهای بین دیوارها و سقف، و قاب پنجره را هوابندی کنید.
- منافذ ساختمان را در قسمت‌هایی که تاسیسات الکتریکی قرار داشته و موجب نفوذ هوا می‌شود، بپوشانید. مثل: لوله‌ها و کانال‌های سیم‌کشی
- درپوش‌های بیرونی اتصالات هواکش‌ها و فن‌های تخلیه را تنظیم کنید و هنگامی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرند از نفوذ هوا جلوگیری کنید.

---

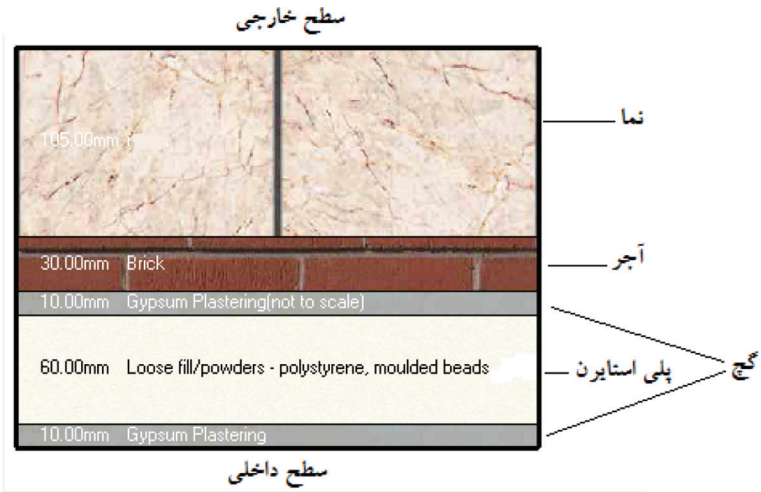
۱- درهای اتوماتیک سریع درهایی هستند که سرعت باز و بسته شدن آنها بسیار بالا می‌باشد و برای سوله‌ها و مکانهایی که مجهز به درهای بزرگ می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۷-۲-۴- عایقکاری حرارتی

افزایش سطوح عایق، اتلاف حرارتی از ساختمان را کاهش داده و کارآیی انرژی را افزایش می‌دهد. جهت عایق‌کاری ساختمان لازم است بهترین ضخامت عایق از نظر فنی و اقتصادی تعیین شده و پیشنهاد گردد. در پیشنهاد عایق‌کاری باید تمهیدات لازم جهت جلوگیری از بروز میعان در سطوح مختلف دیوار در نظر گرفته شود.

**عایق‌کاری دیوار:**

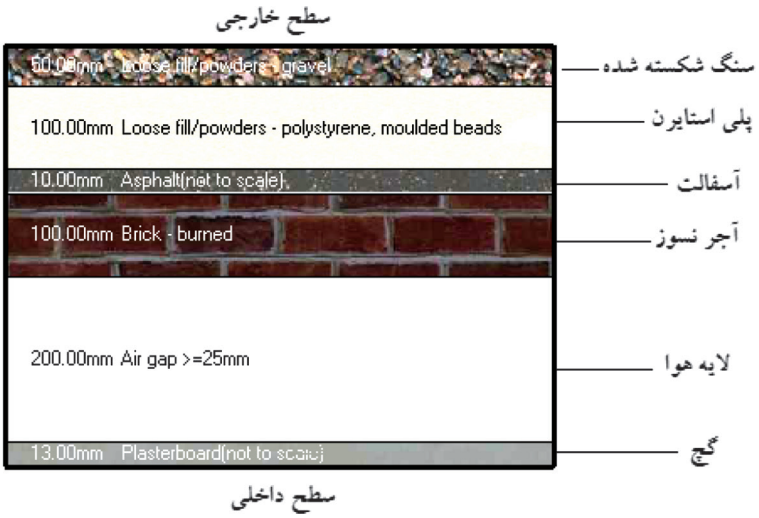
- دیوارهای خارجی ساختمان را از نظر عایق‌کاری حرارتی بررسی کنید.
- اجرای عایق‌کاری بیرونی، مشکلات مربوط به ایجاد پل‌های حرارتی و همچنین انتقال تاسیسات الکتریکی نظیر کلید پریزها بر روی دیوار را ندارد ولی هزینه‌های آن بدلیل اجرای داربست و همچنین نمای ساختمان بیشتر می‌باشد.
- اجرای عایق‌کاری داخلی، هیچ تاثیری در نمای بیرونی ندارد ولی در هنگام اجرا در بهره‌برداری از ساختمان اختلال به‌وجود می‌آورد و امکان وقوع پل‌های حرارتی در نقاط تماس اجزای ساختمان بیشتر می‌باشد.
- عایق‌کاری با اجرای دیوار دوجداره و فاصله هوایی، معمولاً نسبت به عایق‌کاری از داخل و بیرون، مقرون به صرفه‌تر بوده و دوره بازگشت سرمایه کمتری دارد. همچنین باعث اختلال کمی در ساختمان می‌شود. این روش برای ساختمان‌هایی که در آنها ایجاد فاصله هوایی امکان‌پذیر باشد، احتمال وقوع میعان وجود نداشته باشد و در هنگام بارندگی، خطر نفوذ آب باران به جدار ساختمان وجود نداشته باشد، مناسب است.




شکل۸-نمونه ای از عایق‌کاری دیوار

**عایقکاری بام و کف:**

- وضعیت عایق‌کاری حرارتی بام نهایی ساختمان را بررسی کنید.
- ایجاد فاصله هوایی در بام نهایی از طریق اجرای سقف دوجداره (در صورتیکه امکان ایجاد آن میسر باشد) روش اقتصادی می‌باشد. البته در اجرای آن باید به بروز میعان در سقف‌های مسطح توجه کرد.
- در ساختمان‌هایی که امکان اجرای دیوار دو جداره وجود ندارد، عایق‌کاری بام نهایی از داخل و یا بصورت بام وارونه و یا استفاده از عایق‌های پاششی پیشنهاد می‌گردد. البته باید نفوذ رطوبت به بام نهایی بررسی گردد.
- کف ساختمان که بر روی فضای کنترل نشده نظیر زیرزمین، پارکینگ و انباری قرار گرفته است و یا در تماس با هوای آزاد می‌باشد، لازم است که از نظر عایق‌کاری حرارتی بررسی گردد.




شکل۹- نمونه‌ای از عایق‌کاری بام

**پنجره‌ها:**

- در صورتیکه پنجره تک‌جداره با قاب فلزی است، جایگزینی پنجره‌ها با پنجره دوجداره و سه جداره با قاب‌های UPVC و آلومینیوم حرارت‌بند راهکار مناسبی می‌باشد. استفاده از شیشه‌های Low-E در پنجره‌های دو و یا سه جداره نیز باید بررسی گردد.

شکل۱۰- پنجره دو جداره با قاب UPVC

• برای شیشه‌های موجود، به منظور کاهش تلفات حرارتی و یا کنترل اکتساب نور خورشید، نصب فیلم‌های شیشه بررسی شود. فیلم‌های انتخاب طیفی شیشه، گرمای اکتسابی از خورشید را برای کاهش بارهای سرمایش به حداقل می‌رسانند و یا اتلاف حرارتی از پنجره را کاهش می‌دهند، که در انواع متنوع برای کاربردهای مختلف ارائه می‌گردند.

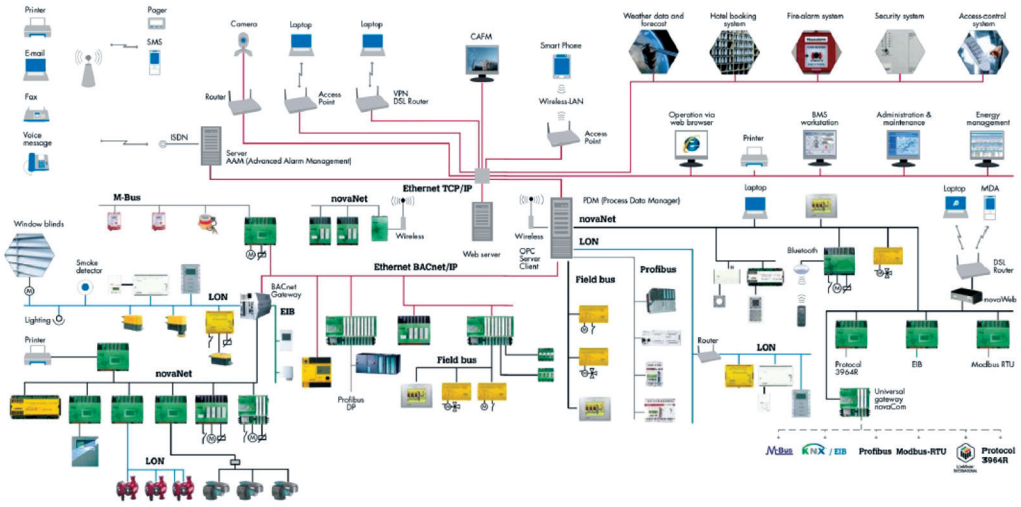
شکل۱۱- فیلم شیشه

• در ساختمان‌هایی که گرمای اکتسابی از خورشید منجر به گرم شدن اضافی ساختمان می‌شود، تعویض شیشه‌های شفاف موجود با شیشه‌های ویژه کنترل نور خورشید راهکار مناسبی است.
• کاهش سطح شیشه، ابعاد و تعداد پنجره‌ها با در نظر گرفتن کیفیت روشنایی در طول روز، بررسی شود.
• برای جلوگیری از گرمای اکتسابی ناخواسته خورشید در تابستان، از سایبان‌های خارجی، یا نیم پانل و یا سایبان‌های متحرک استفاده شود.
• برای کاهش خیرگی از پرده‌های داخلی استفاده شود، اگرچه احتمال کاهش قابل توجه گرمای اکتسابی از خورشید اندک می‌باشد.

## ۷-۲-۵- سیستم‌های کنترل

در بسیاری موارد بهبود سیستم‌های کنترل، تنها اقدام عملیاتی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود می‌باشد. امروزه کنترلرهای ریز پردازنده جدید، با دقت بالا و منطبق بر سیستم‌های ساختمان عرضه می‌گردند که علاوه بر کاهش هزینه‌های انرژی مصرفی ساختمان، شرایط آسایشی مناسب‌تری را نیز فراهم می‌کنند.

باید به این نکته توجه شود که حتی در ساختمان‌های با طراحی و ساخت مناسب، چنانچه سیستم‌های کنترل درست تنظیم نشده باشند، کارایی مناسبی بدست نمی‌آید و بسیاری از مشکلات بهره‌برداری از ساختمان‌ها را می‌توان در سیستم‌های کنترل ساختمان مشاهده نمود. همیشه باید در بهبود سیستم‌های کنترلی و یا تغییر در اجزای آن، منطق کلی سیستم کنترل مدنظر قرار گیرد. مشکلات متعددی در بهره‌برداری ساختمان بدلیل عملکرد نامناسب سیستم‌های کنترل ایجاد می‌شود، که در ادامه تشریح می‌گردند.




شکل۱۲- محدوده کنترل‌ها و فرامین در یک سیستم مدیریت ساختمان

**کارکرد بیش از نیاز:** کارکرد بیش از مقدار مورد نیاز، هنگامی بروز می‌کند که سیستم‌های مورد نیاز برای کل بار ساختمان، به‌منظور تامین بارهای جزئی مورد استفاده قرار گیرند.

- زمانی که کل سیستم خنک‌کاری برای تعداد کمی از ماشین‌آلات موتورخانه مورد استفاده قرار گیرد.
- زمانی که سیستم گرمایش یا تهویه مطبوع زودتر از هنگام روشن شده و یا در طول شب روشن باقی بماند و یا برای تامین شرایط آسایش در تعداد کمی از اتاق‌ها در ساعات غیرکاری مورد استفاده قرار گیرد.

سیستم‌های کنترل مبتنی برتقاضا[1] بیشترین کارایی انرژی را دارند و برای ساختمان‌هایی که فضای کوچکی از آن در ساعات غیر از کاربری اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بسیار اقتصادی می‌باشند.

1 - Demand based

**کارکرد غیر لازم:** این نوع عملکرد، مربوط به زمانی است که سیستم‌ها، مدت زمان طولانی یا به طور مداوم به دلایل زیر فعالیت کنند:

- خارج کردن کنترل‌ها از وضعیت اتوماتیک برای منظور خاص یا مدت زمان کوتاه و عدم تنظیم دوباره آن
- کنترل‌های اتوماتیک (نظیر حفاظت در برابر یخ‌زدگی)، سیستم‌ها را بی‌جهت به دلیل تنظیم نادرست و یا عدم کالیبراسیون مناسب، روشن کنند.
- پس از بروز مشکل در برق ساختمان نظیر قطعی برق، کنترل‌های زمانی از شرایط تنظیم شده خارج گردد.

توجه به این نکته لازم است که گاهی اوقات غیر اتوماتیک کردن سیستم‌ها، به خصوص هنگام ایجاد یک دوره کارکرد ثابت، لازم است.

بهبود سیستم و رفع خطاهای آشکار: بمنظور رفع خطاهای آشکار لازم است که وضعیت سیستم به صورت منظم بررسی شده یا در قالب برنامه مدیریت ساختمان (BMS[1]) تحت نظر باشد، چنین اقدامی منجر به شناسایی انحراف‌های عمده اجزای مهم، از هدف طراحی می‌گردد. برای این منظور لازم است که سازمان‌دهی مناسبی جهت بررسی سیستم ایجاد گردد.

- بررسی و کنترل ساعاتی که سیستم‌ها باید در طی آن مدت خاموش باشند ولی به دلیل برخی اجزای اصلی فعالیت می‌کنند.
- عملکرد همزمان آیتم‌هایی که به لحاظ کارایی عکس هم هستند. به عنوان مثال چیلرها و سیستم‌های بازیافت حرارت شناسایی گردند.
- بررسی و کنترل کارایی دستگاه‌های بازیافت حرارت و تنظیم آلارم برای سیستم در صورتی‌که میزان کارآیی دستگاه کمتر از ۶۵٪ مقدار پیش‌بینی‌شده، گردد.

کنترل‌های اتوماتیک نباید به عنوان راه‌حلی برای تمام معایب ساختمان یا سیستم‌ها، یا به معنای رفع مسئولیت از پرسنل در مورد کنترل مصرف انرژی تلقی گردند. به‌طور کلی کنترل‌هایی با کاربری آسان و قابل فهم که عملکرد آنها به خوبی درک می‌شود، کارایی بیشتری نسبت به سیستم‌های کنترلی پیچیده دارند.

### کنترل زمانی

- برای فضاها با کاربری‌های مشخص، الگوی دقیق کاربری را تعیین کنید، الگوهای ثابت و پیوسته روزانه و هفتگی با تنظیم تمامی متغیرها در ابتدا مشخص می‌گردد. در تنظیم کارکرد سیستم باید به شرایط خاص در هنگام کاربری و یا خارج از آن توجه شود.
- مناسب بودن کنترلرها را برای نوع کارایی هدف‌گذاری شده، بررسی کنید. باید به میزان دفعات راه‌اندازی/ توقف سیستم در طول روز، به تعداد کافی و قابل انعطاف دستور روشن/ خاموش وجود داشته باشد. پیچیدگی سیستم کنترل نباید به گونه‌ای باشد که کاربر از انجام تنظیمات رایج واهمه داشته و یا در تنظیم آن با مشکل مواجه گردد. کنترل‌های زمانی پیشرفته، قابلیت تنظیمات موردی برای کاربردهای خارج از ساعات معمول را نیز دارند.
- مطمئن شوید که کنترلرها با توجه به عملکردشان در جای مناسب نصب شده باشند. نصب سیستم کنترل زمانی داخلی بصورت محلی بدلیل امکان دسترسی آسان‌تر افراد، مناسب می‌باشد، بهتر است سایر کنترلرها به‌صورت گروهی در یک موقعیت مرکزی قرار گیرند تا استفاده کامل و صحیح از آنها صورت بگیرد.

1 – Building Management System

• تنظیمات کنترلر را بررسی کرده و پاسخ سیستم را مشاهده نمایید. از دماهای ثبت شده در طول روز یا هفته می‌توان برای شناسایی قسمت‌هایی که باید تنظیمات کنترل سیستم گرمایش/ سرمایش تغییر کند، استفاده کرد.
• فضاهایی را که بدلیل رعایت الزامات و کاربری خاص دارای کنترل تکمیلی مازاد بر سیستم کنترل سایر فضاها هستند، شناسایی کنید.

**کنترل دما**

• الزامات دمایی هر ناحیه[1] را در زمان حضور و یا عدم حضور افراد با در نظر گرفتن تغییرات فصلی در شرایط آسایشی تعیین کنید. تنظیمات سیستم کنترل و محدوده کارکرد حداقل/ حداکثر را بررسی کنید.
• بررسی کنید که آیا پارامترهای اندازه‌گیری شده، کنترل دمایی مطلوبی را فراهم آورده‌اند. دمای حباب خشک، دمای حباب تر، دمای تابشی، اثرات خورشید/ باد، جریان آب یا دمای ذخیره و دمای کانال هوا از جمله پارامترهایی هستند که می‌توان مدنظر قرار داد.
• بررسی کنید که موقعیت حسگرها، بیانگر شرایط دمایی فضاها باشد. حسگرهای دمایی باید در موقعیتی نصب شوند که متاثر از گرمای اکتسابی مستقیم نبوده و یا در مسیر نشت و نفوذ هوا قرار نداشته باشند، ولی در عین حال باید در مسیر جریان آزاد هوا قرار داشته باشند. حسگرهای دمای تابشی[2] در سیستم‌های گرمایش تابشی باید هم‌راستا و در معرض دید منبع حرارت واقع شوند. دقت کنید که حسگرهای غوطه‌وری و سطحی مربوط به کانال‌ها به‌طور صحیح نصب و تنظیم شده باشند و ترموستات‌ها و حسگرهایی که به منظور جلوگیری از خطاهای عملکردی، نیازمند حفاظت بیشتر هستند را شناسایی کنید.
• میزان دقت و محدوده کارکرد حسگرها را بررسی کنید. یک خطای کوچک همانند مواقعی که اختلاف دمای داخل و خارج کم است، نیز می‌تواند در مصرف انرژی قابل توجه باشد.
• مناسب بودن نوع سیستم کنترل را بررسی کنید. ممکن است یک کنترل پایه‌ای روشن/ خاموش کفایت کند. برخی سیستم‌ها نیازمند ترکیبی از کنترل‌های تناسبی- انتگرالی و دیفرانسیلی[3](PID) هستند که قادر به تغییر نرخ پاسخ برای جلوگیری از بروز خطا بوده و پایداری سیستم را حفظ می‌کنند.
• تنظیمات و عملکرد کنترلرها را بررسی کنید. مطمئن شوید که دمپرها و شیرها، کارایی لازم را داشته و موجب ایجاد مانعی در کارکرد سیستم نمی‌شوند. ممکن است لازم باشد که کنترلرهای راه‌اندازی مجدد و سیستم‌های جبران‌ساز محیطی در محدوده‌ای از شرایط دمای محیط بررسی شوند. دماهای ثبت شده می‌توانند در شناسایی مکان‌هایی که لازم است تنظیمات و یا کنترلرها تغییر کنند، مورد استفاده قرار گیرند.
• قسمت‌هایی را که در واحد مرکزی یا کل نواحی نیازمند کنترل‌های بیشتری هستند، مشخص کنید. دماهای سیستم گرمایش ممکن است با استفاده از سیستم جبران‌ساز محیطی تغییر کرده و در نتیجه بویلرها مستقیماً متاثر از دمای هوای بیرون کنترل شوند.
• محل قرارگیری و نقطه تنظیم ترموستات حفاظت در برابر یخ‌زدگی را بررسی کنید. حد پایین معادل ۱۰ درجه سانتیگراد در قسمت داخلی منطقی است. در ساختمان‌هایی که به‌خوبی عایق شده‌اند، ممکن است اولین مرحله حفاظت، فقط روشن کردن پمپ‌ها به منظور برقراری جریان جهت جلوگیری از یخ‌زدگی را در برگیرد.

1 - Zone
2 - black bulb
3 - Proportional -Integral -Derivative Controller

**کنترل ظرفیت:**

- دقت کنید که سیستم به‌گونه‌ای عمل کند که میزان تلفات ثابت ناشی از کارکرد با بازدهی پایین و یا کارکرد مازاد بر نیاز سیستم را به حداقل برساند. همچنین، خروجی باید متناسب با بار ثابت و یا متغیر، کنترل شود.
- ظرفیت سیستم را با محدوده بار پیش‌بینی شده مقایسه کنید. یک سیستم منفرد بیش از حد بزرگ، ممکن است با کاهش ظرفیت[1] به‌منظور جلوگیری از کارکرد مازاد بر نیاز، مناسب باشد. سیستم‌های چندگانه که دارای نرخ‌بندی‌های مختلفی هستند، امکان عملکرد ترکیبی صحیح‌تری را به وجود می‌آورند. همچنین کاهش بارهای پیک می‌تواند از اضافه نمودن سیستم جدید، جلوگیری نماید.
- روش‌های کنترل آنلاین پارامترهای سیستم را بررسی کنید.
- الزامات حالت آماده به کار سیستم را بررسی کنید، ممکن است خاموشی کامل امکان‌پذیر باشد.

## ۷-۲-۶- تهویه مطبوع و هواسازها

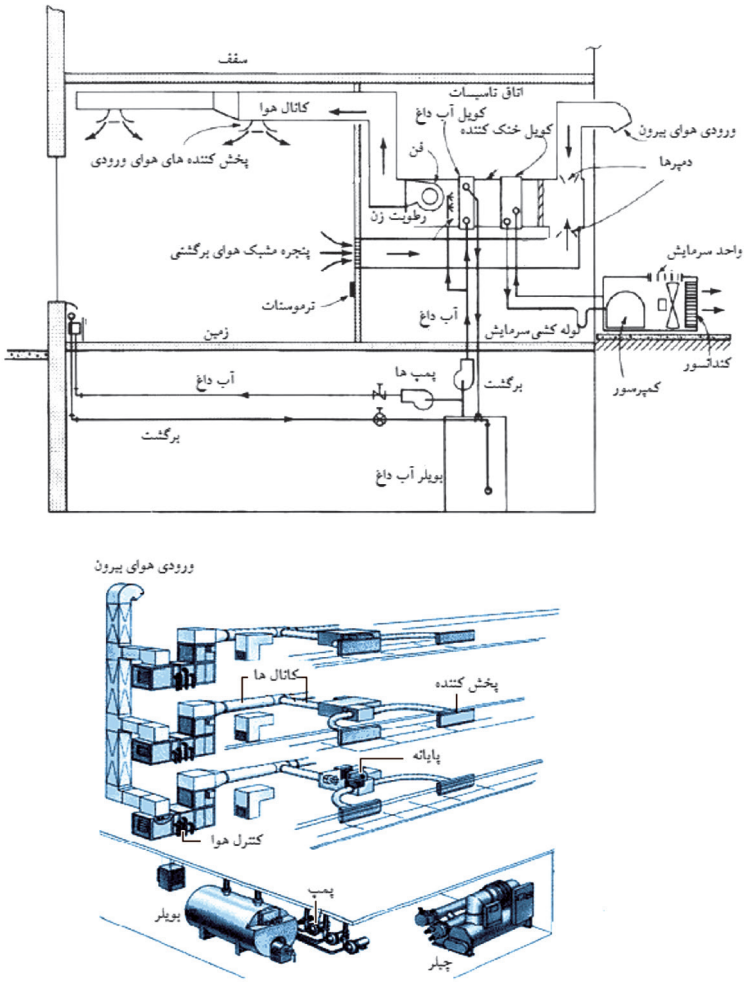
در ساختمان‌هایی که از عایق خوبی برخوردارند، اغلب، تهویه عامل اصلی اتلاف انرژی بوده و از این‌رو، یکی از گزینه‌های مناسب جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی به حساب می‌آید.

- شرایط موردنیاز برای فضاهای مختلف از جمله زمان‌های بهره‌برداری، نرخ‌های تبادل هوا، دمای حباب خشک و رطوبت نسبی را تعیین کنید. ممکن است فضاهای مختلف در برخی شرایط، نیاز به تداوم تهویه نداشته باشند.
- سیستم نصب شده را از نظر نوع سیستم، نوع انرژی مصرفی، سیکل کارکرد و شرایط اجزاء آن بررسی کنید.
- بارهای سرمایش/ گرمایش ساختمان را به‌تفکیک فضاها برآورد کرده و گرماهای اکتسابی را لحاظ نمایید.
- بارهای واقعی را با بارهای طراحی مقایسه کنید. ممکن است سیستم‌هایی که برای بارهای نامناسب طراحی و تنظیم شده باشند، نیاز به بازنگری مجدد داشته باشند.
- در سیستم‌های اصلی، مقدار دبی حجمی هوا، یعنی هوای ورودی، هوای توزیع شده، هوای خروجی، هوای برگشتی و هوای تازه را اندازه بگیرید. مقادیر اندازه‌گیری شده را با حجم و ظرفیت ساختمان مطابقت دهید تا نرخ تعویض هوا را مشخص کرده و براساس آن میزان هوای تازه مورد استفاده را محاسبه کنید و در نهایت مقادیر بدست آمده را با نیاز واقعی ساختمان مقایسه کنید.
- شرایط آسایش حرارتی ساختمان را مشتمل بر دمای حباب خشک و رطوبت نسبی، اندازه‌گیری و با استاندارد مقایسه کنید. در فضاهایی که انحراف وجود دارد، شرایط سیستم هواساز را در ورودی و خروجی فضا اندازه‌گیری کنید.
- برای ممیزی دقیق سیستم‌های اصلی، سیستم‌های هواساز را در هر مرحله و فرایند بررسی کنید تا از عدم وجود سرمایش و گرمایش اضافی در مراحل میانی مطمئن شوید.
- مطمئن شوید که میزان هوای تولیدی، حداقل مقدار مورد نیاز برای تامین کلیه الزامات استانداردی و بهره برداری ساختمان را شامل می‌شود و در عین حال، عملکرد موثر سیستم را نیز حفظ می کند. ممکن است با کاهش توان فن یا حجم میزان سرمایش/ گرمایش، صرفه‌جویی صورت بگیرد و یا اینکه بتوان با نصب موتورهای دور متغیر میزان مصرف انرژی ساختمان را کاهش داد.

1 - de-rating

• الگوهای بهره‌برداری را بررسی کنید و از خاموشی سیستم در زمان‌های ممکن مثلاً در طول شب، اواخر هفته یا به صورت فصلی، مطمئن شوید.
• بالانس جریان هوای ورودی و خروجی به ساختمان را بررسی کنید. افزایش بیش از حد فشار سیستم، نشت و اتلاف هوای تولید شده را به همراه دارد. فشار منفی ساختمان نیز موجب نفوذ هوا به داخل ساختمان می‌گردد. مطمئن شوید که از حداکثر مجاز هوای برگشتی و یا سرمایش طبیعی با هوای بیرون استفاده می‌گردد.
• پتانسیل‌های بازیافت حرارت از هوای خروجی را به‌ویژه در ساختمان‌هایی که امکان گردش مجدد هوا وجود ندارد، مشخص کنید. توجه داشته باشید که بهره‌گیری از سیستم‌های بازیافت حرارت مشتمل بر چرخ‌های بازیافت حرارت[1] (شکل ۱۴)، مبدل‌های صفحه‌ای و سایر، هنگامی پیشنهاد می‌گردد که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند.
• به‌منظور اطمینان از اینکه کنترل‌ها امکان تامین حداکثر دمای مطلوب با حداقل سرمایش در فصل تابستان و حداقل دمای مطلوب با حداقل گرمایش در فصل زمستان را به‌وجود می‌آورند، تنظیمات سیستم کنترل و توالی زمانی کارکرد سیستم را بررسی کنید. همچنین سازمان‌دهی سیستم‌های کنترل را به نحوی که اجزای سیستم به هنگام نبود دیماند فعال نباشند، بررسی کنید. به عنوان مثال سیستم همیشه طبق یک برنامه ثابت بهره‌برداری نگردد.
• بررسی کنید که سیستم رطوبت‌گیری در فصل تابستان فقط در مواقعی که کاملاً مورد نیاز است مورد استفاده قرار گیرد، زیرا کارکرد آن شامل سرمایش و گرمایش مجدد متناوب می‌باشد. امکان افزایش رطوبت نسبی را می‌توان تا حداکثر سطح مطلوب ایجاد نمود، به طوریکه معمولاً در بیشتر محیط‌ها افزایش رطوبت نسبی تا ۷۰٪، موجب عدم آسایش نمی‌شود.
• مطمئن شوید که بارهای گرمایش الکتریکی در زمستان از طریق کنترل میزان رطوبت‌زایی، حداقل باشد.
• دقت کنید پایانه‌ها، دریچه‌ها، پخش‌کننده‌ها و نازل‌ها، تمیز و عاری از ذرات و مسدودکننده‌ها باشند.
• فرصت‌های کاهش دمای سیکل گرمایش را به‌منظور کاهش اتلاف حرارت از جداره‌ها و جلوگیری از نفوذ هوای سرد و افزایش دمای سیکل آب سرد ورودی به پایانه‌ها و نازل‌ها بررسی کنید.
• مطمئن شوید که واحدهای مجزای سرمایش، گرمایش و رطوبت‌زایی، رطوبت‌زدایی در تهویه فضاها، خلاف هم عمل نکنند.

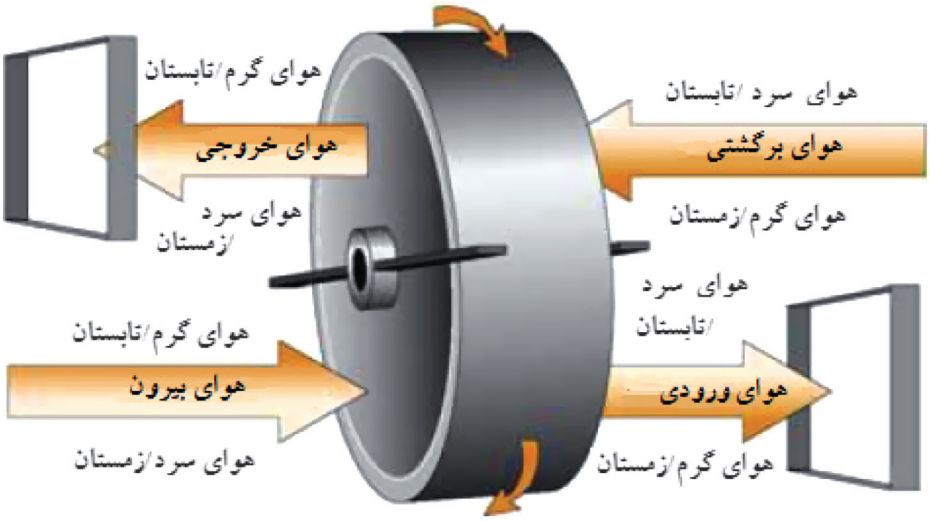
1 – Energy Recovery Wheels




شکل ۱۳-شماتیکی از سیستم تهویه مطبوع

**سیستم‌های بازیافت حرارت:** بطور کلی بهره‌گیری مجدد از انرژی سرمایشی، گرمایشی که به هدر می‌رود، ضرورت دارد، برای این منظور موارد زیر را مدنظر داشته باشید:

- امکان استفاده از مبدل‌های بازیافت حرارت هوا به هوا که گرمای محسوس (یا بسته به دستگاه، گرمای کل) را از جریان هوای خروجی به هوای تازه ورودی منتقل می‌کنند، بررسی کنید. دستگاه‌های بسیار زیادی وجود دارند، متداول‌ترین آنها کویل‌های چرخشی، مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای و چرخ‌های دوار هستند.




شکل۱۴-نمونه ای سیستم بازیافت حرارت به‌صورت چرخ دوار

• پیش گرم شدن هوای ورودی به سالن‌ها و فضاها و یا استفاده از گرمای تلف شده از کندانسورها نظیر کندانسورهای سیستم سرمایش اتاق کامپیوتر جهت پیش‌گرم کردن هوا را بررسی کنید.
• نیاز به انرژی الکتریکی بیشتر، از قبیل نیروی فن برای غلبه بر افت فشار مبدل‌های حرارتی یا کویل‌ها را بررسی کنید. توجه به این نکته ضروریست که جهت صرفه‌جویی انرژی در سوخت، افزایش مصرف برق صورت گرفته است. بعلاوه، در صورت فعال بودن سیستم، توان اضافی فن مورد نیاز است، هر چند که میزان بازیافت حرارت در طول سال ثابت نبوده و تغییر می‌کند. هنگام تهیه طرح فنی اقتصادی، هزینه‌های پمپ یا فن اضافی را لحاظ کنید.
• گردش مجدد هوا در ساختمان را همواره مدنظر قرار دهید، این امر روش مناسبی برای بازیافت حرارت است. میزان موثر بودن این روش، تابعی از درصد گردش مجدد هوا می‌باشد، به عنوان مثال با ۱۰٪ هوای تازه، کارآیی بازیافت حرارتی برابر با ۹۰٪ خواهد شد.

**تهویه طبیعی:** راهکارهای بهینه‌سازی انرژی در تهویه طبیعی مشتمل بر موارد زیر است:
• سهولت استفاده و عملکرد صحیح سیستم‌های تهویه پنجره‌ای را بررسی کنید.
• از مسدود نبودن سیستم تهویه طبیعی بوسیله ایجاد پارتیشن، اطمینان حاصل کنید.
• بسته بودن دریچه‌های اطمینان تخلیه گرما و دود در زمستان را به دقت بررسی کنید.
• ایجاد سرمایش با استفاده از هوای بیرون در شب را مدنظر قرار دهید.
• مطمئن شوید که هنگام گرمایش در صورت ایجاد لایه‌بندی، مجدداً گردش هوای گرم از لایه‌های بالا برقرار گردد.

**تهویه ترکیبی:** روش عملکرد ترکیبی نسبت به روش تهویه کلی هوا، بسیار موثرتر و کاراتر است. هر چند دقت در کاربرد این روش ضروری بوده و لازم است استراتژی تهویه کلی از قبل، بررسی شود.

- در روش ترکیبی، سیستم تهویه مطبوع را در طول فصول معتدل خاموش کرده و پنجره‌ها را به منظور سرمایش و تهویه، باز کنید. از آگاهی کامل کاربران به زمان بهره‌برداری از این موقعیت‌های متفاوت، اطمینان حاصل کرده و در نتیجه از باز ماندن پنجره‌ها هنگام روشن بودن تهویه مطبوع جلوگیری کنید.
- می‌توان حالت ترکیبی ناحیه‌ای را نیز اعمال نمود. به این صورت که در این روش سیستم تهویه مکانیکی فقط برای نواحی که نیازمند تهویه باشند، فعال می‌باشد.

**تهویه مکانیکی و تهویه مطبوع:** در این سیستم‌ها، هدف اصلی باید کاهش نیاز به تهویه و سرمایش، متناسب با شرایط محیط باشد. همچنین می‌بایست در جایی که تهویه مطبوع لازم است، از عملکرد موثر آن مطمئن شد. راهکارهای ممکن برای بهبود تهویه مکانیکی و تهویه مطبوع به‌شرح زیر هستند:

- بررسی کنید که ظرفیت سیستم، بزرگتر از حد معمول نباشد.
- دقت کنید که حداقل نرخ تعویض هوا برقرار باشد.
- زمانی که حداقل رطوبت موردنیاز نمی‌باشد، دستگاه‌های رطوبت‌زا را خاموش کنید.
- سرمایش و گرمایش هم زمان به جز در جاهایی که کنترل دقیق رطوبت لازم است، نباید صورت بگیرد.
- کنترل‌هایی را که جهت نگهداری دمای فضا در بیشترین دمای آسایش در تابستان و کمترین دمای آسایش در زمستان، مورد استفاده قرار می‌گیرند، بررسی کنید.
- دقت کنید که سیستم سرمایش در زمستان هنگامی که هیچ بار سرمایشی وجود ندارد، خاموش باشد.
- دقت کنید هنگامی که هیچ بار گرمایشی وجود ندارد، سیستم گرمایش خاموش باشد، به خصوص در فضاهایی که گرمای اکتسابی داخلی به گونه‌ای باشد که عملکرد واحد گرمایش، هیچ ضرورتی نداشته باشد.
- گرمایش فضاها باید در حداقل دما و همراه با کاهش برقراری جریان طبیعی هوا به سمت بالا صورت بگیرد.
- فن‌ها، به خصوص فن‌هایی که برای تهویه سرویس‌های بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید در هنگام عدم بهره‌برداری از ساختمان، خاموش باشند. فن‌ها باید در صورت امکان متناسب با تقاضا عمل کنند، مثلاً توسط حسگرهای حضور، کنترل شوند.
- به جز در مواردی که کنترل دقیق رطوبت لازم است، اجازه دهید که رطوبت نسبی بین ۴۰ تا ۶۵ درصد متغیر باشد. در برخی موارد، خشکی بیش از حد هوا باعث بروز مشکلات تنفسی و ایجاد الکتریسته ساکن می‌شود.
- در طول تابستان، سیستم گرمایش مجدد را در همه فضاها به جز فضاهایی که الزامات فرایندی و یا تجهیزات، کنترل دقیق رطوبت را ملزم می‌نماید، خاموش کنید.
- جهت به حداقل رساندن سرمایش و گرمایش اضافی ناشی از ناحیه‌بندی و یا توزیع نامناسب، موقعیت نامناسب کنترل‌ها و یا تنظیمات نادرست، سیستم‌ها را مجدداً تنظیم و بالانس کنید.
- ظرفیت موتور را بررسی کرده و برای تعدیل سرعت فن‌ها، در فضاهایی که بارها تفاوت قابل توجهی دارند، از فن‌هایی با موتور سرعت متغیر استفاده کنید.
- در بازشوهای بزرگ، پرده‌های هوا معمولاً به جای صرفه‌جویی انرژی، بالعکس انرژی بیشتری نیز مصرف می‌کنند و ابزار مناسبی برای کنترل اتلاف حرارت از طریق درهای بزرگ نیستند، بنابراین لزوم بهره‌برداری از پرده‌های هوا به دقت بررسی شود.

• مطمئن شوید که حداکثر استفاده از هوای برگشتی و هوای تازه جهت سرمایش طبیعی، صورت گرفته است. در جایی که استفاده از میزان هوای گردشی متغیر موردنیاز است، هوای برگشتی که شرایط سرمایش/ گرمایش را حفظ کرده است، بهترین گزینه بازیافت انرژی است. استفاده از دمپرهای اتوماتیک هوای متغیر برای کنترل مقدار هوای تازه ورودی به سیستم، باعث به حداقل رساندن میزان سرمایش/ گرمایش هوا شده و متعاقباً مصرف انرژی را کاهش می‌دهد.
• به منظور جلوگیری از اتلاف توان فن و میزان انرژی مصرفی جهت سرمایش/ گرمایش هوا، نشتی هوا از کانال‌ها را به حداقل برسانید. همچنین این امر از اتلاف یا گرمای اکتسابی نامطلوب جلوگیری می‌کند.
• عایقکاری کانال‌ها به خصوص در قسمت‌هایی که کانال‌ها بصورت روکار بوده و یا از فضاهای تهویه نشده عبور می‌کنند، بسیار اهمیت دارد.

**سیستم‌های حجم ثابت:** ارزیابی مجدد الزامات تهویه موجود می‌تواند کاهش نرخ‌های تهویه و در نتیجه کاهش سایز موتورها و فن‌ها را به همراه داشته باشد. بعلاوه، کاهش حجم هوای در گردش موجب کاهش مصرف انرژی در فن‌ها می‌شود. همچنین باید اطمینان حاصل شود که در صورت کاهش حجم هوا، توزیع نامناسب جریان هوا و یا ناپایداری در کارکرد فن بوجود نمی‌آید. محدود کردن بازه دمای هوای ورودی نیز موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌گردد. در بازرسی و راه‌اندازی مجدد فن‌های مرکزی باید تعویض پولی‌های فن به‌منظور تغییر سرعت فن به جای بستن دمپرها در نظر گرفته شود که اغلب می‌توان از فن‌های با موتور دور متغیر به جای دمپرها برای تنظیم کارکرد سیستم استفاده کرد.

**سیستم‌های تک ناحیه‌ای (Single zone):** این سیستم‌ها دارای واحد هواساز جداگانه برای هر ناحیه هستند و دما بوسیله حسگر نصب شده در فضای موردنظر کنترل می‌گردد. درخصوص بهینه‌سازی مصرف انرژی در این سیستم‌ها باید به موارد زیر توجه نمود:
• در صورت امکان، حجم توزیع هوا توسط فن‌ها را کاهش دهید.
• دستگاه‌های رطوبت‌زا را به هنگامی که وجود حداقل رطوبت لازم نیست، خاموش کرده و یا در صورت لزوم، کنترل رطوبت را حداکثر روی ۴۰٪ تنظیم کنید.
• از سرمایش و گرمایش هم‌زمان به جز در مواردی که رطوبت‌زدایی لازم است، اجتناب کنید.
• سیستم کنترل را به گونه‌ای تنظیم کنید که با رعایت شرایط آسایشی، دمای فضا در تابستان بیشترین و در زمستان کمترین مقدار ممکن باشد.
• در صورت امکان سیستم را به سیستم حجم هوای متغیر تبدیل کنید.

**سیستم‌های چند ناحیه‌ای با گرمایش مجدد:** این سیستم‌ها از یک واحد هواساز برای تامین همزمان الزامات چند ناحیه استفاده کرده و هوا را با دمای مشخص برای نواحی مختلف فراهم می‌آورند. در این نواحی، پایانه‌های حرارتی، مجدداً هوای ورودی به ناحیه را تا دمای مطلوب و مطابق با بار حرارتی موردنیاز فضا افزایش می‌دهند. بنابراین هوای ورودی به هر ناحیه، مطابق با الزامات آن می‌باشد. در بررسی این سیستم‌ها، لازم است به موارد زیر توجه گردد:
• حجم هوای ورودی به هر قسمت از سیستم در هر جا که امکان دارد، کاهش یابد.
• خاموش کردن کویل‌های گرمایش مجدد در تابستان و افزایش دمای هوای ورودی در صورت امکان بررسی گردد.

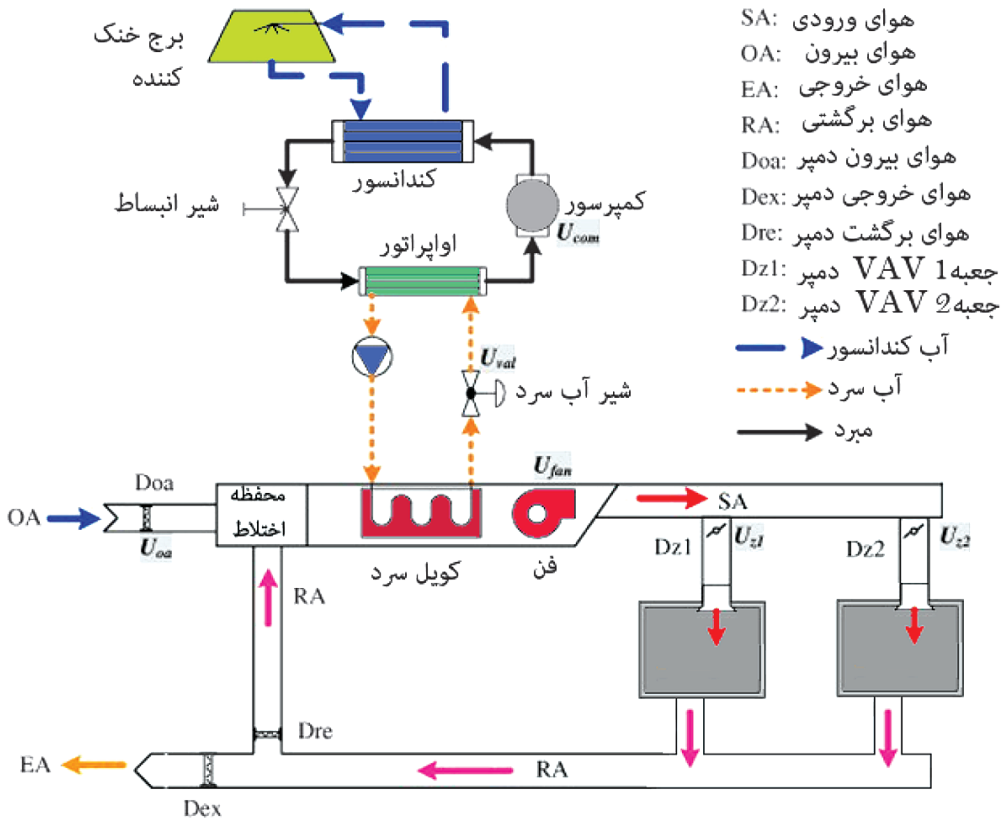
• نصب سیستم‌های کنترل مناسب برای اطمینان از عملکرد صحیح سیستم کنترل کویل‌های سرمایش و گرمایش بر مبنای ناحیه‌ای که بیشترین بار گرمایشی و سرمایشی را دارد، این امر بیانگر آن است که هنگامی که ظرفیت کافی برای کنترل دما وجود دارد، از ظرفیت اضافی جلوگیری شود.
• در قسمت‌هایی که قابل اجراست، سیستم را به سیستم با حجم هوای متغیر تبدیل کنید.

**سیستم‌های دو کاناله:** در این سیستم‌ها کنترل دمای فضا با ترکیب دو جریان هوای سرد و گرم، صورت می‌گیرد و جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی در این سیستم‌ها باید موارد زیر بررسی گردد:
• دبی حجمی هوای ورودی به تمام محفظه‌های اختلاط هوا را تا حداقل سطح ممکن کاهش دهید.
• دمای هوای گرم را تا سطح ممکن کاهش دهید.
• دمای هوای سرد را تا سطح ممکن افزایش دهید.
• سیستم سرمایش را در زمستان، هنگامی که هیچ بار سرمایشی وجود ندارد، خاموش کنید. کانال هوای گرم، باید به عنوان سیستم تک کاناله عمل کند.
• سیستم گرمایش را در تابستان، هنگامی که هیچ بار گرمایشی وجود ندارد، خاموش کنید. کانال هوای سرد، باید به عنوان سیستم تک کاناله عمل کند.
• سیستم را به سیستم دو کاناله با حجم هوای متغیر (VAV[1]) تبدیل کنید، این امر صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی را به همراه دارد.

**سیستم‌های فن کویل اتاقی:**
• جریان هوا را به حداقل سطح ممکن کاهش دهید.
• از استفاده هم‌زمان سیستم‌های سرمایشی و گرمایش در هر واحد جلوگیری نمایید، برای این منظور می‌توانید از قفل‌های سیستم کنترل استفاده کنید.
• قابلیت تبدیل سیستم‌های ۲ و ۳ لوله‌ای به سیستم‌های ۴ لوله‌ای را بررسی کنید. این امر، تلفات مربوط به تبدیل و اختلاط جریان را به حداقل کاهش می‌دهد.

**سیستم‌های با حجم هوای متغیر:**
• به‌منظور کنترل حجم هوا، به جای استفاده از دمپرها جهت هدایت جریان هوا از موتورهای دور متغیر استفاده کنید.
• دقت کنید که حسگر فشار استاتیک در جای مناسب و بطور صحیح نصب شده باشد، به نحوی که حجم هوا، متناسب با تقاضا کاهش یابد.
• پایانه گرمایش مجدد باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که فقط در زمانی که خروجی پایانه VAV به کمترین مقدار لازم جهت توزیع منطقی هوا کاهش می‌یابد، عمل کند.
• دقت کنید هر نوع گرمایش محیط با پایین‌ترین دمای ممکن و همراه با به حداقل رساندن جریان طبیعی هوای گرم به سمت بالا صورت بگیرد.

1 - Variable Air Volume




شکل۱۵-شماتیک سیستم حجم هوای متغیر

**سیستم‌های مستقل:** این سیستم‌ها شامل انواع سیستم‌های تهویه مطبوع و پمپ حرارتی مستقل و سیستم‌های مستقل اتاقی هستند.

- برای جلوگیری از استفاده هم‌زمان سرمایش و گرمایش در هر ناحیه و هر واحد از قفل‌های سیستم کنترل، استفاده کنید.
- دستگاه‌های فرسوده موجود را با سیستم‌های مدرن و یا پمپ‌های حرارتی با کارآیی بالاتر جایگزین کنید.
- کنترل‌های محلی را بررسی کنید و از تطابق کارکرد دستگاه با نیاز سرمایش و گرمایش فضا، اطمینان حاصل نموده و در صورت لزوم نسبت به نصب و یا جایگزینی کنترل‌های محلی اقدام کنید.
- برای سیستم‌های چندگانه از کنترل خاموش/ روشن اتوماتیک مرکزی (با قابلیت تبدیل به حالت غیر اتوماتیک) استفاده کنید.
- دقت کنید که سیستم‌ها فقط در زمان حضور افراد مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

**سیستم‌های تهویه صنعتی:**

- در فضاهایی که قسمت بالایی فضا، بیش از حد گرم می‌شود، برای جلوگیری از لایه‌بندی هوا و جهت برقراری جریان هوا از بالا به سمت پایین از پنکه سقفی استفاده کنید.
- به‌منظور کاهش تلفات تهویه هوا، از سیستم‌های موضعی تخلیه هوا برای تجهیزاتی که آلاینده تولید می‌کنند (مانند اسپری نقاشی، جوشکاری و ....) استفاده کنید.
- برای کاهش فعالیت سیستم هواساز، طراحی هود را بهبود داده و امکان استفاده از هوای تازه بیرون بدون پیش‌گرم کردن را بررسی کنید.
- لازم است که به‌منظور کاهش تبخیر سطحی، مخازن باز با پوشش مناسب بسته شود. جلوگیری از تبخیر سطحی، کاهش نرخ تهویه هوا را به همراه دارد.

## ۷-۲-۷- سیستم‌های کنترل در تهویه مطبوع

**کنترل آنتالپی (سرمایش طبیعی):** برای کاهش مصرف انرژی باید کنترل آنتالپی مدنظر قرار گیرد. حسگرهای آنتالپی، ظرفیت سرمایشی هوای بیرون را بررسی کرده و سپس دمپرها را تعدیل می‌کنند تا هوای تازه بیشتری نسبت به تنظیمات نرمال به سیستم وارد شود. بهره‌گیری از سرمایش طبیعی هوای بیرون، انرژی موردنیاز برای سرمایش مکانیکی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

**سرمایش شبانه:** سرمایش شبانه به‌عنوان راهکار بهینه‌سازی با استفاده از دمای پایین شب و ظرفیت گرمایی ساختمان به کار برده می‌شود. با این وجود، لازم است از کنترل صحیح سیستم و استراتژی‌های تهویه و سرمایش اطمینان کامل حاصل گردد.

**سیستم‌های کنترل پایانه‌ها و فضاها:** برای بهره‌گیری بهینه از انرژی، کنترل صحیح هر یک از فضاها و تجهیزات لازم است. در این زمینه توجه به موارد زیر مناسب است:

- به‌منظور دستیابی به حداکثر صرفه‌جویی در مصرف انرژی و بهبود شرایط آسایشی، عملکرد و تنظیمات سیستمهای کنترل را به دقت بررسی کنید.
- کنترلرها را به انواع الکترونیکی و یا سیستم‌های کنترل دیجیتال مستقیم[1] (DDC) ارتقاء دهید. این کنترلرها معمولاً نسبت به کنترلرهای قدیمی، از دقت بالاتری برخوردار هستند.

## ۸-۲-۷- گرمایش

بیشترین سهم مصرف انرژی در اکثر ساختمان‌های واقع در اقلیم سرد، مربوط به گرمایش است. بنابراین، پتانسیل قابل توجهی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق ارتقاء و بهبود کارایی سیستم گرمایش ساختمان وجود دارد. برای این منظور اولین گام دقت در این موضوع است که ظرفیت سیستم گرمایش بزرگتر از نیاز واقعی ساختمان انتخاب نشده باشد و سپس به بررسی تجهیزات اقدام گردد.

1 – Direct Digital Control

**بویلر:**

• نوع، ظرفیت و عمر کارکرد هر یک از بویلرها و مشعل‌ها را تعیین کرده و انواع سوخت مصرفی آنها را مشخص کنید.

• میزان مصرف سوخت سالیانه هر یک از بویلرها و یا مجموعه آن‌ها را تعیین کنید. این میزان می‌تواند بر مبنای اندازه‌گیری کارکرد موتورخانه و یا اگر بویلرهای گرمایش و آب گرم جداگانه باشند، ترجیحاً از روی کارکرد و سرویس‌دهی هر بویلر تعیین شود. در صورتی که بدین گونه اندازه‌گیری نشود، ممکن است از روش دیگری منطبق بر نیاز ساختمان و راندمان فصلی بویلر تعیین گردد.

• وضعیت فیزیکی هر بویلر را بررسی کنید و در صورت امکان میزان خوردگی و رسوب‌گیری در هر بویلر را ارزیابی کنید.

• روش و قابلیت کنترل زمان کارکرد بویلر را در رابطه با نیاز مصرفی بررسی کنید، به عنوان مثال کنترل بهینه روشن شدن مشعل برای نیازهای گرمایش متغیر را بررسی کنید. سیستم کنترل مدولار بویلر متناسب با دیماند را بررسی کنید، حد بالا و پایین دمای آب و یا فشار بخار را ارزیابی کنید. دمای بالا مستقیماً سبب افزایش اتلافات از سیستم می‌شود و دمای پایین نیز اگر نیازهای مصرف کننده را برآورده نکند، ممکن است سبب طولانی شدن بازه‌های زمانی کارکرد سیستم شود.

• بررسی کنید که مشعل‌های نوع خاموش/ روشن بصورت متناوب خاموش و روشن نگردند و مشعل‌های نوع مدولار پله‌ای (مدولار حد بالا و پایین) و یا مدولار کامل متناسب با دیماند واقعی ساختمان تنظیم شده باشند.

• برای تاسیسات مشتمل بر چندین بویلر، روش کنترل تعداد کارکرد بویلرها در پاسخ به تغییرات دیماند را بررسی کنید و کنترل توالی اتوماتیک را، چنانچه مدنظر نبوده است، اعمال کنید.

• فرصت‌های کاهش اتلاف‌های حالت آماده بکار بویلر را بررسی کنید، به‌عنوان مثال نصب دمپر اتوماتیک بر روی دودکش و یا نصب دمپر اتوماتیک در مسیر هوای ورودی به مشعل بررسی شود.

• بازدهی هر بویلر باید به‌منظور برآورد میزان انرژی مصرفی و روش‌های بهینه‌سازی آن تعیین گردد. بازدهی را می‌توان اغلب با تعمیر و نگهداری ساده و تنظیم مشعل جهت به حداقل رساندن میزان هوای اضافی، افزایش داد. میزان بازدهی، یا از طریق اندازه‌گیری گرمای خروجی در مقایسه با ورودی آن (روش مستقیم) یا از طریق اندازه‌گیری اتلافات (روش غیر مستقیم) تعیین می‌شود. برای آزمایش‌های کوتاه‌مدت که در هنگام بررسی‌ها و مطالعات و در زمانی که بویلر کار می‌کند، انجام می‌شوند، معمولاً روش غیرمستقیم توصیه می‌شود. از طرف دیگر، روش مستقیم را می‌توان برای تهیه اطلاعات در بازدهی فصلی یا بازدهی بلند مدت، در شرایط دیماند مختلف به کار برد، ولی به طور معمول این روش برای تاسیسات بسیار بزرگ به کار برده می‌شود.

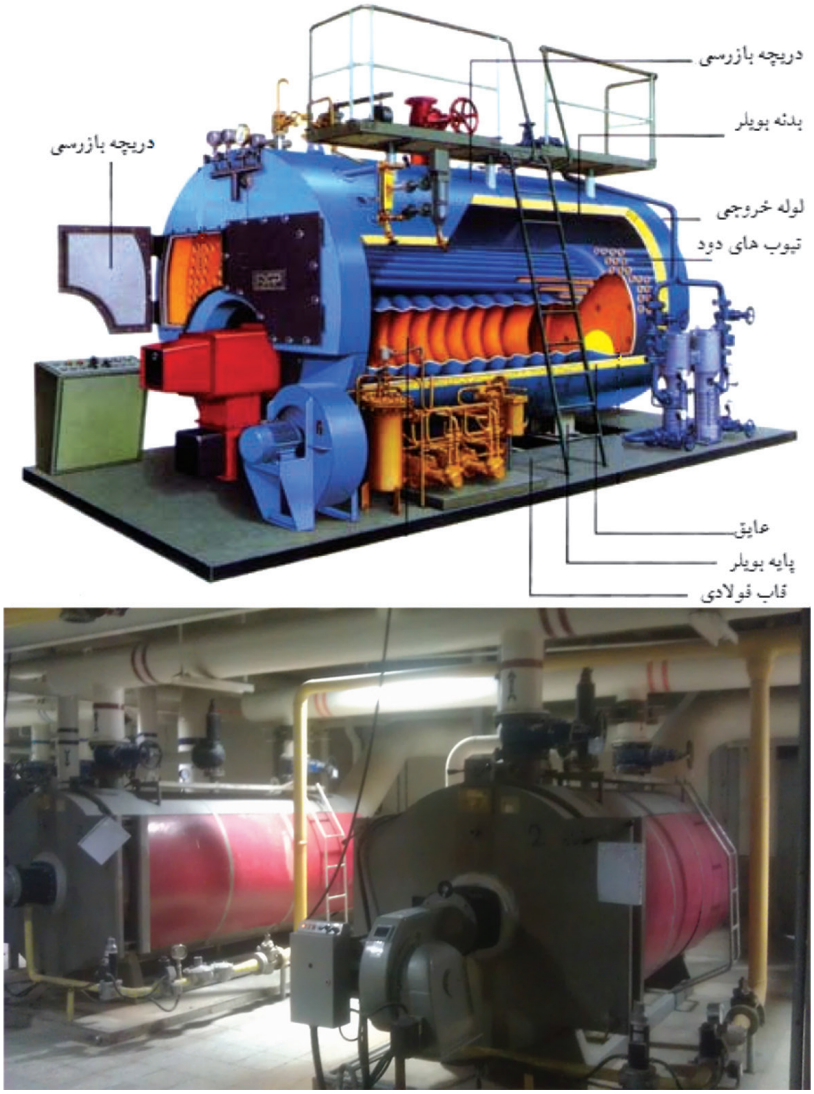
• مزایا و معایب مرکزیت‌زدایی از بویلرها را در نظر داشته باشید. در جایی که واحد به صورت مرکزی است، الگوی فصلی/ گردشی کاربرد حرارت باید مورد بررسی قرار گیرد. کل اتلافات توزیع به‌عنوان بخشی از حرارت ورودی ممکن است تنها معادل ۰/۵٪ بار پیک زمستان باشد در حالیکه این میزان می‌تواند معادل ۵۰٪ بار در تابستان باشد. سایت‌های بزرگ که کاربران نهایی، الگوهای بار متعددی دارند، معمولاً شرایط مناسبی برای مرکزیت‌زدایی دارند. همچنین باید به طرح‌های تولید همزمان برق و حرارت نیز که ممکن است در آینده اجرا گردد، توجه داشت، چرا که سیستم‌های مرکزی می‌توانند بار پایه مفیدی برای سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت (CHP) ارائه دهند.

• تمامی روش‌های تولید الکتریسیته و تولید همزمان برق و حرارت را بررسی کنید. نوع، ظرفیت و عمر مفید سیستم را تعیین کنید. انواع سوخت، هزینه‌ها و مصارف را مشخص کرده و دقت کنید که در کجا می‌توان سوخت‌های ارزان‌تر و جایگزین را به کار برد. در صورت امکان، الگوهای بار و موارد بهره‌برداری را بر مبنای فصلی/ هفتگی/ روزانه تعیین کنید. هزینه برق، حرارت و بخار تولید شده را محاسبه کرده و با سایر منابع مثل بویلر و برق خریداری شده، مقایسه کنید.

• آب تغذیه و تخلیه زیرکش (فقط بویلرهای بخار): پس از بخار شدن آب، مواد محلول موجود در آب در بویلر جمع شده و در بستر آن قرار می‌گیرند. برای بررسی وضعیت کارکرد سیستم لازم است دستورالعمل‌ها و الزامات سختی‌گیری و حذف ذرات محلول (TDS) مجدداً ارزیابی گردد. با سازنده بویلر و یا متخصص سختی‌گیری آب به منظور تعیین حداکثر مقدار پیشنهاد شده سختی آب، مشورت کنید. این مقدار به نوع بویلر و فشار عملکردی آن بستگی دارد. برای بیشتر بویلرهای پوسته‌ای مقدار سختی مجاز آب در فشار کاری کمتر از ۱۰٫۰ bar در حدود ppm ۳۵۰۰-۲۰۰۰ است. امکان بهره‌گیری از برگشت کندانس به‌عنوان آب تغذیه بویلر را بررسی کنید. آب کندانس معمولاً سختی بسیار پایینی دارد، بنابراین لازم است از استحصال حداکثر برگشت و استفاده مجدد آن بجای آب تغذیه مطمئن شد. روش‌های تخلیه آب زیرکش را بررسی کرده و از عملکرد بویلر با حداقل ممکن آب زیرکش، اطمینان حاصل کنید. آب ممکن است به‌طور متناوب و به‌صورت دستی از شیر تخلیه فشار اصلی، یا به‌طور مستمر از طریق شیری که به صورت دستی یا اتوماتیک است، خارج شود. این فرایند در صورتی که به درستی کنترل نشود، کارایی انرژی را به شدت پایین می‌آورد.

• بازیافت حرارت از گازهای خروجی دودکش: پتانسیل‌های بازیافت حرارت از گازهای خروجی دودکش را بررسی کنید. با این روش می‌توان بازدهی کلی بویلر را به‌خصوص در واحدهای بزرگ گازسوز که ساعات کارکرد بالایی در طول سال دارند، افزایش داد. پتانسیل کاربرد بویلرهای چگالشی گازسوز را که برای کندانس بخار آب و در نتیجه بازیافت حرارت نهان آن طراحی شده‌اند، مدنظر داشته باشید. عملکرد اکونومایزرهای موجود را که برای بازیافت حرارت استفاده می‌شوند، بررسی کنید. در بویلرهای با سوخت جامد، در فرایند بازیافت حرارت، معمولاً گازهای خروجی دودکش تا دمای ۱۶۰-۱۵۰ درجه سانتیگراد خنک می‌شود ولی بدلیل جلوگیری از بروز کندانس و با توجه به خاصیت اسیدی آب کندانس، در دماهای کمتر از زیر ۱۴۵ درجه سانتیگراد، سیستم بازیافت حرارت بای‌پاس می‌شود. در بویلرهای دوگانه سوز (گاز و گازوییل) هنگام استفاده از سوخت گازوییل معمولاً تجهیزات بازیافت حرارت، بای‌پاس می‌شوند تا از انتشار دوده اسیدی و پوسیدگی جلوگیری شود. وضعیت تعمیر و نگهداری را برای به حداقل رساندن رسوب در مبدل‌های حرارتی بازیافت حرارت هنگام استفاده از سوخت‌های مایع یا جامد، بررسی کنید.

• سطوح خارجی بویلرهای قدیمی و لوله‌های آب گرم و بخار آن، سیستم لوله‌کشی و لوازم جانبی، باید دارای عایق حرارتی مناسب باشند. نوع و ضخامت عایق و کیفیت آن‌را بررسی کنید. دقت داشته باشید که عایق‌های مربوط به شیرها و لوازم جانبی را بتوان به راحتی جدا و برای تعمیر و نگهداری جایگزین کرد.




شکل ۱۶-سیستم بویلر ساختمان گاز استان اصفهان

**سیستم‌های آب گرم دمای پایین:**

• اجزاء و نوع سیستم را مشخص کنید. روش‌های کنترل و بهره‌برداری را تعیین کنید، به تجهیزات کنترل اتوماتیک و هر نوع عملیاتی که به‌صورت دستی انجام می‌شود، دقت کنید.

• تنظیمات سیستم کنترل را بررسی و با الزامات بهره‌برداری مقایسه کنید و همچنین دلایل تنظیمات را بررسی کنید. هیچ‌گاه تصور نکنید که تنظیمات، بیانگر وضعیت واقعی هستند. ممکن است حسگرهای دمایی که به‌طور مناسب نصب نشده‌اند، نتایج نامناسبی را ارائه دهند. کلیدهای زمانی ممکن است ساعت‌ها یا حتی روزها، آرام یا کند عمل کنند، حتی اگر برنامه‌های تنظیم شده نیز درست باشند.

• بررسی کنید که پاسخ‌دهی تجهیزات به کنترلرها و تنظیمات آنها صحیح باشد، تنظیمات ترموستات را به‌طور موقت تغییر داده و بررسی کنید که تجهیزات به درستی پاسخ می‌دهند. به‌طور مشابه، در صورت امکان ساعت‌های زمانی را روی کنترل غیر اتوماتیک قرار دهید. دقت داشته باشید که شیرهای موتوری به‌درستی عمل کنند و عملگرها و فرمان آنها درست بوده و جدا نشده باشند.

• در شرایط آب و هوایی معتدل‌تر که دمای جریان کاهش یافته است، باید دمای برنامه‌ریزی شده برای سیستم کنترل جبران‌ساز محیطی (سیستم کنترل هوشمند موتورخانه) در مقایسه با دمای معمول هوای بیرون بررسی شود. همچنین می‌توان خاموش نمودن کامل سیستم را به هنگامی که دمای بیرون به مقدار تنظیم شده رسیده باشد، در نظر گرفت.

• تنظیمات ناحیه‌ای و تجهیزات کنترل محلی را در قسمت‌هایی از سیستم که به دلیل نوع ساختمان، گرمای اکتسابی داخلی یا تفاوت‌های کاربری، نیازهای مختلفی دارند، بررسی کنید. می‌توان به کمک ساکنان، بالانس نبودن شرایط نواحی مختلف و تنظیمات نامناسب را شناسایی کرد.

• تمیز بودن سطوح انتقال حرارت و هر نوع مانع جابه‌جایی هوا یا گرمادهی از تجهیزات حرارتی را بررسی کنید. مشکلات مربوط به گردش نامناسب آب گرم و یا عدم هوادهی مناسب را مشخص کنید.

• نصب فویل‌های منعکس کننده در سطوح داخلی دیوارهای خارجی در فضای پشت تجهیزات حرارتی را در نظر داشته باشید. با این روش اتلاف حرارت از جداره‌های ساختمان در جاهایی که رادیاتورها در کنار پنجره‌ها نصب شده‌اند، به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

• تاثیر گرمادهی مستقیم از سیستم لوله‌کشی برای توزیع جریان آب گرم را بررسی کنید. لوله‌های واقع در سقف و یا کانال‌های تاسیسات که پوشش مناسب نداشته باشند، سبب توزیع گرمای ناخواسته به محل حضور افراد می‌گردند و ممکن است در مواقعی که مورد استفاده نباشند در آنها یخ‌زدگی بروز نماید. لوله‌های با قطر زیاد در صورتی که دمای جریان آب‌گرم در آنها کنترل نشود، حتی اگر تمام پایانه‌های حرارتی خاموش باشند، ممکن است گرمای اضافی را به فضاهای حضور افراد منتقل کنند.

**سیستم‌های هوای گرم:** این سیستم‌ها معمولاً با مشعل جداگانه یا با استفاده از بخار، آب گرم و یا گرم‌کننده‌های برقی از طریق گرم نمودن هوا، گرمایش فضای مورد نظر را تامین می‌کنند.

- کنترلرهای زمانی و دمای اتاق و زمان را از نظر نصب صحیح، تنظیمات و عملکرد مناسب بررسی کنید.
- وضعیت سیستم احتراق را بازرسی کرده و وضعیت مشعل و عملکرد فن، تمیز بودن سطوح انتقال حرارت و فیلترها، یکپارچگی بدنه و کیفیت عایق را بررسی کنید. تست راندمان بویلر را انجام دهید. توجه داشته باشید که برخی واحدهایی که بصورت شعله مستقیم کار می‌کنند، ممکن است حرارت و محصولات احتراق را به فضاهای مورد بهره‌برداری، تخلیه کنند.
- در فضاهای با ارتفاع زیاد، هر گونه مشکلات مربوط به لایه‌بندی سطوح هوا در سیستم‌های گرمایشی را که بر اساس جابجایی و جریان هوا کار می‌کنند، بررسی کنید. چنین مشکلاتی در فضاهای با ارتفاع زیاد بسیار رایج است. دمای نزدیک سقف‌های بلند می‌تواند به‌طور کلی بیشتر از مقدار دما در محل حضور افراد باشد. اغلب می‌توان در این فضاها از پنکه‌های سقفی با دور پایین یا یک سیستم کانال‌کشی ساده برای گردش مجدد هوای گرم به سطوح پایین استفاده کرد، مگر آنکه الزامی برای خروج ذرات معلق از سطوح بالا وجود داشته باشد.
- وضعیت دمپرها و دریچه‌های خروج هوا را بررسی کنید. دقت کنید که هوای گرم فقط به قسمت‌هایی که حرارت مورد نیاز است هدایت شود و مجراهای خروج هوا مسدود نشده باشند.
- اگر نرخ تعویض هوا در سیستم زیاد است، جایگزینی سیستم‌های هوای گرم را با سیستم‌های گرمایش تابشی مدنظر داشته باشید.

**گرمایش فضا با سیستم‌های الکتریکی:** در این موارد معمولا بهتر است علاوه بر سیستم‌های طراحی شده، واحدهای جداگانه کوچکی برای گرمایش موضعی در نظر گرفته شود.

- کنترل‌های موجود را از نظر صحت عملکرد و تنظیمات بررسی کنید.
- تمیز بودن سطوح انتقال حرارت و جدارها را به‌منظور امکان برقراری جریان آزادانه هوا و عدم وجود مانع و گرفتگی بررسی کنید.
- برای هیترهای منفرد و یا مجموعه‌ای از هیترها که همواره مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی در حال حاضر بصورت دستی کنترل می‌شوند، نصب سیستم‌های کنترل اتوماتیک مانند ساعت‌های زمانی، ترموستات‌های اتاقی و حسگرهای حضور افراد را مدنظر داشته باشید.
- در هیترهای برقی که مجهز به ذخیره‌سازی گرما می‌باشند، زمان شارژ سیستم ذخیره‌سازی را بررسی دقیق کنید. میزان شارژ باید در طول دوره‌های معتدل و در صورت لزوم در اواخر هفته، کاهش یابد. کنترل‌های اتوماتیک را می‌توان برای انواع هیترها به کار برد.
- روش‌های دیگر گرمایش را که می‌توانند هزینه‌های بهره‌برداری کمتری نسبت به هیترهای برقی مستقیم داشته باشند، مدنظر قرار دهید. هیترهای ذخیره کننده، بخاری‌های گازسوز و توسعه سیستم‌های گرمایش آب گرم کم فشار موجود، از جمله موارد قابل بررسی می‌باشند.
- توجه داشته باشید که کنترل دستی موثر در جایی به کار برده می‌شود که از هر لحاظ مناسب باشد، از آن جمله می‌توان استفاده‌های موردی و نامنظم هیترهای برقی منفرد را نام برد.

### ۷-۲-۹-سرمایش

در اقلیم‌های معتدل و سرد، سرمایش فقط در برخی از زمان‌های سال مورد نیاز است، ولی در بسیاری از ساختمان‌ها مشاهده می‌شود که سیستم‌ها بی‌جهت و به صورت ناکارآمد برای تامین بارهای کم سرمایشی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این ساختمان‌ها برای ارتقای سیستم‌های سرمایش و کنترلرها، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی قابل توجهی وجود دارد، همچنین می‌توان برای چنین بارهایی، سیستم‌های کوچکتری نصب کرد. مواردی که در این زمینه باید مورد توجه قرار گیرد در ادامه آورده شده است.

- میزان تقاضای سرمایش را بررسی کرده و الزامات طراحی سیستم سرمایش را مجدداً مرور کنید. در بسیاری موارد، برج‌های خنک‌کن توانایی ایجاد سرمایش موثر را دارند و می‌توان سیستم سرمایش را از سرویس خارج نمود.
- مواقعی که می‌توان سیستم را بطور کامل خاموش نمود، به‌عنوان مثال در طول زمستان، هنگام شب یا اواخر هفته را مشخص کنید.
- بهره‌گیری از سیستم‌های ذخیره‌سازی سرما در طول شب، به‌منظور بهره‌گیری جهت پیش‌سرمایش ساختمان را بررسی کنید. با این روش می‌توان از انرژی برق با تعرفه پایین برای ذخیره‌سازی سرما در شب استفاده کرد.
- فرصت‌های بازیافت حرارت از هوای گرم یا آب داغ را بررسی کنید. دیماندهای مناسب گرمایش باید شناسایی شده و با میزان و قابلیت دسترسی به حرارت بازیافت شده، هماهنگ شوند.
- دمای آب ورودی و خروجی واحد چیلر را اندازه‌گیری کرده و آنها را با داده‌های طراحی مطابقت دهید. برای بیشتر سیستم‌ها دمای جریان آب سرد بین ۵ تا ۹ درجه سانتیگراد می‌باشد.
- به مکش کمپرسور و فشارهای تخلیه در جایی که ابزارهای اندازه‌گیری نصب شده‌اند دقت کنید، سپس نتایج را با مشخصات طراحی مقایسه کنید، برای تعیین فشار تخلیه و مقدار مکش مورد انتظار به اطلاعات سازنده یا نمودارهای آنتالپی فشار واحد تبرید مراجعه کنید. پایین بودن فشار مکش می‌تواند بیانگر جریان ضعیف یا فقدان مبرد باشد. شیرهای خراب کمپرسور می‌توانند منجر به فشار تخلیه پایین شوند، فشارهای بالای تخلیه نیز ممکن است ناشی از مشکلاتی از قبیل آسیب دیدگی برج خنک‌کن یا خرابی کندانسور باشند. کارکرد سیستم با نسبت‌های فشار یا دمایی که با حالت طراحی فاصله دارند، موجب کارایی پایین انرژی در سیستم می‌گردد.
- سیستم‌های کنترل ظرفیت و توالی کارکرد را از منظر تطابق با بار موردنیاز بررسی کنید. در صورتی که چندین دستگاه به صورت موازی کار می‌کنند، دقت داشته باشید کنترل‌هایی جهت جلوگیری از عملکرد با بار جزئی و حفظ حداقل تعداد دستگاه‌هایی که با بار کامل عمل می‌کنند، وجود داشته باشد. کمپرسورهای سانتریفیوژ و اسکرو، کارایی بسیار کمی در بار جزئی دارند.
- روش‌های تعمیر و نگهداری را مشتمل بر تمیز کردن مبدل‌ها و سطوح انتقال حرارت و سیستم‌های سختی‌گیر آب را بررسی کنید. نواقص و اشکالات رایج به‌خصوص خرابی شیرها می‌توانند منجر به کاهش عملکرد شوند. در بعضی مواقع این امر باعث افزایش هزینه‌ها تا ۵۰٪ می‌شود. گزارش‌های مبتنی بر افزایش مصرف روغن، معمولاً به عنوان نشانه‌ای از بزرگ‌تر شدن دامنه مشکلات کوچک و تبدیل آن‌ها به مشکلات جدی‌تر است.
- مناسب بودن دمای آب، فشار مبرد و دمای هوا در طول کندانسور و عملکرد مطلوب آن را بررسی کنید. افزایش دمای آب به میزان ۵ درجه سانتیگراد در طول یک کندانسور پوسته لوله و خروج آن از کندانسور در ۵ درجه سانتیگراد کمتر از دمای چگالش، نرمال است. کندانسورهای هوا خنک، معمولاً به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که دمای کندانس بین ۲۰-۱۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای هوای ورودی باشد.

• روش‌های تعمیر و نگهداری کندانسور مشتمل بر تمیز کردن سطوح انتقال حرارت، دریچه‌ها و فیلترها، سختی آب و نشت‌های مبرد می‌باشد. افزایش میزان هوا و گازهای غیر کندانس باعث افزایش دمای کندانس و کاهش کارآیی در مواردی که توجه کافی به تعمیر و نگهداری نشده است، می‌گردد.
• بازده برج خنک کن را با اندازه‌گیری دمای ورودی و خروجی و دمای حباب‌تر هوای محیط تعیین کرده و سپس آن را با الزامات طراحی مطابقت دهید. دمای آب خروجی باید بطور معمول به ۵ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای حباب‌تر هوای ورودی افزایش یابد.
• روش‌های تعمیر و نگهداری برج خنک‌کن را مشتمل بر تمیز کردن دریچه‌ها، صافی‌ها، صفحات و سختی آب، بررسی کنید. اسپری ضعیف، شکستگی و یا فقدان صفحات و عدم جایگزینی آنها در برج خنک‌کن، بازدهی سیستم سرمایش را کاهش داده و موجب افزایش زمان کارکرد سیستم سرمایش می‌شود.
• بالانس جریان آب در مسیر بای-پاس[1] کندانسور را در صورت ثابت بودن، بررسی کنید. محدود کردن جریان در مسیر بای-پاس کندانسور، هد پمپاژ را افزایش می‌دهد.

معمولاً در سیستم‌های گرمایش و سرمایش، مشکلات مشابهی رخ می‌دهد. بنابراین، مناسب است برای بررسی سیستم سرمایش، مواردی را که در بخش گرمایش عنوان گردیده است، ملاک عمل قرار گیرد.

**کاهش بارهای سرمایشی:**
• گرمای اکتسابی از خورشید را با استفاده از سایبان، پرده و فیلم شیشه کاهش دهید، هر چند این امر ممکن است منجر به کاهش روشنایی داخل و استفاده بیشتر از روشنایی مصنوعی شود.
• گرمای اکتسابی از سیستم روشنایی را با استفاده از لامپ‌های کاراتر و کنترلرهای روشنایی کاهش دهید. می‌توان با انتقال هوای اطراف نورافکن‌ها به بیرون از فضای مورد استفاده، بار سرمایشی را کاهش داد. این روش در ساختمان‌هایی که سیستم روشنایی مهمترین عامل افزایش حرارت ناخواسته می‌باشد، موثر است.
• گرمای اکتسابی از تجهیزات اداری را با استفاده از کامپیوتر، پرینتر و دستگاه‌های کپی و ... که دارای راندمان بالا هستند، کاهش دهید.

**واحد سرمایش:**
• مطمئن شوید که ظرفیت سیستم بزرگ‌تر از ظرفیت مورد نیاز نباشد.
• تعویض کمپرسورهای ناکارآمد مقرون به‌صرفه نیست مگر آنکه کارآیی بسیار ضعیفی داشته باشند. با این وجود، کمپرسورهای کوچکتر برای شرایط بار جزئی مناسب‌تر هستند. در هر صورت باید از بکار بردن کمپرسورها در بارهای خیلی کوچک، اجتناب شود. به‌عنوان یک اصل کلی، کمپرسورها هرگز نباید با کمتر از ۵۰٪ بار کل، مورد استفاده قرار گیرند.
• مطمئن شوید که بهترین نوع سیستم‌ها و تجهیزات جهت تخلیه حرارت مورد استفاده می‌باشند. برج خنک‌کن، ضریب عملکرد بهتری بدست می‌دهد ولی هزینه‌های اضافی تعمیر و نگهداری، مصرف آب و سختی‌گیری آنرا به همراه دارد. در هر صورت برای سیستم‌های بزرگ تنها گزینه اقتصادی بهره‌گیری از برج خنک‌کن می‌باشد.
• پتانسیل‌های بازیافت حرارت از واحد تبرید را مدنظر داشته باشید.

1 - By Pass

• اگر گرمای تلف شده‌ای قابل بهره‌گیری باشد، امکان بازیافت یا استفاده از آن را به‌عنوان گرمای ورودی به سیستم جذبی بررسی کنید.
• در صورتی که از سیستم چیلر جذبی استفاده می‌گردد، بررسی کنید که بازیافت حرارت از کلیه منابع اتلاف حرارت لحاظ شده باشند.
• وضعیت و ضخامت عایق سیستم لوله‌کشی را بررسی کنید.
• دمای آب کندانسور را در سیستم‌های آب سرد کاهش دهید.
• امکان استفاده از سرمایش فضا از طریق برج خنک‌کن، بدون بهره‌گیری از چیلر را برای ماه‌های مختلف سال بررسی و برنامه‌ریزی کنید.

**سیستم‌های کنترل سرمایش:**
• دقت داشته باشید که واحد سرمایش فقط در طول دوره‌هایی که سرمایش لازم باشد، روشن است. در صورت امکان از کنترلرهای مرغوب مبتنی بر تقاضا یا کنترلرهای روشن/ خاموش مرغوب استفاده کنید.
• از کنترلرهای ظرفیت کمپرسور با کارایی بالا استفاده کنید. در صورت امکان از بای-پاس کردن گازهای داغ و شیر فشار شکن در مکش اجتناب کنید. جهت کنترل ظرفیت کمپرسورها می‌توان از سیستم‌های دور متغیر نیز استفاده کرد.
• مطمئن شوید که حداکثر دمای قابل قبول آب سرد از طریق تنظیم اتوماتیک چیلر یا سیستم کنترل جبران‌ساز محیطی، حفظ می‌شود. از آنجا که سیستم می‌تواند در دماهای بالاتر نیز عمل کند، با این روش می‌توان صرفه‌جویی‌های عمده‌ای در شرایط آب و هوایی معتدل‌تر انجام داد.
• کنترلرهای توالی کارکرد را به دقت بررسی کرده و مطمئن شوید که چیلرها با حداکثر کارآیی عمل می‌کنند. به عنوان مثال یک کمپرسور که با بار کامل کار می‌کند بسیار موثرتر از ۳ کمپرسور که با ۳۳٪ بار عمل می‌کنند، می‌باشد.
• بررسی کنید که کنترلرهای فن کندانسور و پمپ به‌طور صحیح عمل می‌کنند. همچنین کنترل توالی کارکرد می‌تواند برای هماهنگی بار نیز به کار برده شود. برخی سیستم‌های اسپلیت و پکیج برای کنترل فشار هد بمنظور کاهش زمان کارکرد فن کندانسور، مناسب هستند.
• برج خنک‌کن را از نظر تنظیم بودن زمان کارکرد، دما، کنترل توالی کارکرد فن‌ها و کنترل ترموستاتیک حفاظت از یخ‌زدگی بررسی کنید.
• می‌توان موتورهای دور متغیر را برای کمپرسورهای پیستونی لحاظ کرد. کارکرد آنها در ۵۰٪ دور نامی، افزایش ۱۰٪ کارآیی در کمپرسور را به همراه دارد. این امر می‌تواند جایگزین توقف و راه‌اندازی و یا کنترل حالت بدون بار سیلندر گردد. سیستم‌هایی که ظرفیت را از طریق عبور جریان گاز به کمپرسور کنترل کرده و یا اجازه بای-پاس گاز از کندانسور را می‌دهند، کارآیی لازم را نداشته و باید از آنها اجتناب کرد.

### ۷-۲-۱۰- آب گرم مصرفی

**آب گرم‌کن‌های موضعی:** این سیستم‌ها معمولاً بصورت مستقیم در کنار سینک‌ها و به صورت فوری و یا با منبع ذخیره می‌باشند. منبع انرژی ممکن است برق و یا گازطبیعی باشد. برای واحدهای کوچک منفرد، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی بسیار محدود است.

- میزان رضایت‌مندی از دما و دبی آب را بررسی کنید و از عملکرد صحیح کنترلرها اطمینان حاصل نمایید.
- کیفیت عایق حرارتی مخزن‌های ذخیره را بررسی کنید.
- برای آب‌گرمکن‌های مخزن‌دار برقی نصب ساعت‌های زمانی را مدنظر داشته باشید. ساعت زمانی باید با هدف به حداکثر رساندن استفاده از برق، خارج از زمان اوج مصرف و به حداقل رساندن هزینه‌های دیماند بسیار بالا برنامه‌ریزی گردد.
- بررسی کنید که آب‌گرمکن‌های برقی بدون کنترل زمانی، در صورت امکان در مواقع عدم استفاده مانند تعطیلات به صورت دستی، خاموش گردند.
- در آب‌گرمکن‌های گازی دارای پیلوت، جایگزین سیستم با آب‌گرمکن بدون پیلوت را مدنظر داشته باشید.

**سیستم‌های مرکزی:** در این سیستم‌ها، آب گرم مصرفی ممکن است به صورت مرکزی تولید شود و یا از طریق مبدل‌های حرارتی که از موتورخانه مرکزی با بخار یا آب گرم اولیه تغذیه می‌شوند، تولید گردد. در این سیستم‌ها موارد ذیل جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی قابل بررسی می‌باشند:

- ضرورت کارکرد سیستم‌های مرکزی بزرگ به‌خصوص در طول دوره‌های با تقاضای پایین را بررسی کنید. گاهی اوقات استفاده از آب‌گرم‌کن‌های گازسوز موضعی، یا سیستم‌های فوری بجای کارکرد سیستم‌های مرکزی می‌تواند صرفه‌جویی‌های بیشتری را به همراه داشته باشد.
- تلفات حرارتی ثابت در سیستم انتقال و توزیع حرارت را ارزیابی کنید. می‌توان این مقادیر را از طریق پایش مصرف سوخت هنگام ثابت بودن دمای سیستم و زمانی که ساختمان مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرد، مثلاً وقتی که هیچ استفاده‌ای از آب گرم نمی‌شود، اندازه‌گیری کرد.
- دمای آب را در مخزن و هنگام مصرف بررسی کرده و از عملکرد صحیح سیستم‌های کنترل اطمینان حاصل کنید. دمای تخلیه آب گرم هنگام مصرف (برای استفاده معمول) باید بین ۵۵-۶۰°C باشد. دمای آب باید به اندازه‌ای که ریسک عفونت از طریق میکروب لژیونلا (Legionella) را به حداقل برساند، به عنوان مثال بالای ۵۵ ± ۲/۵ °C باشد، ولی نباید به اندازه‌ای گرم باشد که منجر به ذخیره اضافی و اتلافات بیشتر هنگام توزیع شود.
- وضعیت عایق‌حرارتی مخزن ذخیره و سیستم لوله‌کشی را بررسی کنید. بخش‌های فرسوده و یا آسیب دیده باید شناسایی، ترمیم یا تعویض شوند. توجه داشته باشید که افزایش ضخامت عایق، لزوماً تصمیم مناسبی نیست. ضخامت مناسب عایق برای کوچک‌ترین سایز لوله تا سطوح تخت از ۲۵ mm تا ۷۵ mm پیشنهاد می‌گردد.
- بررسی کنید که دبی جریان مصرفی در خروجی‌ها سبب اتلاف نمی‌شود. بهره‌گیری از تجهیزات محدود کننده جریان در شیرها یا جایگزینی آنها با شیرهای اهرمی در دستشویی را مدنظر داشته باشید. نصب سیستم‌های کنترل و یا شیرهای مجهز به کنترل زمانی و یا شیرهای دارای چشمی و یا شیرهای لمسی که بر اساس تقاضا، جریان آب را برقرار می‌کنند، در مکان‌های پر مصرف که امکان بازماندن شیرها یا دوش‌ها وجود دارد، توصیه می‌شود.

• نسبت مصرف آب به ساکنین را با بررسی کنتورها تعیین کنید. در جایی که میزان آب مصرفی بیش از مقدار معمول است، احتمالاً مربوط به عدم کاربری مناسب بوده و بررسی آن ضروری است.
• تناسب ظرفیت ذخیره‌سازی آب‌گرم را با مصرف واقعی ارزیابی کنید. در استانداردهای جدید برای سرویس‌های بهداشتی یک لیتر به ازای هر نفر و برای سلف سرویس دو لیتر به ازای هر وعده و در مدارس و ادارات که امکان تامین آن در یک بازه ۱/۵ ساعت وجود دارد، دو لیتر در هر وعده در نظر گرفته می‌شود.
• جایگزینی مخازن ذخیره با مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای در ساختمان‌های اداری به‌منظور کاهش تلفات ثابت از مخزن را مدنظر داشته باشید.

شکل ۱۷- مخازن آب گرم ساختمان گاز استان اصفهان

**سیستم‌های انتقال و توزیع:**

• ممکن است در ساختمان‌های بزرگ مشاهده شود که واحد مرکزی به‌منظور جبران تلفات توزیع، به‌طور کامل کار می‌کند. در چنین شرایطی، لازم است تلفات توزیع سیستم‌های مرکزی از مصرف نهایی تفکیک گردد.
• سیستم‌های لوله‌کشی را به‌صورت چشمی از نظر نشتی یا علامتی که نشان دهنده احتمال وقوع نشت باشد، بررسی کنید. خروج بخار و رسوب و خوردگی از علائم آشکار نشتی می‌باشند.
• هر نوع عدم توازن بین تامین و مصرف نهایی که از طریق مغایرت در مقادیر اندازه‌گیری شده یا مصارف ارزیابی شده، تعیین شده است را مشخص کنید. ممکن است مغایرت ایجاد شده بدلیل نشتی باشد.
• نوع، وضعیت و ضخامت عایق حرارتی لوله‌ها و اتصالات را بررسی کنید. میزان، نوع و محل عایق‌های فرسوده، آسیب دیده و یا مرطوب را که باید تعویض شوند، مشخص کنید. دقت کنید که در چه مکان‌هایی عایق اضافه و یا سایر محافظ‌ها لازم است.

• میزان قطر یا ضخامت مطلوب و مقرون به صرفه عایق را برای کاربردهای خاص در سیستم لوله‌کشی، تعیین کرده و قسمت‌هایی را که نیاز به بهبود دارند، مدنظر قرار دهید. مقدار اتلاف حرارت از شیر عایقکاری نشده معادل مقدار اتلاف حرارت از ۱ متر لوله عایقکاری نشده می‌باشد.
• گرمایش منطقه‌ای می‌بایست بمنظور تعیین صحیح تمامی مصرف کنندگان نهایی، مورد مطالعه و بررسی قرار بگیرد. پتانسیل صرفه‌جویی در لوله اصلی باید بررسی گردد، چنانچه ظرفیت سیستم بزرگتر از حد نیاز بوده و یا در وضعیت مطلوبی قرار نداشته باشد، جایگزینی سیستم، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای را به همراه دارد.
• موقعیت‌های کاهش نرخ‌های پمپاژ در سیستم‌های آب گرم را شناسایی کنید، طراحی سیستم و کاهش دمای آب را مدنظر قرار دهید.
• سیستم‌های بخار: به‌منظور کاهش تلفات از سیستم، شرایط کاری سیستم انتقال را در فشارهای پایین نگه دارید. حداقل فشار مجاز از طریق الزامات فشار/ دما مطابق با نیاز مصرف کننده‌های نهایی و ظرفیت سیستم لوله‌کشی برای جبران افزایش حجم بخار تعیین می‌شود.
• سیستم‌های بخار: تله‌های بخار را از نظر عملکرد صحیح و جلوگیری از عبور بخار بررسی کنید. برای این منظور می‌توان از دستگاه‌های اندازه‌گیری دبی جریان پرتابل بهره برد، ولی نصب کنتورهای دائمی بر روی خط بخار به‌منظور بررسی دائمی وضعیت سیستم، به‌خصوص در مکان‌هایی که دسترسی مشکل است، باید مدنظر قرار بگیرد.
• سیستم‌های بخار: برگشت کندانس را به‌عنوان تغذیه بویلر جهت بازیافت حرارت به حداکثر برسانید تا نیاز به آب جبرانی و سختی‌گیری آب، کاهش یابد.
• مقدار کندانس برگشتی به موتورخانه در واحدهای بخار را ارزیابی کنید. مقدار آن را معمولاً می‌توان از طریق اختلاف بین مقادیر قرائت شده از کنتور آب تغذیه بویلر و کنتور آب جبرانی، تعیین کرد. مقدار برگشتی را به‌عنوان بخشی از حجم بخار تولید شده در نظر بگیرید. تشکیل کندانس می‌بایست تقریباً در تمامی مصرف کنندگان بخار، به جز قسمت‌هایی که بخار به‌طور مستقیم تزریق می‌شود یا جایی که تشکیل کندانس ممکن است ناخالصی و آلودگی داشته باشد، صورت بگیرد. هدر رفت‌های کندانس را که در نتیجه نشتی یا افزایش تلفات از مخازن جمع‌آوری کندانس است، مشخص کنید.

### ۷-۲-۱۱- کاهش تقاضای گرمایش

یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های گرمایش، کاهش تقاضای انرژی گرمایشی است، که برای این منظور لازم است موارد زیر مد نظر قرار گیرد:
• میزان اتلاف از سیستم توزیع و انتقال را تا حد امکان پایین نگه دارید. طول لوله‌کشی یا کانال‌کشی باید به‌میزان حداقل باشد. به ویژه اینکه می‌بایست از بروز افت فشار در سیستم‌های آب گرم جلوگیری شود.
• استانداردهای عایق‌کاری حرارتی را بررسی کنید. براساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، کلیه لوله‌کشی‌ها، کانال‌کشی و مخازن ذخیره آب گرم و گرمایش فضاها می‌بایست دارای عایق‌کاری مناسب باشند.
• به‌منظور کاهش اتلاف حرارتی از سیستم انتقال، میزان عایق‌کاری مازاد بر حد نیاز در صورتیکه دوره بازگشت سرمایه کمتر از ۲ سال باشد را مدنظر داشته باشید. شیرها و مخزن‌های ذخیره باید همیشه عایق شوند.

**بویلرهای آب گرم با دمای پایین:** جایگزینی بویلرها می‌تواند با توجه به ناکارآمدی واحد موجود، ۱۰٪ تا ۳۰٪ صرفه‌جویی در مصرف انرژی را به همراه داشته باشد. استفاده از بویلرهای با راندمان بالا می‌تواند کارآیی فصلی را تا بیش از ۸۰٪ افزایش دهد، استفاده از بویلرهای چگالشی، می‌تواند میزان کارآیی را بین ۸۵٪ تا ۹۲٪ افزایش دهد. گزینه‌های صرفه‌جویی در بویلرهای آب گرم با دمای پایین[1] (LTHW) به شرح ذیل می‌باشند.

- در مورد بویلرهای چندگانه، واحد را از نظر هماهنگی هر چه بیشتر بار و دیماند کنترل کرده و در نتیجه کارآیی واحد را به حداکثر برسانید. ترکیب بویلرهای راندمان بالا و چگالشی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری را به حداقل می‌رساند، هر چند که کاهش اندکی در کارآیی فصلی مجموعه به همراه داشته باشد. همچنین دوره بازگشت سرمایه را بهینه می‌کند.
- برای به حداقل رساندن تلفات حرارتی ثابت در بویلرهای سنگین وزن قدیمی با حجم آبگیری بالا، راهکارهای بهینه‌سازی را به کار ببرید. میزان تلفات ثابت در بویلرهای قدیمی می‌تواند تا ۷٪ افزایش یابد. در این بویلرها نصب دمپرهای اتوماتیک در ورودی مشعل یا دمپرهای گاز خروجی از دودکش بویلر، جهت به حداقل رساندن مقدار تلفات حرارتی مناسب است. توجه به این نکته ضروری است که میزان اتلاف حرارتی در بویلرهای جدید بین ۱/۵-۱٪ است و ممکن است جایگزینی بویلر ترجیح داده شود.
- جداسازی بعضی از قسمت‌ها از سیستم مرکزی را مدنظر داشته باشید. در بسیاری از موارد، تعویض سیستم مرکزی گرمایش بخار قدیمی با بویلرهای مدرن آب گرم دمای پایین (LTHW) و حذف سیستم‌های توزیع بخار، صرفه‌جویی‌های هنگفتی را به دنبال دارد. این امر، اغلب شامل جداسازی سیستم آب گرم و سیستم گرمایش، جهت افزایش کارآیی آب گرم در تابستان می‌شود.
- برای اطمینان از گردش مناسب آب و تامین دمای یکنواخت برای مسیر رفت و برگشت، لوله هدر (Header) مناسب را در نظر بگیرید. این امر با ایجاد سیکل اولیه پمپاژ دبی ثابت میسر است. از شیرهای جداسازی اتوماتیک یا پمپ‌های منفرد برای بویلر استفاده نکنید، زیرا باعث می‌شوند دبی سیکل اولیه، تغییر یابد.

**بویلرهای بخار و آب گرم با دمای متوسط:**

- برای بهینه‌سازی بازدهی احتراق و تصحیح نسبت هوا به سوخت، از سیستم کنترل متعادل کننده میزان اکسیژن استفاده کنید. برای بویلرهای مدولار بزرگ، این کنترلرها کاملاً اقتصادی بوده و همواره میزان اکسیژن را در گازهای خروجی از دودکش اندازه‌گیری می‌کنند و دمپر هوای ورودی را جهت اطمینان از سطح مناسب هوای اضافی تغییر می‌دهند. میزان صرفه‌جویی با نصب این سیستم ۳٪ تا ۵٪ می‌باشد. هر چند هزینه سرمایه‌گذاری اولیه جهت اجرای سیستم بالا می‌باشد، ولی این هزینه در بویلرهای بزرگ از طریق صرفه‌جویی در مصرف سوخت، جبران می‌شود.
- از سیستم‌های دور متغیر برای فن هوای احتراق استفاده کنید. برای بویلرهای مدولار بزرگ، میانگین دیماند برق موتور فن هوای احتراق می‌تواند با استفاده از موتورهای دور متغیر به میزان ۶۰٪ کاهش یابد.
- پیش‌گرمایش هوای احتراق با استفاده از تجهیزات بازیافت حرارت را مدنظر داشته باشید. اگر دمای هوای ورودی ۲۰°C افزایش یابد، بازدهی بویلر به میزان ۱٪ افزایش می‌یابد.
- اکونومایزرهایی که گرمای تلف شده در گازهای خروجی از دودکش را با استفاده از تجهیزات بازیافت حرارت احیا می‌کنند، مدنظر داشته باشید. این اقدام، اغلب در واحدهای بسیار بزرگ به‌عنوان یک راهکار بهینه‌سازی مقرون به صرفه می‌باشد. برای افزایش کارآیی در بویلرهای گازسوز، اکونومایزرهای کندانس نصب کنید.

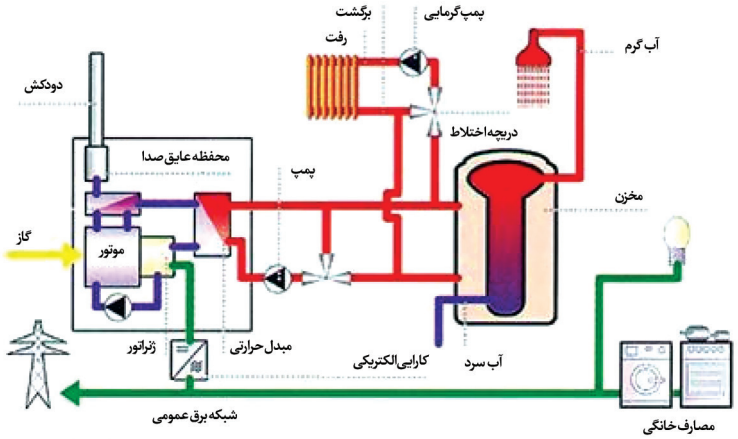
1 - Low Temperature Hot Water

• حدود ۳٪ تا ۵٪ مصرف سوخت به تخلیه آب زیرکش در بویلرهای بخار مرتبط می‌شود. تخلیه آب زیرکش می‌تواند به صورت اتوماتیک کنترل شود تا کل ذرات حل شده را در حداکثر مقدار مجاز بدلیل صرفه‌جویی در مصرف سوخت حفظ نماید.
• روش‌های مقرون به صرفه متعددی جهت بازیافت حرارت از آب زیرکش وجود دارد. در جایی که بیش از یک بویلر با سیستم متناوب عمل می‌کند، شرایط اقتصادی مناسب‌تری جهت بازیافت حرارت فراهم می‌گردد زیرا تجهیزات مورد نیاز کوچکتر شده و برای مدت زمان طولانی‌تری عمل خواهند کرد.

**تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP):**

دستگاه CHP باید برای جایی در نظر گرفته شود که بارهای الکتریکی و حرارتی متناسب باشند. معمولاً یک واحد CHP در مواقعی اقتصادی است که حداقل ۴۵۰۰ ساعت در سال نیاز همزمان برق و حرارت وجود داشته باشد.

• واحد CHP نیازمند ظرفیت‌سنجی دقیق است که برای این منظور لازم است که با بهره‌گیری از مشاورین انرژی، بررسی و مطالعه تفصیلی انجام شود.
• CHP می‌تواند همراه با واحد بویلر نصب شود ولی در عین حال نقش اصلی را بر عهده داشته باشد. در سایت‌های مختلف ساختمان، بار حرارتی ممکن است به اندازه‌ای بزرگ باشد که بتوان CHP در مقیاس بزرگ را به کار برد.




شکل ۱۸- شماتیک سیستم تولید هم زمان برق وحرارت (CHP)

**سیستم‌های هوای گرم:**

در ساختمان‌های بزرگ مثل کارخانه‌ها، معمولاً اختلاف دمای قابل توجهی (۶-۴ °C) بین سقف و فضای مورد بهره‌داری وجود دارد. گزینه‌های قابل توجه در مورد سیستم‌های هوای گرم بدین شرح هستند:

- با طبقه‌بندی کردن هوا و انتقال هوای گرم به سمت پایین یا قسمت‌های مورد بهره‌برداری باعث کاهش نیاز گرمایشی در سطح فضای مورد بهره‌برداری می‌شوید. برای این منظور نصب و کنترل ترموستاتیک پنکه‌های سقفی و فن‌ها به گونه‌ای که هنگام رسیدن دما در قسمت بالاتر به سطح پیش تنظیم، شروع به فعالیت کنند، مناسب می‌باشد. برای جلوگیری از سر و صدا، سرعت فن‌ها پایین می‌باشد، همچنین نیاز انرژی فن نیز بدلیل دور پایین، ناچیز است.
- سیستم‌های سیرکولاسیون Air-jet نیز نوعی جایگزین برای پنکه‌های سقفی و فن‌های طبقه‌بندی کننده هستند. این سیستم‌ها، هوای گرم را از فضای بالایی می‌گیرند و از طریق کانال‌ها قبل از اینکه با سرعت زیاد و به طور عمودی در سطوح پایین‌تر بفرستند، در قسمت‌های مختلف توزیع می‌کنند.

**سیستم‌های تابشی:**

- در ساختمان‌هایی که نرخ تعویض هوا بسیار بالاست (مثل کارخانه‌ها)، سیستم‌های تابشی لوله‌ای و صفحه‌ای می‌توانند جایگزین‌های مقرون به صرفه‌ای برای سیستم‌های هوای گرم باشند.
- دقت داشته باشید که سیستم‌های تابشی باید مجهز به سیستم‌های کنترلی مناسب و حسگرهای دمای تابشی باشند تا از میزان صرفه‌جویی‌ها و آسایش حرارتی اطمینان حاصل شود.
- در فضاهایی که نیاز حرارتی منقطع و بصورت نقطه‌ای و پراکنده وجود دارد می‌توان از گرمکن‌های تابشی الکتریکی برای گرمایش موضعی استفاده کرد. این گرمکن‌ها سرعت پاسخ بسیار بالایی دارند و می‌توانند همراه با حسگرهای حضور افراد جهت کنترل گرمای خروجی مورد استفاده قرار گیرند، ولی در عین حال هزینه‌های تعمیر و نگهداری آنها بالا می‌باشد.

**سیستم‌های الکتریکی:**

- جایگزینی سیستم‌های الکتریکی موجود با سیستم‌های گرمایش گازسوز با لحاظ نمودن هزینه‌ها در عمر مفید دستگاه، کاملاً اقتصادی است.
- ممکن است از نظر اقتصادی، حفظ گرمایش الکتریکی در بخش‌هایی از ساختمان مقرون به صرفه باشد، در غیر این صورت گرمایش از طریق سیستم‌های گازسوز می‌تواند در قسمت‌های محدودی که در زمان‌های مختلف و مجزا از سایر فضاها، نیاز به گرمایش دارند، مورد استفاده قرار بگیرد.
- در جایی که گرمایش الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، لازم است کنترلرهای دما و زمان مناسب نصب شود. در قسمت‌هایی که نیازهای گرمایش متفاوت هستند، دقت کنید که سیستم‌های کنترل بدرستی کارکنند و سیستم گرما را به میزان نیاز تامین کند.
- در صورت استفاده از بخاری‌های برقی مجهز به سیستم ذخیره‌سازی گرما، دقت کنید که کنترلرهای شارژ مخزن ذخیره‌سازی، به‌طور صحیح تنظیم شده باشند و گرمایش اضافی را در روزهای معتدل به حداقل رسانده و کارکرد سیستم در ساعات پیک‌بار را به حداقل کاهش دهند.

**سرویس‌های آب گرم:**

- به حداقل رساندن مصرف آب گرم سبب کاهش مصرف انرژی می‌شود. شیرهای مجهز به سیستم هوازنی، شیرهای اهرمی و شیرهای محدود کننده جریان آب گزینه‌های مناسبی برای کاهش مصرف آب می‌باشند. همچنین تعمیر شیرهایی که چکه می‌کنند و یا نشتی دارند، ضروری است.
- امکان کاهش حجم آب گرم ذخیره شده را بررسی کرده و دقت کنید که طول لوله‌ها و سیستم لوله‌کشی متناسب با مصرف کننده‌های نهایی باشد.
- هنگامی که ساختمان مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرد، پمپ‌های سیرکولاسیون را خاموش کنید.
- میزان ضخامت بهینه عایق حرارتی مخازن ذخیره آب گرم و لوله‌ها را محاسبه کرده و عایق مناسب را نصب کنید.
- دقت کنید که آب گرم ذخیره شده، گرمایش بیش از حد دریافت نکند.
- بررسی کنید که ترموستات‌ها در آب‌گرمکن‌های برقی به درستی تنظیم شده باشند و ساعت‌های کارکرد زمانی جداگانه برای آنها نصب شده باشد. از خاموش بودن آب گرمکن‌های مخصوص تابستان در طول فصل زمستان، اطمینان حاصل کنید.

**سیستم‌های کنترل آب گرم:**

- همواره از کنترل‌های زمانی جهت اطمینان از تولید آب گرم فقط در هنگام نیاز استفاده کنید.
- کنترل‌های زمانی می‌بایست قابلیت کنترل پمپ‌های سیرکولاسیون اولیه و ثانویه را داشته باشند.
- برای حفظ آب گرم در دمای مطلوب، سیستم‌های کنترل ترموستاتیک مانند ترموستات‌های مستغرق و یا ترموستات‌های مخازن، را نصب کنید. همچنین آب گرم باید همیشه در دمای (۵۵±۲/۵ °C) حفظ شود تا از تشکیل باکتری جلوگیری شود.

## ۷-۲-۱۲- روشنایی

در اکثر ساختمان‌ها، روشنایی مهمترین کاربرد اصلی برق است و در ساختمان‌های اداری نیز اغلب بالاترین هزینه انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. مصرف انرژی روشنایی را می‌توان از طریق ارتقای لامپ‌ها، چراغ‌ها، بالاست‌ها و نصب سیستم‌های کنترل روشنایی کاهش داد.
بررسی الزامات روشنایی و روش‌های کنترل بایستی در دستور کار قرار گیرد. سپس بررسی‌هایی در مورد چگونگی حداکثر استفاده از نور طبیعی نیز باید لحاظ شود. برای بهره‌گیری بهینه از روشنایی مصنوعی و نور روز باید برنامه‌ریزی‌هایی صورت گیرد. باید انواع سیستم‌های روشنایی مورد استفاده، بررسی شوند تا مشخص شود که روشهای کاراتر سیستم روشنایی در کدام قسمت‌ها قابل استفاده است. روشنایی تاثیر مستقیمی بر بهره‌وری داشته و بنابراین اطمینان از برقراری شرایط مطلوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و همیشه باید امنیت و آسایش بصری کاربران مدنظر باشد.

**الزامات:** الزامات خاص برای سیستم روشنایی متناسب با نوع بهره‌برداری را تعیین کرده و محدودیت‌های لازم را مشخص نمایید. در سیستم روشنایی باید موارد ذیل مورد توجه قرار گیرد:

- شدت روشنایی کلی و تعیین وظایف سیستم روشنایی
- منبع روشنایی: رنگ نور، جلوگیری از سوسو زدن و خیرگی نور
- چراغ‌های ضد حریق و ضد آب
- استفاده منقطع یا مستمر
- کیفیت روشنایی و زیبایی شناختی سیستم روشنایی و تجهیزات

الزامات ممکن است متناسب با نحوه استفاده از ساختمان تغییر کند، به عنوان مثال استفاده بیشتر از کامپیوترهای شخصی و ماشینهای تحریر، نیازمند سطوح پایین‌تری از روشنایی است.

**انواع سیستم‌های روشنایی و شرایط نصب:**

- نوع و توان لامپ‌ها، سیستم‌ها و تجهیزات کنترلی را بررسی کنید.
- به تمیزی لامپ‌ها، پخش‌کننده‌ها، رفلکتورها، فتوسل‌ها و سایر سطوحی که بر بازده روشنایی تاثیرگذار است، توجه کنید. تمیزی سطوح در رفلکتورهای آینه‌ای که در لامپ‌های فلورسنت چند لوله‌ای نصب شده‌اند، ممکن است امکان حذف یک یا چند لوله، همزمان با حفظ سطح مطلوب روشنایی به وجود آورد. بدون تمیزکاری سیستم روشنایی، میزان روشنایی در محیط‌هایی که میزان گرد و خاک و سایر عوامل مشابه زیاد است، به راحتی در طی ۲ یا ۳ سال، به نصف کاهش می‌یابد.
- برنامه تعمیر و نگهداری و تعویض لامپ‌ها را بررسی کنید. نور خروجی لامپ‌های فلورسنت و سدیم، به مرور زمان کاهش می‌یابد، این کاهش در طی ۳ سال حدود ۲۰٪ می‌باشد. بعد از ۲۰۰۰ ساعت استفاده، خروجی لامپ‌های فلورسنت هر ۱۰۰۰ ساعت حدود ۴٪-۲٪ کاهش می‌یابد.
- برای استفاده بیشتر از نور روز باید از تمام فرصت‌ها استفاده کرد. تمیز بودن پنجره‌ها، نورگیرهای سقفی و سطوح اتاق را بررسی کنید. منابع روشنایی، جز در موارد خاص نباید مات و کدر باشند.

**سیستم‌های کنترل روشنایی:**

- لامپ‌ها باید در مواقع غیر ضروری خاموش باشند، نصب علائم یادآوری‌کننده بر کلیدهای قابل دسترس، افراد را نسبت به استفاده منظم از لامپ‌ها تشویق می‌کند. اضافه نمودن سوییچ‌هایی که هر یک مختص یک کاربر باشد، می‌تواند به عنوان اقدام خوبی در جهت صرفه‌جویی انرژی در نظر گرفته شود. در حالت ایده‌آل، کاربران می‌بایست به صورت غیراتوماتیک یا دستی، لامپ‌ها را روشن کنند ولی خاموش کردن آنها بصورت اتوماتیک باشد.
- در صورت امکان باید از کلیدهای گروهی برای یک مجموعه لامپ اجتناب کرد یا به‌گونه‌ای تنظیم کرد که فقط تعداد کمی از لامپ‌ها در مواقع غیرضروری و بی‌جهت روشن باقی بمانند. مثل لامپ‌های نزدیک پنجره‌ها یا قسمت‌هایی که مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرند.
- می‌توان با برنامه‌ریزی مناسب، برخی از لامپ‌ها را به‌منظور رعایت نکات ایمنی و یا تمیز کردن سطوح سیستم روشنایی ضمن تامین سطح قابل قبولی از روشنایی، خاموش نمود.
- به نکات ارائه شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان جهت کنترل سیستم روشنایی توجه داشته باشید.

**شدت روشنایی:**

شدت روشنایی در محل‌های کار یا سایر نقاط مورد نظر را بررسی کنید و با الزامات استاندارد مقایسه کنید. معمولاً جهت اندازه‌گیری شدت روشنایی از لوکس‌متر استفاده می‌شود. اندازه‌گیری‌ها باید با هدف شناسایی فرصت‌های کاهش بار روشنایی صورت بگیرد، در این زمینه می‌بایست به موارد زیر توجه کرد:

- قبل از بررسی لامپ‌ها و حسگرها باید توجه داشت که بسیاری از حسگرهای اندازه‌گیری، دارای ضرایب تصحیح رنگ می‌باشند.
- برای محل‌های کار ثابت، اندازه‌گیری در محل استفاده از نور لازم است.
- بمنظور ارائه شدت روشنایی کلی محیط، اندازه‌گیری در نقاط مختلف و تعیین میانگین مقادیر لازم می‌باشد.
- در تعیین میزان روشنایی حاصل از سیستم روشنایی، لازم است روشنایی طبیعی روز تفکیک گردد.
- با اندازه‌گیری و تعیین میزان دسترسی به روشنایی طبیعی روز، می‌توان امکان بهره‌گیری از آنرا در فضاهای مختلف بمنظور خاموش کردن تعدادی از لامپ‌ها تعیین نمود.

**روشنایی مصنوعی:**

مشخص کنید در کدام قسمتها و در چه زمانهایی امکان کاهش روشنایی مصنوعی به طور مطلوب میسر می‌باشد.

- به طور همیشگی، از طریق حذف و یا بهره‌گیری از تجهیزات جایگزین
- به صورت موردی، از طریق کلید انتخابی متناسب با زمان بهره‌برداری و میزان نور روز
- از طریق نصب دیمر و کنترل و کاهش میزان شدت نور
- اطمینان از تمیز بودن لامپها، حبابها و بازتابنده‌ها، پنجره‌ها و سطوح ساختمان و تعویض منظم لامپ‌های مهتابی، سدیمی و موارد مشابه

**لامپ‌ها، حباب‌ها و بازتابنده‌ها:**

همیشه به دنبال فرصت‌هایی برای تغییر نوع لامپ‌ها باشید تا هزینه‌های بهره‌برداری کل کاهش یابد به خصوص در جاهایی که سیستم نیازمند تعویض یا سیم‌کشی مجدد است یا برای مدت زمان بیشتری مورد استفاده قرار گرفته است. در جاهایی که دسترسی مشکل است، کاهش تعداد دفعات تعویض با نصب

لامپ‌های بادوام، فاکتور بسیار مهمی است. در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- تعویض لامپ‌های رشته‌ای تنگستن با لامپ‌های فلورسنت، یک لامپ ۲۵ W فلورسنت، نوری معادل یک لامپ ۱۰۰ W رشته‌ای دارد و در بسیاری موارد قابل جایگزینی در سرپیچ موجود می‌باشد.
- لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای قدیمی‌تر را با لامپ‌های کم مصرف (T5) با قطر ۲۶ mm تعویض کنید، این امر در سیستم‌هایی که بالاست برقی دارند، قابل اجراست در غیر این‌صورت تغییر نوع لامپ، زمانی توصیه می‌شود که لامپ‌های موجود سوخته باشند یا برای تعویض آنها برنامه‌ریزی شده باشد و یا اینکه بالاست‌ها نیز تعویض شود.
- نصب لامپ‌های موضعی، امکان استفاده از لامپ‌های کمتری برای تامین روشنایی کلی را فراهم می‌نماید.
- از لامپ‌های با فرکانس بالا، معمولاً ۳۰-۲۸ کیلوهرتز، برای سیستم‌های روشنایی فلورسنت استفاده کنید. دستگاه‌های کنترل فرکانس بالا برای مدارهای با ۲ یا ۴ لامپ، بسیار مقرون به صرفه است. این نوع دستگاه‌های کنترل برخلاف انواع متداول سیستم‌های ۵۰Hz می‌توانند با ضریب توان نزدیک به یک عمل کنند.

**تعویض و نوسازی حباب‌ها و بازتابنده‌ها:**

تعویض و بهینه‌سازی حباب‌ها و بازتابنده‌ها باید همواره بررسی گردد، این اقدام حتی در تاسیساتی که کمتر از ۵ تا ۱۰ سال از نصب آنها سپری شده، نیز می‌تواند موثر باشد، زیرا نصب تجهیزات مدرن اغلب منجر به صرفه‌جویی اساسی در انرژی و بهبود وضعیت دید می‌شود.

- بررسی کنید که سیستم روشنایی متشکل از لامپ و منبع نور، دستگاه کنترل، حباب و بازتابنده، موثرترین راه برای تحقق الزامات عملکردی و زیبایی سیستم است.
- از سیستم‌های انتشار روشنایی مدرن با بازتابنده کارا استفاده کنید، این امر امکان استفاده از لامپ‌های کمتری را برای تولید میزان روشنایی مطلوب فراهم می‌کند.
- قبل از تعویض حباب‌ها و بازتابنده‌ها، بهینه‌سازی را مدنظر داشته باشید. برای ارزیابی امکان‌پذیری بهینه‌سازی، یک منطقه نمونه را انتخاب کنید. لامپ‌های موجود در این قسمت را تمیز کرده و در صورت لزوم لامپ جدید نصب کنید، در صورت امکان سطوح دیوار و سقف را نیز تمیز کنید و سپس با استفاده از لوکس‌متر میانگین شدت روشنایی را اندازه‌گیری کنید. این اقدام شاخص مناسبی برای شدت روشنایی اولیه‌ای است که تجهیزات موجود بدون بهینه‌سازی می‌توانند ارائه دهند. به‌منظور تعیین شدت روشنایی زمان طراحی، فاکتور بهره‌برداری را محاسبه کنید.
- کاهش توان خروجی لامپ‌ها و یا تعداد آنها در لوسترهای چند شعله برای مکان‌هایی که شدت روشنایی از الزامات طراحی شده، بیشتر است را مدنظر داشته باشید. در جایی که شدت روشنایی پایین‌تر از الزامات استاندارد باشد، افزایش میزان روشنایی یک اقدام بهینه‌سازی است، هرچند که ممکن است باعث افزایش مصرف انرژی شود.
- توجه داشته باشید، تعویض حباب‌ها و بازتابنده‌ها فقط به دلیل بهبود کارآیی انرژی ممکن است همیشه اقتصادی نبوده و راهکارهای دیگری برای بهبود عملکرد کلی سیستم‌های روشنایی وجود داشته باشد.

**روشنایی اجباری:**

مطابق با استاندارد لازم است در فضاهای مختلف، حداقل روشنایی تامین گردد که می‌توان با بهره‌گیری از روشنایی‌های موضعی در محل کار و سایر محل‌های مورد نظر و با شدت روشنایی کلی کمتری، میزان سطوح روشنایی بالا را تامین نمود.

• میزان مصرف انرژی روشنایی را می‌توان از طریق نصب سیستم روشنایی با ظرفیت کمتر و در مجاورت محلی که باید میزان روشنایی آن مطابق با استاندارد تامین شود، کاهش داد.
• استفاده از روشنایی موضعی در برخی محل‌ها ممکن است بسیار مناسب باشد و امکان کاهش شدت روشنایی کل را فراهم نماید.
بازتابنده‌ها: بازتابنده‌ها برای بهبود روشنایی‌های موجود بسیار موثر می‌باشند. با نصب بازتابنده‌ها می‌توان به میزان ۵۰٪-۳۰٪ در مصرف انرژی سیستم روشنایی صرفه‌جویی کرد. قبل از نصب کامل سیستم باید موارد زیر بررسی شود:
• شدت روشنایی در چندین نقطه از منطقه‌ای که لامپ‌های آن تمیز و یا تعویض شده است، اندازه‌گیری شود.
• اندازه‌گیری شدت روشنایی را بعد از نصب بازتابنده بر روی لامپ و یا لامپ مشابه مجدداً تکرار کنید.
• میانگین شدت روشنایی را برای هر دو مجموعه اندازه‌گیری‌های انجام شده، محاسبه کنید. دقت کنید که توزیع شدت روشنایی به میزانی تغییر نکند که تاثیر معکوسی بر یکپارچگی شدت روشنایی یا ظاهر فضا داشته باشد. میزان بهبود و در نتیجه امکان صرفه‌جویی را تعیین کنید و در صورت مقرون به صرفه‌بودن نسبت به اجرای آن اقدام نمایید.

**تعویض لامپ:**
تغییر لامپ‌ها به انواع کاراتر، موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود. برخی تغییرات نیازی به سرمایه نداشته و یا در صورت نیاز بسیار اندک می‌باشد، برخی تغییرات نیز نیازمند نصب سیستم کنترل و یا تغییر آن هستند. تغییر نوع حباب‌ها و بازتابنده‌ها در مقایسه به بهبود لامپ‌ها در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرد. پتانسیل‌های صرفه‌جویی و جایگزینی لامپ‌ها به شرح ذیل است:

**الف- لامپ‌های تنگستن**
• لامپ‌های تنگستن را با لامپ‌های فلورسنت جایگزین کنید بسته به میزان استفاده، دوره بازگشت سرمایه ممکن است ۲-۵ سال طول بکشد.
• می‌توان چراغ‌های نورافکن تنگستنی را نیز با سیستم‌های هالوژن- تنگستن ولتاژ پایین (LV) جایگزین نمود، هرچند ممکن است نیاز به سیم‌کشی مجدد و نصب ترانسفورماتور داشته باشند ولی در بسیاری از موقعیت‌ها مثل فروشگاه‌ها، موزه‌ها و غیره، مقرون به صرفه هستند.

**ب- لامپ‌های فلورسنت**
لامپ‌های فلورسنت قدیمی‌تر T8 با قطر ۳۸ mm را با انواع T5 با قطر ۲۶ mm مجهز به بالاست الکترونیکی جایگزین کنید.

**ج- لامپ‌های جیوه‌ای و سدیمی**
لامپ‌های جیوه‌ای قدیمی را با لامپ‌های سدیمی و یا جیوه‌ای جدید جایگزین کنید. جایگزینی لامپ‌ها می‌تواند تا ۲۰٪ کاهش مصرف انرژی سیستم روشنایی را در پی داشته باشد.

**استارتر و بالاست**

• استارترهای استاندارد جدید را جایگزین استارترهای قدیمی کنید؛ استارت‌های آرام، ضمن صرفه‌جویی در مصرف انرژی، عمر اقتصادی لامپ فلورسنت را افزایش و هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش می‌دهد.

• بالاست‌های مغناطیسی قدیمی را با بالاست‌های الکترونیکی مرغوب جایگزین کنید. توجه داشته باشید استفاده از بالاست‌های نامرغوب سطح روشنایی را کاهش می‌دهد.

**سیستم‌های کنترل روشنایی**

اضافه نمودن سیستم‌های کنترل روشنایی، یکی از راهکارهای بهینه‌سازی اقتصادی می‌باشد که ۵۰٪-۲۰٪ صرفه‌جویی در انرژی سیستم روشنایی را به همراه دارد. فرصت‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی مشتمل بر موارد زیر است:

• نصب حسگرها و سیستم‌های کنترل برای هر یک از چراغ‌های مستقل، در مقایسه با کنترل‌های مرکزی، مناسب‌تر است.

• سیستم‌های کنترلی که بخوبی کار نمی‌کنند موجب کاهش بهره‌وری می‌شوند و ممکن است توسط کاربران از مدار خارج شده و یا خراب گردند. در چنین مواردی قبل از جایگزینی سیستم‌های جدید می‌توان با افزایش سطح آگاهی کاربران از هدف سیستم کنترل، اینکه چگونه کار می‌کند یا چگونه باید با آن برخورد کرد، این قبیل مشکلات را به حداقل رساند.

• حسگرهای حساس به حضور افراد و/ یا تایمرهای زمانی برای قسمت‌هایی که رفت و آمد در آن زیاد است، فتوسل برای چراغ‌های محوطه و فضاهایی که نور طبیعی موجود است، کنترل‌های زمانی برای خاموش کردن لامپ‌ها در پایان ساعات بهره‌برداری و کنترل‌های تنظیم مجدد برای مکان‌هایی که چراغ‌های مجزا بتوانند به صورت محلی به حالت تنظیم قبلی برگردند، از روش‌های کنترل روشنایی هستند که می‌توانند به‌صورت جداگانه و یا ترکیبی مورد استفاده قرار بگیرند.

## ۷-۲-۱۳- موتورها، فن‌ها و پمپ‌ها

**موتورها:**

با ارتقای موتورها و کنترل‌های آنها می‌توان به صرفه‌جویی انرژی قابل ملاحظه‌ای دست یافت. با طراحی خوب سیستم قبل از انتخاب موتور می‌توان بار سیستم را همیشه روی حداقل حفظ کرد. برای عملکرد موثر سیستم، رعایت دستورالعمل‌ها و کنترل دقیق سیستم الزامی است. موتورها و محرک‌های الکتریکی می‌توانند بخش قابل توجهی از دیماند انرژی در ساختمان‌ها را بخود اختصاص دهند. بازدهی معمول موتورهای القایی ۳ فاز با بار کامل از ۷۵٪ برای موتور ۱kW شروع می‌شود و تا ۹۰٪ برای موتور ۳۰kW ادامه دارد. موتورهای تک فاز ۱۰-۵٪ کارآیی کمتری دارند.

• موتورهای راندمان بالا، باید همیشه به‌عنوان گزینه‌ای که هزینه سرمایه‌گذاری اضافه‌ای ندارند و دارای مزایای اقتصادی و کارآیی بالایی هستند، در نظر گرفته شوند.

• موتورها باید از نظر اندازه و سایز متناسب باشند تا از تلفات حاصل از عملکرد با بار جزئی جلوگیری شود.

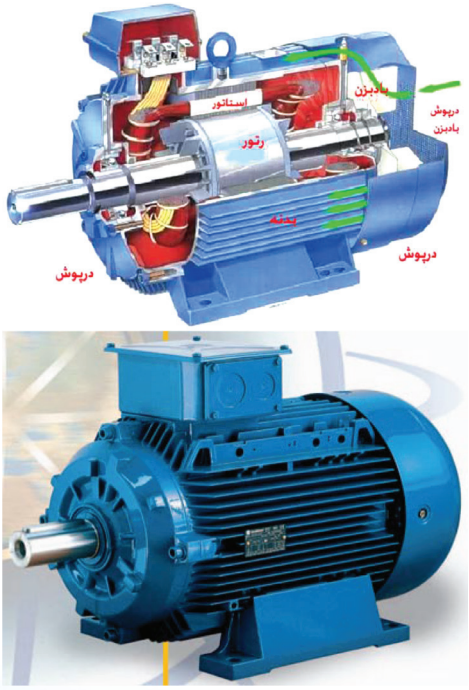
• کارآیی سیستم‌های انتقال نیرو مثل درایوهای تسمه‌ای را جهت کاهش تلفات، افزایش دهید.

• سیستم‌ها باید به دقت طراحی شوند تا تلفات فشار به حداقل رسیده و در نتیجه مصرف انرژی کاهش یابد.

• سیستم کارامد با هماهنگ کردن مشخصات پمپ و فن با بار واقعی سیستم ایجاد می‌شود (معمولاً از

طریق تغییر سرعت) و با این روش می‌توان صرفه‌جویی انرژی قابل توجهی در مقایسه با افزایش مقاومت سیستم، فراهم آورد. معمولاً برای ۱۰٪ تنظیم نمودن دبی جریان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی تا ۲۰٪ و برای ۲۰٪ تنظیم آن تا ۴۰٪ تحقق می‌یابد.

- سیستم‌های کنترل دبی متغیر می‌توانند فرصت‌های قابل توجهی برای صرفه‌جویی انرژی فراهم آورند. سیستم‌های ساختمان معمولاً برای بارهای حداکثر تنظیم شده‌اند و در بیشتر مدت زمان استفاده، بسیار پایین‌تر از ظرفیت کامل خود عمل می‌کنند. به‌عنوان مثال، تنها ۲۰٪ از کل انرژی برای جابجایی ۵۰٪ حجم کل هوا و آب مورد نیاز است.
- همیشه باید استفاده از موتورهای با دور متغیر برای تناسب بار و کارایی سیستم و کنترل دبی متغیر مدنظر باشد.
- حتی‌الامکان به جای تسمه‌ها، از سیستم‌های انتقال مستقیم استفاده کنید.
- برای کاهش میزان تلفات در تسمه‌ها، نمونه‌های جدید و صاف و سنکرون و یا تسمه‌های دنده‌دار را به جای تسمه‌های قدیمی V شکل استفاده کنید.
- همه تسمه‌های موتورهای مجهز به چندین تسمه را عوض کنید، حتی اگر فقط یکی از آنها خراب شده باشد.
- پولی را از نظر تراز بودن بررسی کنید.
- دقت کنید که موتور و محورهای آن، موازی باشند.
- وضعیت تسمه و کشش آن را به‌طور منظم و مطابق با دستورالعمل‌های سازنده، مخصوصاً در مورد تسمه‌های V شکل و سه گوش، بررسی کنید.




شکل ۱۹- نمایی از موتور الکتریکی

**پمپ‌ها:**

- پمپ‌های با راندمان بالا را انتخاب کنید و عملکرد آنها را به گونه‌ای تنظیم کنید که با حداکثر کارآیی عمل کنند.
- سیستم‌های دور متغیر را جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی مدنظر قرار دهید.
- مطمئن شوید که کارایی سیستم از طریق هماهنگ کردن پمپ با سیستم به جای هماهنگی سیستم با پمپ، تنظیم شده باشد.
- کارکرد پمپ را در وضعیت مناسب حفظ کنید. بدون تعمیر و نگهداری، کارآیی پمپ می‌تواند تا ۱۰٪ حالت اولیه کاهش یابد.
- افت فشارها را به حداقل برسانید: برای حداکثر سرعت آب، دبی حداکثر ۲m/s افت فشار را بررسی کنید.
- در صورت امکان تعداد خم و انحناها را در سیستم لوله‌کشی به حداقل برسانید.
- از لوله‌های با زبری پایین استفاده کنید و استفاده از پوشش‌های کاهنده اصطکاک را مدنظر قرار دهید.
- دقت کنید که فشار ورودی مطلوب باشد.
- از ایجاد افت فشار بی‌جهت خودداری کنید.
- برنامه زمانی برای کنترل وضعیت کارکرد پمپ‌های بزرگ را تعیین کنید تا براساس آن بهترین زمان جهت نوسازی مشخص گردد.
- جایگزینی پمپ‌های دارای رده انرژی A و بالاتر به جای پمپ‌های موجود را مدنظر داشته باشید.

**فن‌ها:**

- فن‌های راندمان بالا و متناسب با کاربرد مورد نیاز انتخاب کنید.
- از سیستم‌های دور متغیر برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی استفاده کنید.
- دقت کنید که سیستم به طور موثر از طریق هماهنگ نمودن فن با سیستم، تنظیم شده باشد.
- تیغه‌ها را به طور منظم تمیز کنید.
- فیلترها را تمیز نگه دارید و از افت فشارهای بی‌جهت در کانال‌ها جلوگیری کنید.
- در جایی که فن‌های متعددی وجود دارد، با روشن و خاموش کردن، فن‌ها را متناسب با دیماند مورد استفاده قرار دهید.

# پیوست

## پیوست ۱: دستورالعمل عایق‌کاری بام خارجی ساختمان در ساختمان‌های اداری با سقف کاذب جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی

### هدف
هدف از اجرای این دستورالعمل صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق عایق‌کاری سقف نهایی ساختمان می‌باشد.

### دامنه کاربرد
این دستورالعمل برای ساختمان‌هایی که پوشش بام آنها فاقد عایق حرارتی است و در سقف نهایی ساختمان دارای سقف کاذب می‌باشند، کاربرد دارد.

### نحوه اجرا
جهت عایق‌کاری سقف نهایی ساختمان به روش زیر اقدام می‌شود.

۱- متراژ سقف نهایی که دارای سقف کاذب است و امکان عایق‌کاری آن وجود دارد، تعیین گردد.
۲- عایق پشم شیشه رولی (پتویی) با روکش کاغذ کرافت به ضخامت ۵ cm، چگالی ۳۶ $kg/m^3$ و ضریب انتقال حرارت ۰/۰۳۹ w/mk متناسب با متراژ سقف نهایی ساختمان تهیه گردد.
۳- بعد از تهیه عایق، نسبت به پهن کردن عایق بر روی سقف کاذب اقدام گردد، عایق بگونه‌ای پهن شود که بخش-های مختلف آن از هر طرف بر روی یکدیگر مماس گردند و فاصله خالی بین آنها ایجاد نشود.
**تبصره:** با توجه به اینکه تبادل حرارتی برای چراغ‌ها، بالاست‌ها، لامپ‌ها و تجهیزات سیستم روشنایی با محیط ضرورت دارد، از پهن نمودن عایق حرارتی بر روی این سیستم‌ها خودداری گردد.

### نحوه تهیه
لازم است عایق حرارتی پشم شیشه رولی از تولیدکنندگان معتبر نظیر شرکت پشم شیشه ایران و شرکت پشم شیشه پارس و یا تولیدکنندگانی که دارای استاندارد ملی و گواهینامه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مبنی بر تایید ضریب انتقال حرارت، چگالی و ضخامت آن باشند، تهیه گردد.

## پیوست ۲: دستورالعمل نصب ویندوفیلم بر روی شیشه پنجره‌های ساختمان جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی

### هدف

هدف از اجرای این دستورالعمل صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق نصب ویندوفیلم بر روی شیشه پنجره‌های ساختمان می‌باشد.

### دامنه کاربرد

این دستورالعمل برای پنجره‌های جنوبی، غربی و شرقی ساختمان‌هایی که در شهرها و مناطق واقع در اقلیم‌های نیمه خشک، گرم و خشک، بسیار گرم و خشک و بسیار گرم و مرطوب مطابق با جداول پ-۲-۱ و ۲، کاربرد دارد.

**تبصره ۱:** این دستورالعمل برای پنجره‌های فضاهایی که فاقد سیستم سرمایش می‌باشند، کاربرد ندارد.
**تبصره ۲:** این دستورالعمل پنجره‌های ساختمان دارای سایبان منطبق بر الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان را شامل نمی‌شود.

**جدول پ۲-۱- مراکز استان واقع در اقلیم‌های مورد نظر در این دستورالعمل**

| ردیف | نام شهر | نوع اقلیم | ردیف | نام شهر | نوع اقلیم |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | اراک | نیمه خشک | ۱۱ | سمنان | نیمه خشک |
| ۲ | اصفهان | نیمه خشک | ۱۲ | شیراز | نیمه خشک |
| ۳ | اهواز | بسیار گرم و خشک | ۱۳ | قزوین | نیمه خشک |
| ۴ | ایلام | نیمه خشک | ۱۴ | قم | نیمه خشک |
| ۵ | بندرعباس | بسیار گرم و مرطوب | ۱۵ | کرج | نیمه خشک |
| ۶ | بوشهر | بسیار گرم و مرطوب | ۱۶ | کرمان | گرم و خشک |
| ۷ | بیرجند | نیمه خشک | ۱۷ | کرمانشاه | گرم و خشک |
| ۸ | تهران | نیمه خشک | ۱۸ | مشهد | نیمه خشک |
| ۹ | خرم آباد | گرم و خشک | ۱۹ | یاسوج | نیمه خشک |
| ۱۰ | زاهدان | گرم و خشک | ۲۰ | یزد | گرم و خشک |

اقلیم سایر شهرهای کشور را می‌توان از جدول پ-۲-۲ با داشتن اطلاعات آب و هوایی تعیین نمود، که چنانچه در اقلیم‌های فوق‌الذکر واقع می‌باشند، این دستورالعمل برای آنها کاربرد دارد.

**جدول پ۲-۲: دسته‌بندی اقلیمی شهرهای کشور**

| اقلیم | میانگین حداکثر دما در تابستان | میانگین رطوبت نسبی در تابستان | میانگین حداقل دما در زمستان | میانگین رطوبت نسبی در زمستان | نمونه شهر |
|---|---|---|---|---|---|
| **بسیار سرد** | ۳۰–۲۵ | ۵۵–۴۵ | ۵– تا ۱۰– | ۷۵–۶۵ | سراب |
| **سرد** | ۴۰–۳۵ | ۴۰–۲۵ | ۵– تا ۱۰– | ۷۵–۶۵ | تبریز |
| **معتدل و بارانی** | ۳۰–۲۵ | بیشتر از ۶۰ | ۰ تا ۵ | بیشتر از ۶۰ | رشت |
| **نیمه معتدل و بارانی** | ۳۵–۳۰ | بیشتر از ۵۰ | ۰ تا ۵ | بیشتر از ۶۰ | مغان |
| **نیمه خشک** | ۴۰–۳۵ | ۴۵–۲۰ | ۰ تا ۵ | ۶۰–۴۰ | تهران |
| **گرم و خشک** | ۴۵–۳۵ | ۲۰–۱۵ | ۰ تا ۵ | ۵۰–۳۵ | زاهدان |
| **بسیار گرم و خشک** | ۵۰–۴۵ | ۳۰–۲۰ | ۱۰–۵ | ۷۰–۶۰ | اهواز |
| **بسیار گرم و مرطوب** | ۴۰–۳۵ | بیشتر از ۶۰ | ۲۰–۱۰ | بیشتر از ۶۰ | بندر عباس |

## نحوه اجرا

جهت نصب ویندو فیلم بر روی پنجره‌های ساختمان به روش زیر اقدام می‌شود.

۱- متراژ شیشه‌های پنجره‌های مورد نظر مطابق با موارد ارائه شده در دامنه کاربرد این دستورالعمل، تعیین گردد.

۲- ویندو فیلم متناسب با متراژ شیشه‌ها و با مشخصات زیر تهیه گردد.

| عنوان | مشخصه |
|---|---|
| عبور نور مرئی | ۵۶% |
| بازتاب نور مرئی | ۲۸% |
| عبور انرژی خورشیدی | ۳۵% |
| بازتاب انرژی خورشیدی | ۳۱% |
| جذب انرژی خورشیدی | ۳۴% |
| کنترل UV | ۹۹% |
| کنترل IR | ۵۸% |
| ضریب انتقال حرارت $(W/m^2K)$ | ۶/۵ |
| میزان کل کنترل انرژی خورشیدی | ۵۸% |

۳- بعد از تهیه ویندو فیلم، نسبت به نصب آن بر روی شیشه‌ها از داخل ساختمان اقدام گردد، در هنگام نصب دقت شود که سطح آن بخوبی بر روی شیشه قرار گیرد و از ایجاد حباب و فاصله هوایی در زیر آن ممانعت بعمل آید.

**نحوه تهیه**

لازم است که ویندو فیلم متناسب با مشخصات ارائه شده از تامین‌کنندگان معتبر تهیه گردد.

## پیوست ۳: دستورالعمل تعیین رده انرژی ساختمان براساس قبوض

دستورالعمل حاضر در راستای تعیین رده انرژی ساختمان منطبق بر استاندارد ملی برچسب انرژی ساختمان به شماره ملی ۱۴۲۵۴ISIRI برای ساختمانهای اداری دولتی به سفارش مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز ایران و توسط مشاوران خدمات انرژی آریان بهسا تهیه گردیده است و دامنه کاربرد آن فقط برای ساختمان‌های مذکور می‌باشد. در این دستورالعمل به‌منظور تسهیل روند تعیین رده انرژی ساختمان‌ها، از محاسبات پیچیده و بهره‌گیری از نرم‌افزارهای تخصصی شبیه‌سازی انرژی ساختمان صرف‌نظر گردیده است و تنها به روش تعیین رده انرژی ساختمان براساس قبوض سالانه مصرف انرژی ساختمان اکتفا گردیده است. بدیهی است که این روش تخمین مناسبی از رده انرژی ساختمان ارائه می‌نماید ولی جهت تعیین رده دقیق انرژی ساختمان، همانگونه که در استاندارد ارائه شده است، بهره‌گیری از روابط محاسباتی جامع و یا نرم‌افزارهای شبیه‌سازی عملکرد انرژی ساختمان توصیه می‌گردد.
با استفاده از این دستورالعمل می‌توان رده انرژی ساختمان را در ۱۲ گام محاسباتی تعیین نمود که در ادامه هر یک از گام‌ها تشریح گردیده است.

**هدف:**
تعیین رده انرژی ساختمان منطبق بر استاندارد ملی برچسب انرژی ساختمان

**دامنه کاربرد:**
ساختمان‌های اداری شرکت ملی گاز ایران که میزان مصرف انرژی سالانه آن‌ها براساس قبوض و یا ثبت اطلاعات مصرف، موجود می‌باشد.

**نحوه اجرا:**
طرح حاضر مشتمل بر ده گام برای تعیین رده انرژی ساختمان می‌باشد و با انجام مراحل ذیل می‌توان رده انرژی ساختمان را تعیین نمود.

**گام ۱- اقلیم ساختمان:** اقلیم ساختمان براساس مشخصات آب و هوایی شهر تعیین می‌شود در جدول پ-۳-۱ اقلیم مراکز استان‌های کشور ارائه شده است.

**جدول پ۳- ۱: اقلیم‌بندی مراکز استان‌های کشور**

| ردیف | نام شهر | نوع اقلیم |
|---|---|---|
| ۱ | اراک | نیمه خشک |
| ۲ | اردبیل | بسیار سرد |
| ۳ | ارومیه | سرد |
| ۴ | اصفهان | نیمه خشک |
| ۵ | اهواز | بسیار گرم و خشک |
| ۶ | ایلام | نیمه خشک |
| ۷ | بجنورد | سرد |
| ۸ | بندرعباس | بسیار گرم و مرطوب |
| ۹ | بوشهر | بسیار گرم و مرطوب |
| ۱۰ | بیرجند | نیمه خشک |
| ۱۱ | تبریز | سرد |
| ۱۲ | تهران | نیمه خشک |
| ۱۳ | خرم آباد | گرم و خشک |
| ۱۴ | رشت | معتدل و بارانی |
| ۱۵ | زاهدان | گرم و خشک |
| ۱۶ | زنجان | سرد |
| ۱۷ | ساری | معتدل و بارانی |
| ۱۸ | سمنان | نیمه خشک |
| ۱۹ | سنندج | سرد |
| ۲۰ | شهرکرد | سرد |
| ۲۱ | شیراز | نیمه خشک |
| ۲۲ | قزوین | نیمه خشک |
| ۲۳ | قم | نیمه خشک |
| ۲۴ | کرج | نیمه خشک |
| ۲۵ | کرمان | گرم و خشک |
| ۲۶ | کرمانشاه | گرم و خشک |
| ۲۷ | گرگان | معتدل و بارانی |
| ۲۸ | مشهد | نیمه خشک |
| ۲۹ | همدان | سرد |
| ۳۰ | یاسوج | نیمه خشک |
| ۳۱ | یزد | گرم و خشک |

اقلیم سایر شهرهای کشور را می‌توان از جدول پ-۳- ۲ با داشتن اطلاعات آب و هوایی تعیین نمود.

**جدول پ۳-۲: دسته‌بندی اقلیمی شهرهای کشور**

| اقلیم | میانگین حداکثر دما در تابستان | میانگین رطوبت نسبی در تابستان | میانگین حداقل دما در زمستان | میانگین رطوبت نسبی در زمستان | نمونه شهر |
|---|---|---|---|---|---|
| بسیار سرد | ۲۵–۳۰ | ۴۵–۵۵ | ۵– تا ۱۰– | ۶۵–۷۵ | سراب |
| سرد | ۳۵–۴۰ | ۲۵–۴۰ | ۵– تا ۱۰– | ۶۵–۷۵ | تبریز |
| معتدل و بارانی | ۲۵–۳۰ | بیشتر از ۶۰ | ۰ تا ۵ | بیشتر از ۶۰ | رشت |
| نیمه معتدل و بارانی | ۳۰–۳۵ | بیشتر از ۵۰ | ۰ تا ۵ | بیشتر از ۶۰ | مغان |
| نیمه خشک | ۳۵–۴۰ | ۲۰–۴۵ | ۰ تا ۵ | ۴۰–۶۰ | تهران |
| گرم و خشک | ۳۵–۴۵ | ۱۵–۲۰ | ۰ تا ۵ | ۳۵–۵۰ | زاهدان |
| بسیار گرم و خشک | ۴۵–۵۰ | ۲۰–۳۰ | ۵–۱۰ | ۶۰–۷۰ | اهواز |
| بسیار گرم و مرطوب | ۳۵–۴۰ | بیشتر از ۶۰ | ۱۰–۲۰ | بیشتر از ۶۰ | بندر عباس |

**گام ۲- شاخص ساختمان ایده‌آل:** بعد از تعیین اقلیم ساختمان، شاخص مصرف انرژی ساختمان ایده‌آل برحسب $kWh/m^2 yr$ از جدول پ-۳-۳ تعیین می‌شود.

**جدول پ۳-۳: شاخص مصرف انرژی ساختمان ایده‌آل ( $kWh/m^2 yr$ )**

| اقلیم | شاخص مصرف انرژی |
|---|---|
| بسیار سرد | ۸۰ |
| سرد | ۸۰ |
| معتدل و بارانی | ۶۴ |
| نیمه معتدل و بارانی | ۶۴ |
| نیمه خشک | ۷۴ |
| گرم و خشک | ۶۴ |
| بسیار گرم و خشک | ۸۶ |
| بسیار گرم و مرطوب | ۹۱ |

**گام۳- زیربنای مفید ساختمان:** مجموع زیربنای طبقات و فضاهای مختلف ساختمان را تعیین کنید. قابل ذکر است تمامی فضاهای داخلی ساختمان به غیر از فضاهای فاقد کاربری اداری که در ارتباط با هوای تهویه شده و یا گرم و سرد شده نمی‌باشند نظیر زیرزمین فاقد کاربری اداری، پارکینگ و موتورخانه واقع در زیرزمین به عنوان زیربنای مفید در نظر گرفته می‌شود.

**گام ۴- مصرف برق سالانه ساختمان:** مصرف برق سالانه ساختمان برحسب kWh از مجموع برق مصرفی در دوره‌های مختلف مندرج در قبوض برق بدست می‌آید.

**گام ۵- مصرف گاز سالانه ساختمان:** مصرف گاز سالانه ساختمان برحسب $m^3$ از مجموع مصارف گاز در دوره‌های مختلف مندرج در قبوض گاز بدست می‌آید.

**گام ۶- مصارف جانبی:** جهت تعیین مصارف جانبی، تعداد هر یک از تجهیزات مندرج در جدول پ-۳-۴ را تعیین و در محل آن ثبت نمایید. سپس حاصل‌ضرب اعداد مندرج در یک ردیف را محاسبه و در ستون مصرف سالانه جدولپ-۳-۴ درج نمایید. مجموع اعداد مندرج در ستون مصرف سالانه، بیانگر مصارف جانبی برق ساختمان در یک سال برحسب kWh می‌باشد.

**جدول پ۳-۴: تعیین مصارف جانبی برق برحسب (kWh)**

| ردیف | تجهیز | تعداد | توان (kW) | کارکرد روزانه (ساعت) | روزهای کارکرد | مصرف سالانه (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | کامپیوتر | | ۰/۲ | ۸ | ۲۵۰ | |
| ۲ | سرور | | ۴ | ۲۴ | ۳۶۵ | |
| ۳ | چاپگر | | ۰/۲۵ | ۳ | ۲۵۰ | |
| ۴ | نمابر | | ۰/۴ | ۲ | ۲۵۰ | |
| ۵ | کپی | | ۱ | ۲ | ۲۵۰ | |
| ۶ | اسکنر | | ۰/۳۵ | ۲ | ۳۵۰ | |
| | مجموع مصارف جانبی برق در یک سال (kWh) | | | | | |

**گام ۷- مصرف خالص برق سالانه:** با تفکیک مصرف برق سالانه ساختمان (گام ۴) از مصارف جانبی (گام ۶) مصرف خالص برق ساختمان (مصرف برق ساختمان به غیر از تجهیزات اداری) بدست می‌آید.

**گام ۸- گاز مصرفی نرمال برحسب (kWh):** جهت تعیین گاز مصرفی نرمال برحسب kWh لازم است که مصرف گاز سالانه ساختمان (گام ۵) را در دو ضریب ۰/۲۷۸ و ۳۷/۶۸ ضرب نمایید.

**گام ۹- انرژی اولیه برق مصرفی برحسب (kWh):** جهت تعیین انرژی اولیه برق مصرفی لازم است که مصرف برق خالص سالانه (گام ۷) در عدد ۳/۷ ضرب گردد.

**گام ۱۰- شاخص مصرف انرژی ساختمان برحسب ($kWh/m^2\ yr$):** شاخص مصرف انرژی ساختمان از مجموع اعداد بدست آمده برای گاز مصرفی نرمال (گام ۸) و انرژی اولیه برق مصرفی (گام ۹) تقسیم بر زیربنای مفید ساختمان (گام ۳) محاسبه می‌شود.

**گام ۱۱- نسبت انرژی ساختمان:** نسبت انرژی ساختمان از تقسیم شاخص مصرف انرژی ساختمان (گام ۱۰) به شاخص ساختمان ایده‌آل (گام ۲) بدست می‌آید.

**گام ۱۲- رده انرژی ساختمان:** رده انرژی ساختمان براساس مقدار بدست آمده برای نسبت انرژی ساختمان (گام ۱۱) و مقایسه آن با بازه‌های ارائه شده در جدول ۵ مشخص می‌گردد.

**جدول پ۳-۵: رده انرژی ساختمان**

| ساختمان | رده مصرف انرژی |
|---|---|
| نسبت انرژی ساختمان بین صفر و یک | A |
| نسبت انرژی ساختمان بین یک و دو | B |
| نسبت انرژی ساختمان بین دو و سه | C |
| نسبت انرژی ساختمان بین سه و چهار | D |
| نسبت انرژی ساختمان بین چهار و پنج | E |
| نسبت انرژی ساختمان بین پنج و شش | F |
| نسبت انرژی ساختمان بین شش و هفت | G |
| نسبت انرژی ساختمان بیشتر از هفت | برچسب تعلق نمی‌گیرد |

## منابع و مآخذ


• سازمان ملی استاندارد ایران، ساختمان‌های غیر مسکونی- تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی، تهران، ۱۳۹۱.
• سازمان ملی استاندارد ایران، ساختمان‌های مسکونی- تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی، تهران، ۱۳۹۱.
• گزارش عملکرد شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور در بخش ساختمان (۱۳۸۷-۱۳۷۹).
• برچسب انرژی ساختمان، گزارش داخلی مشاوران خدمات انرژی آریان بهسا، ۱۳۹۲.

• European Commission (DG Energy)(2013), Energy performance certificates in buildings and their impact on transaction prices and rents in selected EU countries, FINAL REPORT
• Fowler KM, Rauch EM. (2006), Sustainable building rating systems summary. (The Pacific Northwest National Laboratory) operated for the U.S. Department of Energy by Battelle, PNNL-15858,
• IEA - International Energy Agency (2010), Energy Performance Certification of Buildings, A policy tool to improve energy efficiency
• Improving the energy efficiency of our buildings A guide to display energy certificates and advisory reports for public buildings, 2012
• Light House Sustainable Building Centre (2013), Energy Labeling for Commercial Buildings in Canada
• Robert N. Stavins, Todd Schatzki, and Jonathan Borck1 (2013), An Economic Perspective on Building Labeling Policies
• www.behsa.ir
• www.EnMs.ir
• www.ifco.ir
• www.saba.org