

فهرست

فصل اول	انرژی و انواع آن	۲
1-1	اثر گلخانه ای	۳
2-1	تعریف انرژی	۵
3-1	انواع انرژی	۵
1-3-1	انرژی اولیه	۶
4-3-1	انرژی های تجدید پذیر	۷
4-1	اصل اساسی درباره انرژی (اصل بقای انرژی)	۷
5-1	مفهوم لغوی انرژی	۸
6-1	انواع انرژی از نقطه نظر قابلیت تبدیل به کار مکانیکی	۸
1-6-1	Ordered Energy انرژی های منظم	۸
2-6-1	Disorder Energy انرژی های نامنظم	۹
فصل دوم	صرفه جویی انرژی	۱۰
1-2	اقدامات صرفه جویی انرژی در ساختمان ها	۱۱
2-2	فرآیند انتقال انرژی از تولید تا مصرف	۱۲
3-2	وظایف مدیریت انرژی	۱۳
5-2	Energy Audit تعریف ممیزی انرژی	۱۵
6-2	ماتریس مدیریت انرژی	۱۹
7-2	مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت ساختمان	۲۱
1-7-2	نقش فرهنگ در کاهش مصرف انرژی در ساختمانها	۲۱
2-7-2	نقش طراحی گیاهان خانگی در کاهش مصرف انرژی خانگی	۲۲
3-7-2	تأثیرات سیستم گرمایش همرفت اجباری در صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمانها	۲۴
4-7-2	عایقکاری حرارتی ساختمان	۲۷
5-7-2	اجزاء عایقکاری	۲۹
فصل 3	مبانی صرفه جویی انرژی حرارتی و احتراق	۳۳

1-3 احتراق.....	۳۴
2-3 واکنش های سوخت و احتراق.....	۳۶
3-3 دیگها Boilers.....	۳۸
1-3-3 بازده حرارتی یاراندمان دیگ.....	۳۸
2-3-3 راهکارهای افزایش راندمان دیگ.....	۳۹
4-3 سیستم های تولید همزمان برق و حرارت CHP.....	۴۱
فصل 4 مدیریت هوشمند ساختمان	۴۸
1-4 اهداف بکارگیری سیستم مدیریت ساختمان.....	۴۹
2-4 عملکرد ساختمان هوشمند.....	۵۰
3-4 اجزای یک ساختمان هوشمند ایده آل.....	۵۳
فصل 5 سوخت ها و مشعلها	۷۳
1-5 گاز طبیعی (گاز لوله).....	۷۴
2-5 LPG یا گاز مایع پالایشی.....	۷۵
3-5 نفت کوره (مازوت).....	۷۵
4-5 زغالسنگ.....	۷۷
5-5 انتخاب سوخت.....	۷۸

فصل اول

انرژی و انواع آن

مقدمه :

با آغاز انقلاب صنعتی در اوایل قرن نوزدهم میلادی و رشد روز افزون تحولات بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی نظیر زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید گازهایی مانند دی‌اکسید کربن (CO_2) در جو شده است. مدل‌های جوی پیش‌بینی می‌کنند که تا سال 2100، دمای کره زمین از 1 تا $5/3$ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت که این مقدار بیش از تغییرات دمایی 1000 سال گذشته خواهد بود.

1-1 اثر گلخانه‌ای

تابش‌های خورشیدی پس از عبور از فضا به زمین و اتمسفر رسیده و قسمت اعظم آن توسط کره زمین جذب می‌شود. کره زمین پس از گرم شدن، امواج گرم را به صورت تابش‌های فرد سرخ به فضا باز می‌تابد. قسمتی از این تابش‌های فرو سرخ از اتمسفر عبور می‌کند و قسمتی دیگر توسط گازهای گلخانه‌ای موجود در اتمسفر جذب در سطح زمین بازتابنده می‌شود.



گازهای گلخانه‌ای موجود در جو زمین، کسری از انرژی خورشیدی رسیده به زمین را در داخل اتمسفر نگه می‌دارند و دمای زمین در اثر این انرژی در حد مناسبی ثابت باقی می‌ماند. این عمل گازهای گلخانه‌ای را اثر

گلخانه‌ای می‌نامند. لازم به ذکر است که اگر اثر گلخانه‌ای در اتمسفر زمین وجود نداشت، دمای کره زمین حدود 15/5 درجه سانتی‌گراد نسبت به حال کمتر می‌شد و عصر یخبندان دیگری را رقم می‌زد.

همچنین در صورتی که موجودی گازهای گلخانه‌ای در داخل اتمسفر، زیاده‌تر از حد متعارف شود، موازنه انرژی زمین به هم می‌خورد و انرژی در داخل اتمسفر زمین باقی می‌ماند. انرژی بیشتر، گرم شدن زمین را به دنبال خواهد داشت. بخار آب (H_2O)، دی‌اکسید کربن (CO_2)، اکسید نیترو (N_2O)، متان (CH_4)، ازن (O_3)، کلروفلوئوروکربن‌ها (CFC_2)، هیدروفلوئوروکربن‌ها (HFCs) و پرفلوئوروکربن‌ها (PFCs) گازهای گلخانه‌ای نام دارند. تمامی این گازها در ایجاد پدیده گلخانه‌ای در جو زمین نقش دارند و در این میان بخار آب و دی-اکسید کربن مجموعاً 90 درصد از سهم گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهند.

گرم شدن زمین چه عواملی به دنبال دارد؟

برخی پیامدهای شناخته شده ناشی از تغییر آب و هوا عبارتند از:

- بالا آمدن سطح آب دریاها و کاهش منابع آب شیرین
- تغییرات آب و هوای منطقه‌ای در عرض‌های بالا و نیمکره شمالی
- تغییر در میزان بارش باران و جهت وزش باد
- افزایش بلایای طبیعی مانند طوفان، گردباد و سیل
- افزایش میزان خشکسالی و توسعه مناطق بیابانی
- افزایش آلودگی هوا در برخی مناطق در اثر افزایش بادهای گرم
- اثر احتمالی بر گسترش بیماری‌هایی نظیر مالاریا

2-1 تعریف انرژی

انرژی توانایی و قابلیت انجام دادن کار از سوی انسان و یا سایر اشیاء و اجسام است. به انرژی کارمایه نیز گفته می‌شود. از دیدگاه علمی می‌توان گفت:

انرژی میزان توانایی است که در زمان معین برای انجام یک کار صرف می‌شود.

وقتی چیزی را از زمین بر می‌دارید، یا دری را باز می‌کنید، یا کلمه ای را می‌نویسید، یا دوچرخه سواری می‌کنید، نیرو به کار می‌برید. اگر درباره تمام مواردی که نیرو به کار می‌برید کمی تأمل کنید، متوجه خواهید شد که بدون انرژی زندگی امکان پذیر نخواهد بود و آن وقت شما نسبت به مصرف آن این قدر بی تفاوت و بی ملاحظه هستید ...؟

وقتی جسمی را به حرکت در می‌آورید نیرو به کار می‌برید ولی همیشه به کار بردن نیرو موجب حرکت نمی‌شود و آن زمانی است که شما با وجود مصرف نیرو از انجام کاری ناتوان باشید. مثل زمانی که شما بخواهید سنگ بسیار بزرگی را بکشید یا برانید و سنگ هیچ گونه حرکتی نکند. اما سنگ چه حرکت کند و چه نکند شما از انرژی و یا به عبارتی از نیرو استفاده کرده اید.

3-1 انواع انرژی

یکی از تقسیم بندی های انرژی بر اساس حامل های انرژی انجام می گیرد.

منظور از حامل های انرژی، ماده ای است که انرژی را در خود ذخیره می کند، این مواد معمولاً پس از یک یا چند بار تغییر شکل دادن به صورت یک حامل نهایی یا یک انرژی نهایی در می آیند که به مصرف کننده می‌رسند حامل های انرژی را می‌توان به 2 گروه تقسیم کرد:

1-3-1 انرژی اولیه

یعنی نوعی از انرژی که هنوز به نوع دیگری تبدیل نشده است. این انرژی بدست آمده از موادی هستند که به طور طبیعی وجود دارند. از جمله می‌توان از نفت خام، گاز طبیعی و زغال سنگ نام برد که مستقیماً از درون زمین بیرون می‌آیند و انسان در ساخت آن‌ها دخالتی ندارد.

1-3-2 انرژی ثانویه

این نوع انرژی زمانی به دست می‌آید که شما نوعی از انرژی را یکبار یا چند بار تبدیل کنید. به عبارت دیگر آن دسته از انرژی‌هایی که از حاملان انرژی اولیه به دست می‌آیند را انرژی ثانویه گویند. مثل تبدیل نفت خام به بنزین و سایر فرآورده‌های نفتی و پالایش نفت و گاز و تبدیل آن‌ها به سوخت نفتی برای راه اندازی موتورهایی که انرژی بخار یا برق ایجاد می‌کنند. تقریباً تمام وسایل که انسان در زندگی روزمره از آنها استفاده می‌کند، نیازمند انرژی‌های ثانویه هستند. به همین دلیل است که ساختن پالایشگاه و نیروگاه‌های برقی و همچنین سدهای بزرگ از اقدام‌های زیر بنایی و مهم در اقتصاد یک کشور به حساب می‌آیند. انرژی اولیه خود به 2 گروه انرژی‌های تجدید ناپذیر و تجدید پذیر تقسیم بندی می‌شوند:

1-3-3 انرژی‌های تجدید ناپذیر یا فسیلی

انرژی فسیلی به نوعی از انرژی اطلاق می‌شود که محصول انباشته شدن فسیل موجودات پیشین در اعماق زمین است. موجوداتی که چندین سال پیش می‌زیسته‌اند و در اعماق زمین به تدریج تجزیه شده و به موادی تبدیل شده‌اند که امروز شما می‌توانید با حفر زمین به آن‌ها دست پیدا کنید. این مواد معمولاً در عمق خیلی زیادی هستند و برای رسیدن به آن‌ها باید چاه‌های خیلی عمیق حفر کرد. نفت خام و زغال سنگ در گروه انرژی‌های فسیلی قرار می‌گیرند. ایران با ظرفیت حدود 138 میلیارد بشکه هیدروکربور مایع، پس از عربستان دومین منبع

اصلی ذخیره این فرآورده در جهان می باشد، همچنین با ظرفیتی حدود 27 تریلیون متر مکعب گاز طبیعی پس از

روسیه دومین منبع اصلی ذخیره این فرآورده در جهان می باشد، همچنین:

- بیش از 50% تولید ناخالص ایران نفت می باشد.
- بیش از 80% صادرات ایران نیز از نفت می باشد.
- حدود 75% کل منابع نفت موجود جهان در خاورمیانه قرار دارد.

تمامی این آمار حاکی از این موضوع است که نقش نفت در اقتصاد ایران تا چه میزان تأثیر گذار است و نفت در

مناسبات سیاسی کشور ما در کنار اقتصاد داخلی اصلی ترین نقش را ایفا می کند.

1-3-4 انرژی های تجدید پذیر

به انواعی از انرژی می گویند که برخلاف انرژی های تجدید ناپذیر قابلیت بازگشت مجدد را به

طبیعت دارند. به انرژی حاصل از باد، آب، خورشید، بیوگاز، انرژی زمین گرمایی، انرژی اقیانوس،

انرژی طبیعی یا تجدید پذیر می گویند.

1-4-1 اصل اساسی درباره انرژی (اصل بقای انرژی)

اصل بقای انرژی به ما می گوید که مقدار انرژی همواره ثابت است و این بهره وری ماست که متغیر می باشد و

مبحث صرفه جویی انرژی روی همین موضوع تأکید دارد. مفهوم این اصل آن است که انرژی هیچ گاه نابود

نمی شود و بوجود نمی آید بلکه تنها تغییر شکل می دهد و از گونه ای به گونه دیگر تبدیل می شود. به همین

دلیل است که به جای انرژی از تبدیل انرژی و به جای دستگاه مولد انرژی معمولاً از اصلاح دستگاه مبدل انرژی

سخن می گویند. دستگاه مبدل انرژی همانگونه که از نامش پیدا است شکلی از انرژی را به شکل دیگر تبدیل

می کند. (انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی)

5-1 مفهوم لغوی انرژی

Exergy $\equiv$ ex (outer یا در زبان یونانی خارجی) + ergos (کار یا نیرو خارجی)

Energy $\equiv$ en (internal یا داخلی) + ergos (کار یا نیرو)

مفهوم فیزیکی انرژی:

در ترمودینامیک و مباحث انرژی، انرژی یا قابلیت کاردهی عبارت است که حداکثر کار محوری مفید که از مقدار مشخصی انرژی در دسترس حاصل می‌شود. به عبارت دیگر انرژی بخشی از انرژی است که قابل تبدیل به کار مکانیکی می‌باشد.

$$(E) = \underbrace{Ex \text{ (انرژی)}}_{\text{بخش مفید انرژی}} + \underbrace{A \text{ (Anergy)}}_{\text{بخش غیر مفید انرژی}}$$

برای لحاظ کردن اختلاف در کیفیت انرژی‌های نامنظم گوناگون نیاز به یک استاندارد کیفیت جامع داریم. این استاندارد جامع بر مبنای حداکثر کار قابل استحصال از مقدار مشخصی انرژی است که بر مبنای پارامترهای محیطی مشخص می‌شود. این استاندارد مرجع برای کیفیت انرژی، انرژی نامیده می‌شود. بنابراین انرژی مبنای کیفیت انرژی می‌باشد.

6-1 انواع انرژی از نقطه نظر قابلیت تبدیل به کار مکانیکی

1-6-1 انرژی‌های منظم Ordered Energy

این نوع انرژی قابلیت تبدیل 100% به کار مکانیکی را دارا می‌باشند. تمام ذرات و اجزاء سیستم در این نوع انرژی در یک جهت تولید کار می‌کنند مانند انرژی پتانسیل که به صورت میدان‌های نیروی جاذبه، الکتریسیته

و یا مغناطیس بروز می‌دهد. انرژی جنبشی ساختار یافته که در آن ذرات تشکیل دهنده سیستم در جهات موازی با یکدیگر اندازه گیری می‌شوند. (برخلاف انرژی جنبشی مولکولی یا انرژی داخلی)

خصوصیات انرژی منظم :

- 1- در صورت تبدیل از یک نوع انرژی منظم به نوعی دیگر از انرژی منظم در یک فرآیند بازگشت پذیر این تبدیل به صورت صد در صد صورت می‌گیرد .
- 2- انتقال انرژی منظم از یک سیستم به سیستم دیگر خود را در مرز تماس بین دو سیستم به صورت کارنمایان می‌سازد.
- 3- انتقال بازگشت پذیر انرژی منظم بین دو سیستم بدون افزایش انتروپی سیستم‌های در ارتباط با هم صورت می‌گیرد. و این انتقال فقط به کمک قانون اول ترمودینامیک و بدون نیاز به قانون دوم صورت می‌گیرد.
- 4- در محاسبات مربوط به انتقال انرژی خصوصیات محیط وارد محاسبات نمی‌شود.

1-6-2 انرژی‌های نامنظم Disorder Energy

تبدیل انرژی‌های نامنظم به منظم به صورت 100% صورت نمی‌گیرد. به عبارت دیگر تمام ذرات سیستم در این انرژی‌ها در یک جهت تولید کار نمی‌کنند.

انقسام انرژی نامنظم عبارتند از : حرارت ، انرژی هسته‌ای ، تابش ، شیمیایی و ...

فصل دوم

صرفه جویی انرژی

1-2 اقدامات صرفه جویی انرژی در ساختمان ها

به طور کلی اقدامات صرفه جویی انرژی در ساختمان ها را می توان به صورت زیر گروه بندی کرد :

- اقدامات سازمانی (مصرف و کاربرد انرژی و غیره ...)
- اقدامات مربوط به نوع دستگاه های مصرف کننده انرژی
- اقدامات در خصوص انتخاب نوع پوشش و نحوه عایق کاری ساختمان

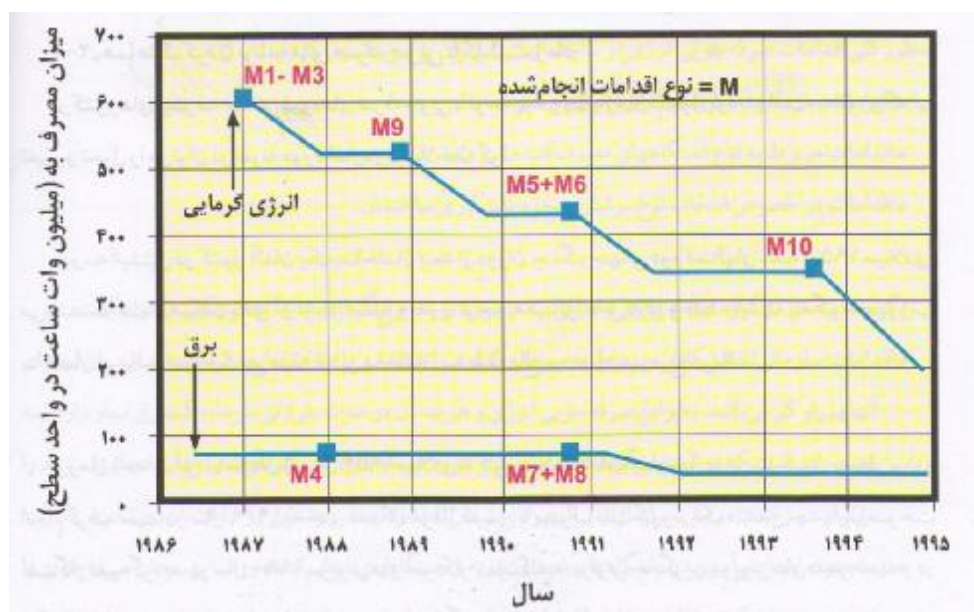
اقدامات سازمانی مشکلات مربوط به سرمایه گذاری را نداشته و یا میزان منابع مالی مورد نیاز برای اجرای آن ها

بسیار کم می باشد بنابراین صرفه جویی انرژی و هزینه آن در مدت طولانی به سرمایه کمتری نیاز دارد. به همین

دلیل است که در ابتدا اینگونه اقدامات بیشتر مورد توجه قرار می گیرند. نمونه هایی در این مورد را می توان در

زمینه آموزش سرایداران و یا بهبود بخشیدن به نحوه ایجاد روشنایی در ساختمان ها برشمرد.

مثال) مدرسه انیشتین در کشور آلمان که از سال 1986 رسماً مدیریت انرژی در آن به اجرا در آمد.



M₁: تهیه راهنمای استفاده از دستگاه ها در هنگام تعطیلی مدرسه و زنگ های استراحت بین ساعات درسی

M₂: انجام تعمیرات و بهسازی دستگاه های تهویه و تهیه دستورالعمل تنظیم دستگاه ها در مواقع مورد نیاز

M₃: خلاصه کردن زمان جلسات و بهره گیری مناسب از آنها

M₄: خاموش کردن روشنایی‌ها در هنگام عدم نیاز

M₅: تفکیک بخش‌ها بر اساس دماهای مختلف

M₆: تعویض دیگ بخار نفت سوز با نوع گاز سوز

M₇: به کارگیری دستگاه‌های قابل تنظیم از نظر فشار

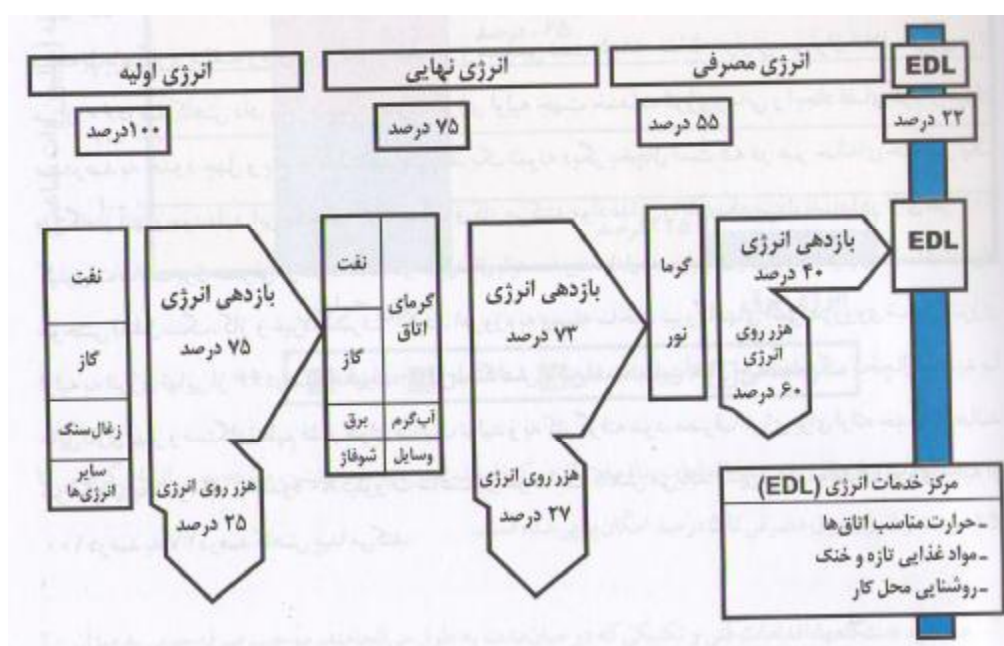
M₈: تعویض سیم کشی و استفاده از آنها در جریانهای دو یا سه طرفه

M₉: تعمیر سقف مسطح با عایق کاری

M₁₀: اجرای عایق کاری میانی دیوار خارجی با قطری مناسب

2-2 فرآیند انتقال انرژی از تولید تا مصرف

نمودار زیر مثالی از فرآیند انرژی را نشان می‌دهد که در آن روش انتقال، جابجایی و تبدیل انرژی از ابتدا تا مرحله نهایی مصرف و خدمات مربوط به عرضه آن به مصرف کنندگان نهایی به وضوح مشخص گردیده است. در این شکل انرژی اولیه در قسمت چپ، انرژی نهایی در قسمت وسط و انرژی مصرفی در سمت راست نشان داده شده است.



مشاهده می‌شود که معمولاً از 100% انرژی اولیه فقط 22% آن به عنوان انرژی نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و 78% بقیه از روی انرژی صورت می‌گیرد که البته قسمتی از آن قابل پیشگیری می‌باشد. به کمک این نمودار به طور واضح روشن می‌گردد که انرژی تا زمانی که به دست مصرف کننده به شکل تولید گرما (حرارت)، سرما یا روشنایی برسد، راهی طولانی را طی می‌کند.

3-2 وظایف مدیریت انرژی

شرح وظایف	محدوده وظایف
- ثبت مصرف انرژی - تهیه برنامه مصرف انرژی در ارتباط با شرایط آب و هوا - محاسبه هزینه های مصرف انرژی و انجام اقدامات صرفه جویی	کنترل مصرف انرژی
- ثبت اطلاعات مهم ساختمانی - اعلام کد شناسایی انرژی - تشخیص کلی و عمده در مورد شرایط ساختمان - تشخیص دقیق و جزئی در مورد ساختمان	مطالعه نوع ساختمان
- تنظیم کردن فهرستی از اولویت ها - زمان بندی و فعالیت های تعمیراتی - تنظیم برنامه های مالی - مشورت در مورد طراحی و نوسازی	طراحی اقدامات صرفه جویانه
- کنترل و دقت در عملیات - مشورت با افراد ساکن ساختمان ، کنترل و بازبینی فعالیت آنها	راهنمایی و هدایت افراد برای طرز کار با دستگاه های مختلف
- بررسی و کنترل قراردادهای خرید انرژی	تهیه و تأمین انرژی
- بهره گیری از ساختمان به نحو مطلوب - ایجاد انگیزه در استفاده کنندگان از ساختمان	بهینه سازی نحوه استفاده از ساختمان
- مشورت کردن و کنترل فعالیت ها - بهبود بخشیدن نحوه فعالیت ها	همراهی کردن با اقدامات سرمایه گذاری
- آموزش و انگیزه دادن به استفاده کنندگان از ساختمان - ادامه آموزش افراد مستقر در ساختمان و یا پرسنل سازمانی - تهیه گزارش - تبادل تجارب و اطلاعات	ارتباط با سایر بخش ها

4-2 شدت انرژی Energy intensity

شاخص شدت انرژی از تقسیم مصرف نهایی انرژی به تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌شود و نشانگر این است که برای تولید مقدار معینی از کالا و خدمات چه مقدار انرژی به کار رفته است.

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{کل انرژی مصرفی}}{\text{کل تولید}}$$

میزان شدت عرضه انرژی در ایران (بر مبنای نرخ ارز) حدود 2 برابر خاورمیانه و حدود 4 برابر متوسط جهانی است. در کشور ما بخش خانگی و تجاری با مصرف بیش از 40 درصد از انرژی نسبت به صنعت که فقط 27 % مصرف انرژی متعلق به آن است، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده، این در حالی است که در کشورهای در حال توسعه دیگر نظیر چین، هند، اندونزی، مالزی و پاکستان بخش صنعت 34 % و بخش خانگی 21 % از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده و این الگوی نامناسب مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری است که ضرورت امر ممیزی انرژی در ساختمان‌ها را تداعی می‌سازد.

شاخص مصرف انرژی ویژه: specific energy consumption factor

به منظور مقایسه و بر آورد چگونگی مصرف انرژی در یک واحد صنعتی یا ساختمانی، به معیاری نیاز است تا بتوان به کمک آن پتانسیل‌های صرفه جویی در آن بخش را تعیین کرد.

$$SEC = \frac{\text{کل مصرف انرژی واحد صنعتی در سال}}{\text{تعداد محصولات تولیدی (تناژ تولید و...) یا واحد مساحت ساختمان}}$$

واحدهای انرژی:

$$1 \text{ BTU} = 1/055 \times 10^3 \text{ (j)}$$

$$1 \text{ CAI} = 4/2 \times 10^3 \text{ (j)}$$

$$1 \text{ toe} = 4/5 \times 10^{10} \text{ (j)}$$

2-5 تعریف ممیزی انرژی Energy Audit

ممیزی انرژی مجموعه اقداماتی است که جهت شناسایی، چگونگی، مقادیر و موقعیت های مصرف انرژی در یک فعالیت یا فرآیند انجام و در طی آن فرصت‌ها و امکانات صرفه جویی انرژی مشخص شده و ارزیابی می‌گردد. در اصل ممیزی انرژی مقایسه " آنچه که هست " و " آنچه که باید بشود " بوده و بر پایه مقایسه وضعیت موجود با مطلوب و شاخص های عملکرد انرژی در ساختمان تعریف می‌شود.

لذا می‌توان چنین بیان داشت که ممیزی انرژی زیر بخشی از مدیریت انرژی ساختمان است که شامل فعالیت های زیر می‌باشد:

- ü شناخت وضع موجود مصرف انرژی در ساختمان
- ü طراحی وضع مطلوب مصرف انرژی در ساختمان
- ü برنامه ریزی اجرای فعالیت های گذرا به وضع مطلوب مصرف انرژی در ساختمان

اجرای ممیزی انرژی:

- 1- اطلاعات ضبط و یا اندازه گیری مصرف انرژی
- 2- تشخیص اجزاء پر مصرف در انرژی
- 3- شرح تفصیلی داده های مورد نیاز
- 4- محاسبه بالانس جرم و انرژی برای به دست آوردن تلفات انرژی
- 5- دسته بندی موقعیت های ذخیره سازی انرژی
- 6- تخمین پتانسیل های صرفه جویی برای هر یک از موقعیت ها
- 7- بر آورد هزینه طرح ها
- 8- تعیین اولویت توصیه شده صرفه جویی مصرف انرژی

انواع سطوح ممیزی انرژی

1- ممیزی انرژی مقدماتی (Walk – Through Energy Audit)

2- ممیزی انرژی جامع یا تفصیلی (Detailed Energy Audit)

الویت ها در ممیزی انرژی:

با توجه به ارزیابی عملکرد جاری، الویت ها در ممیزی انرژی را می توان تعیین کرد. معمولاً انرژی با حداکثر هزینه ها را باید الویت داد. با توجه به معیارهای استاندارد نیز بایستی امکانات بالقوه صرفه جویی را مشخص کرد. ممکن است اولویت ها را به زمینه هایی داد که صرفه جویی با حداقل هزینه و تلاش عملی شود. در حالیکه ممیزی بایستی هدف خود را بر تعیین روش های صرفه جویی که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است استوار نماید، نباید بیش از آنچه که با توجه به صرفه جویی احتمالی توجیه پذیر است، وارد جرئیات شود. همیشه بایستی هزینه ممیزی را در ارتباط با صورت حساب های انرژی و حدود بالقوه کاهش هزینه های انرژی مورد توجه قرار داد.

محاسبات اقتصادی

انجام یک اقدام و یا مجموعه ای از اقدامات در زمینه صرفه جویی زمانی اقتصادی می باشند، که هزینه اجرای آن کمتر از در آمد حاصله باشد.

اقداماتی که پس از مدت زمانی کمی مورد بهره برداری قرار می گیرند در مقایسه با اقداماتی که در بلند مدت اقتصادی هستند، ترجیح داده می شوند. زمان های صرف سرمایه می توانند به طریق زیر ارزیابی شوند.

کوتاه مدت: زمان صرف سرمایه تا 5 سال

میان مدت: زمان صرف سرمایه از 6 تا 10 سال

دراز مدت: زمان صرف سرمایه بیش از 11 سال

محاسبه اقتصادی ساکن و پویا :

در محاسبه اقتصادی ساکن هزینه‌های کنونی جهت سرمایه‌گذاری و انرژی با یکدیگر مقایسه می‌شوند در محاسبه اقتصادی پویا هزینه‌های سرمایه‌گذاری به انضمام کارمزد سرمایه (بهره) به عنوان هزینه سرمایه‌گذاری در نظر گرفته می‌شوند. در این خصوص افزایش بهای انرژی نیز در محاسبات مربوط به هزینه‌های انرژی در نظر گرفته می‌شود. محاسبه پویا نسبت به محاسبه ساکن از مزیت بیشتری برخوردار است.

(مثال) به منظور صرفه جویی انرژی بام طبقه بالایی یک ساختمان عایق کاری شد. کل هزینه سرمایه‌گذاری در سال 4 میلیون تومان محاسبه گردید. با این اقدام سالانه 70 مگاوات ساعت انرژی صرفه جویی شده است. چنانچه هر کیلووات ساعت انرژی 70 ریال بر آورد شده باشد، زمان صرف سرمایه را محاسبه کنید ؟

$$\frac{\text{هزینه سرمایه گذاری}}{\text{هزینه صرفه جویی}} = \frac{40,000,000 \text{ Rial}}{(70 \times 10^3) \text{ kWh} \times 70 \left(\frac{\text{Rial}}{\text{kWh}}\right)} = \frac{400}{49} = 8.16 \text{ year}$$

تأمین بودجه :

به چند روش می‌توان بودجه لازم جهت پروژه ها را تأمین نمود:

1- به صورت داخلی

در این روش، سرمایه‌گذاری مورد نیاز از طریق بودجه معمولی شرکت تأمین می‌گردد. از آنجا که سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز در خصوص صرفه جویی در مصرف انرژی را معمولاً به عنوان فعالیت‌های تجاری در نظر نمی‌گیرند، توجیه اقتصادی پروژه ها باید به گونه ای باشد تا در تأمین بودجه آن ها در مقابل نیازهای متعدد مالی دیگر، اشکال ایجاد نگردد. بعضی از سازمان ها بودجه سالانه به خصوصی را جهت پروژه های مربوط به بهره وری انرژی تخصیص می‌دهند.

حق تقدم در این گونه موارد با توجه به اعتبارات تخصیص یافته و صرفه جویی قابل حصول، ارزیابی و تعیین می‌گردد. با وجود این، در صورت وجود دقت، ممکن است که با استفاده از بخشی از صرفه جویی قابل حصول

از پروژه های کم هزینه یا بدون هزینه جهت تأمین بودجه مورد نیاز پروژه های بعدی، یک برنامه بهره وری انرژی را کاملاً خود کفا نمود.

2- به صورت خارجی

در این روش، سرمایه گذاری مورد نیاز به صورت وام مستقیم و یا به صورت پیچیده تر که در آن وام از طریق صرفه جویی حاصل بازپرداخت می شود، تأمین می گردد. بعضی شرکت ها اکنون قراردادهایی را پیشنهاد می - نمایند که در آن پروژه به صورت کامل توسط یک مشاور خارج از شرکت مدیریت شده و ضمناً سهمی از صرفه جوئی حاصل را دریافت می نمایند. عموماً در این نوع قراردادها سودخالصی برای شرکت اصلی باقی می ماند.

3- مدیریت قرار دادی انرژی (CEM): Contract Energy Management

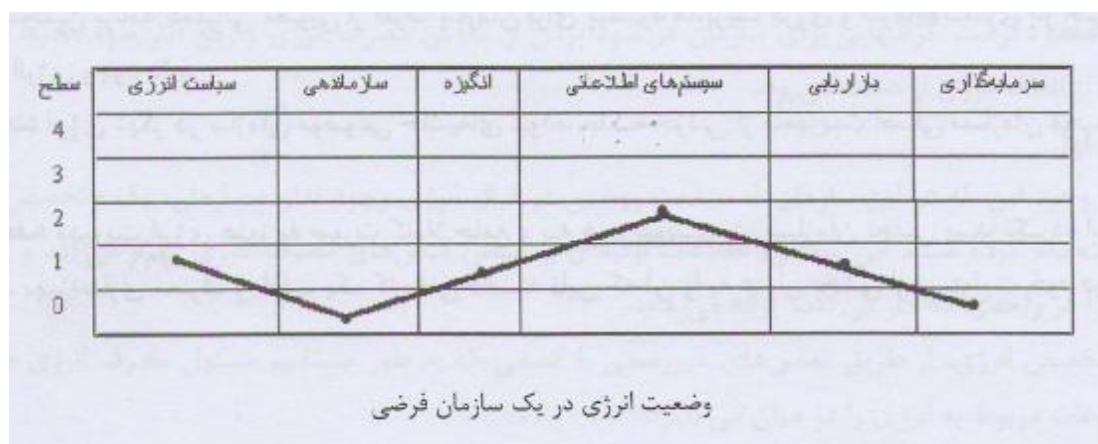
در این روش، یک شرکت بیرونی تأمین نیازهای موسسه را به عهده می گیرد. به عنوان مثال چنین شرکتی ممکن است پروژه ای را به عهده بگیرد. که در محل، دیگ بخار جدید یا یک واحد ترکیبی تولید گرمایش و توان را نصب و راه اندازی نماید. این شرکت بودجه لازم را جهت خرید تجهیزات تأمین نموده و به صورت کامل راه اندازی و بهره برداری آن را بر عهده می گیرد. در پی این امر شرکت مزبور، صورت حسابی را جهت استفاده و نیز هزینه سوخت به موسسه اصلی ارسال می نماید. منافع حاصل جهت موسسه اصلی این است که بدون نیاز به تأمین بودجه سنگین لازم و نیز بهره برداری از موتورخانه و دیگ بخار، هزینه انرژی کمتری را پرداخت می - نماید.

2-6 ماتریس مدیریت انرژی

ابزاری را که می‌توان جهت ارزیابی مدیریت انرژی شناخت وضع موجود به کاربرد به ماتریس مدیریت انرژی موسوم است. این ماتریس دارای 6 ستون است که هر یک اشاره به شاخه‌ای از قسمت‌های مربوط به مدیریت انرژی می‌نماید. ردیفهای ماتریس سطوح مختلف عملکرد را در مورد هر یک از ستون‌ها بیان می‌نماید. به عنوان بخشی از ممیزی انرژی، عملکرد سازمان بایستی ارزیابی گردد و نشانه‌ای بر هر یک از ستون‌های ماتریس زده شود. سپس نقاط به دست آمده را می‌توان بهم متصل کرد تا یک الگوی کلی بدست آید. این الگو نمایش می‌دهد که چه زمینه‌هایی از مدیریت انرژی را باید بهبود بخشید هدف باید این باشد که در هر یک از ستون‌ها به سمت عملکرد بالاتری حرکت کرد به گونه‌ای که مدیریت کلی بهبود یابد.

ماتریس مدیریت انرژی

سطح	سیاست انرژی	سازماندهی	انتگیره	سیستم‌های اطلاعات	بازاریابی	سرمایه‌گذاری
4	سیاست انرژی، برنامه عملیاتی تجدید نظر منظم از طرف مدیران بالا به عنوان استراتژی شرکت وجود دارد.	مدیریت انرژی به طور کامل عین با ساختار مدیریت است. تفویض مسئولیت‌ها به طور کامل روشن است.	از طریق مجری رسمی و غیررسمی ارتباطی به طور منظم بوسیله مدیر انرژی و کارکنان انرژی در همه سطوح سازمانی استفاده می‌شود.	سیستم جامعی اهداف را معین کرده بر مصرف نظارت کرده نواقص را معلوم می‌سازد. مقادیر صرفه‌جویی را به دست آورده و نحوه تخصیص بودجه را بررسی می‌کند.	بازاریابی در باره ارزش کارایی انرژی و عملکرد مدیریت انرژی چه در داخل سازمان و چه در خارج از سازمان	تبعیض به نفع برنامه‌های "سبز" (حفظ زیست) با ارزیابی دقیق از سرمایه‌گذاری در ایجاد ساختمان‌های جدید و نوسازی
3	سیاستی در باره انرژی به طور رسمی وجود دارد اما از طرف مدیران بالا هیچ تمهیدی به طور فعال وجود ندارد.	مدیر انرژی در برابر کمیته انرژی که مرکب از همه مدیران قسمت‌های استفاده‌کننده به سرپرستی یکی از اعضای هیأت مدیره می‌باشد مسئول است.	کمیته انرژی به عنوان کفالت اصلی بوده، همچنین در تماس مستقیم با مصرف‌کنندگان عمده می‌باشد.	گزارش‌های فنی برای افراد بر اساس اندازه‌گیری ارائه می‌شود اما میزان صرفه‌جویی به طور مؤثر به استفاده‌کنندگان گزارش نمی‌شود.	برنامه آگاه کردن کارکنان و برقراری نشست‌های عمومی به طور منظم	استفاده از دوره برگشت سرمایه برای همه سرمایه‌گذاری‌ها
2	سیاست‌ها و برنامه‌های انرژی بوسیله مدیر انرژی یا مدیران ارشد تعیین نشده است.	پست سازمانی مدیریت انرژی وجود دارد که به کمیته موقت انرژی گزارش می‌دهد اما مدیران صف و اختیارات آنها روشن نیست.	از طریق کمیته‌ای که متشکل از مدیران ارشد، واحدهاست یا مصرف‌کنندگان عمده تماس برقرار می‌شود.	گزارش‌های نظارتی بر اساس اطلاعات عرضه ارائه می‌شود. واحد انرژی مشارکت موقت در تعیین بودجه دارد.	برخی از افراد که برای این کار تعیین شده‌اند آموزش لازم را می‌بینند.	سرمایه‌گذاری فقط با استفاده از معیار دوره برگشت در کوتاهمدت
1	مجموعه‌ای از خط مشی انرژی مکتوب وجود دارد.	مدیریت انرژی به صورت بارموقت یا اختیار محدود وجود دارد.	تماس‌های غیررسمی فی‌مابین مهندس انرژی و تعدادی از مصرف‌کنندگان وجود دارد.	هزینه گزارش‌دهی بر اساس داده‌های فاکتورها است. مهندس گزارش‌ها را برای استفاده داخلی در درون مجموعه فنی جمع‌آوری و منظم می‌کند.	تماس‌های غیررسمی برای پیشبرد کارایی انرژی به کار می‌رود.	فقط هزینه‌های پایین به حساب می‌آید.
0	هیچگونه سیاست روشن و سریعی وجود ندارد.	در سازمان مدیریت انرژی و یا هر فرد دیگری به عنوان مسئول صرفه‌جویی انرژی وجود ندارد.	هیچگونه تماسی با استفاده‌کنندگان انرژی وجود ندارد.	هیچگونه سیستم اطلاعاتی وجود ندارد. در باره مصرف انرژی هیچ اطلاعاتی وجود ندارد.	در کارایی انرژی هیچگونه پیشرفتی وجود ندارد.	هیچگونه سرمایه‌گذاری در افزایش کارایی انرژی انجام نمی‌شود.



2-7 مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت ساختمان

2-7-1 نقش فرهنگ در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها

مصرف بی‌رویه انرژی‌های فسیلی در بسیاری موارد قسمت‌های زیادی از آن‌ها به هدر می‌رود علاوه بر از بین بردن سرمایه ملی، ضایعات و تخریب‌های زیست محیطی جبران ناپذیری را نیز در پی خواهد داشت مصرف انرژی در ساختمان‌ها برای مقاصد و مصارف خانگی (گرمایش، سرمایش، روشنایی و حرکت) یکی از مهم‌ترین بخش‌های مصرف انرژی در دنیای معاصر است، به طوری که رقم انرژی مصرفی در ساختمان‌ها در جوامع مختلف بین 45 تا 50 درصد نسبت به کل انرژی مصرفی برآورده می‌شود. به این ترتیب یکی از مهم‌ترین موضوعات تحقیقات و پژوهش‌ها باید به انجام طرح‌هایی گرایش داده شوند که ضمن ارتقای فناوری صرف-جویی، بازدهی انرژی مصرف شده را نیز افزایش می‌دهند.

مروری اجمالی بر تاریخ و رابطه مصرف انرژی و معماری رایج هر دوره، حاکی از آن است که تا قبل از ظهور انقلاب صنعتی، ساختمان‌ها و شهرها و فرم‌ها و اشکال و الگوهای ابدایی در هماهنگی با محیط طبیعی و به طریقی طراحی می‌شدند که حداکثر بهره‌گیری از انرژی‌های تجدید ناپذیر آفتاب، باد و آب حاصل شود. هر چند شرایط اقلیمی سخت‌تر (گرم و خشک و یا خیلی سرد) بود، اهتمام در این تطابق و ابداع روش‌های کارآمد مورد نیازتر و رایج‌تر بود. برای نمونه می‌توان از معماری اقلیم گرم و خشک ایران و به عبارتی از شهرهای بیابانی ایران نام برد که جلوه بارزی از این گونه طراحی را با ابداعات خاص خویش به جهانیان عرضه کرده‌اند.

اصلاح روش و میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها و گرایش دادن آن به سمت مصرف بهینه با موضوعات متنوعی در ارتباط است که اهم آن عبارت از عوامل طراحی (طراحی ساختمان و تأسیسات مرتبط با تولید و مصرف انرژی) و عوامل فرهنگی (باورها و اعتقادات و رفتار ساکنان) در جهت گرایش به سمت الگوی مناسب مصرف می‌باشد. فرهنگ ایرانی که یکی از ارکان آن تعالیم قرآنی است با بیان یک سری اصول، نحوه بهره-مصرف می‌باشد.

گیری از منابع طبیعی را به صورت ارزش‌هایی برای زندگی بیان می‌کند. این ارزش‌ها راه بهره‌برداری از طبیعت و منابع طبیعی را نیز می‌نمایانند. ارزش‌هایی مثل «کمال‌جویی»، «اجتناب از اسراف»، «رعایت اعتدال»، «اصلاح زمین»، «اجتناب از بطالت و بیهودگی در زمین»، «قناعت» و امثالهم، مشخص می‌کنند که هر گونه دخل و تصرفی در طبیعت بایستی منجر به کمال و اصلاحی شده و از هر گونه فساد و اسراف و تباهی و بیهودگی بری باشد. در عین حال استفاده از منابع باید بر مبنای «میزان» و «اندازه» و «مقدار» و «حساب» معین (برنامه و طرح) باشد. به این ترتیب احتراز از اسراف و بطالت، استفاده از مصالح بومی، انتخاب رنگ و اشکال مناسب، کمال-جویی انسان و کمال بخشی به ماده بسیاری ویژگی‌های دیگر را می‌توان مشخصه‌های اصلی فرهنگی ایرانی دانست.

2-7-2 نقش طراحی گیاهان خانگی در کاهش مصرف انرژی خانگی

قطعاً عمده کارکرد انرژی در ساختمان معلول دمای مناسب برای محیط داخل ساختمان می‌باشد. روش‌های گوناگون تنظیم شرایط محیطی و بهینه کردن مصرف انرژی در ساختمان موجب کسب توفیقاتی در راستای کاهش مصرف انرژی بوده است. یکی از راه‌های بهبود وضعیت مصرف حامل‌های انرژی در ساختمان استفاده و کاشت گیاهان مناسب (سازگار با شرایط محیط) در مکان‌هایی است که توسط مهندسان طراحی می‌گردند. در واقع این راهکار نه تنها در تقلیل مصرف سوخت در زمستان مؤثر است بلکه تأثیرات شایانی در مصرف انرژی حین دوره گرما (تابستان) خواهد داشت تا جایی که مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از پوشش گیاهی مناسب می‌تواند 25% مصارف خانگی را تقلیل دهد.

تقلیل مصرف انرژی در زمستان

مهم‌ترین کارکرد پوشش گیاهی برای ساختمان در فصل سرما جلوگیری از نفوذ باد و کاهش نفوذ آن از لابلای درزها به داخل ساختمان می‌باشد. این نکته وقتی درخور اهمیت بیشتر می‌گردد که بدانیم در یک روز با

وزش توأم باد میزان تبادل حرارتی محیط داخل با خارج از طریق درزها به میزان 20% افزایش می‌یابد.

تقلیل مصرف انرژی در تابستان

تابش گرمایی یکی از راه‌های انتقال انرژی است انرژی خورشید نیز صرفاً به صورت تابش گرمایی به زمین می‌رسد. تابش گرمایی که یک جسم به اطراف گسیل می‌کند، به اجسام دیگر می‌رسد و سرانجام به صورت-های زیر در می‌آید:

(الف) از آن‌ها باز می‌تابد

(ب) در آن‌ها جذب می‌شود

(ج) از آن‌ها می‌گذرد

در نتیجه با محافظت سطح بیرونی بنا در برابر تابش گرمایی خورشید و ایجاد سایه از طریق کاشت گیاهان مناسب می‌توان تا 65% در مصرف انرژی صرفه‌جویی داشت. نور خورشید که با طول موج کوتاه از شیشه‌ها عبور می‌کند موجب ایجاد پدیده گلخانه‌ای می‌گردد. بدین طریق که با تأیید شدن روی وسایل داخلی موجب انتشار امواج بلند می‌شود که دیگر قادر به عبور از شیشه نبوده و در داخل محیط ساختمان حبس می‌شوند این روند موجب هر چه گرم‌تر شدن تدریجی محیط می‌گردد. بدین منوال نصب سایه‌بان‌ها در خارج پنجره نزدیک به 4 برابر ثمربخش‌تر از کرکره‌ها و پرده‌های داخلی خواهد بود. در این حالت می‌توان از سایه درختان در ضلع جنوبی ساختمان به جای سایه‌بان استفاده نمود. در مواردی می‌توان از وجود گیاهان رونده و پیچک‌های روی دیوارها به عنوان نوعی عایق کاری استفاده کرد. بدین ترتیب که پوشش گیاهی با ایجاد محوطه‌ای از هوا بین ساختمان و برگ‌های سبز به عنوان عایق عمل می‌کند و موجب کاهش تبادلات انرژی محیط بیرونی با محیط درونی ساختمان می‌گردد.

از دیگر ثمره‌های کاشت درختان در اماکن مناسب در محیط خانه هدایت کوران باد به اطراف و داخل بنا توسط ایجاد کانال‌های هدایت باد به سمت بنا و بازشوها می‌باشد که خود در خنک نمودن فضای ساختمان بسیار مثرم ثمر خواهد بود. (البته در شرایط محیطی که در زمستان با مشکل خاصی مواجه نشویم).

جهت ایجاد کارایی بیشتر در زمینه کاشت گیاهان باید نکاتی را لحاظ نمود

- حداقل فاصله کاشت درختان از بنا باید در حدود 1/5 متر باشد. البته با توجه به نوع گیاه و میزان رشد شاخه و برگ آن این مقدار تغییر می‌کند.
 - بهتر است از درختان با ارتفاع‌های متغیر استفاده گردد، درختان با تنه بلند و تاج افشان برای ایجاد سایه روی سقف مفیدند و درختانی که شاخ و برگ آن‌ها نزدیک زمین است برای سایه روی دیوارها.
 - پیشنهاد می‌شود تراکم برای درختانی که به عنوان بادشکن عمل می‌کنند در حدود 55% الی 65% در نظر گرفته شود.
- در هر حال استفاده از کاشت گیاهان روش بسیار کم هزینه ایست که در صورت امکان (داشتن فضای مناسب برای کاشت) می‌تواند کمک شایانی به تقلیل مصرف انرژی و اقتصاد خانواده نماید. کاربرد این روش برای اقلیم‌های بسیار سرد و بسیار گرم و نیز معتدل مناسب به نظر می‌رسد از آنجایی که آمار و ارقام نشان‌دهنده اینست که حجم کلانی از انرژی‌های خانگی صرف گرمایش یا سرمایش می‌شود هر گونه هزینه پژوهشی و تحقیقاتی در این زمینه نیز کاملاً اقتصادی می‌نماید.

2-7-3 تأثیرات سیستم گرمایش همرفت اجباری در صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمان‌ها

به دلیل بازدهی کم مکانیزم گرمایش همرفت غیر اجباری در فصل زمستان، دمای یک دیگ بخار (مثلاً برای شهری مثل تهران) بسته به عواملی همچون سرعت گردش آب در مسیر، دور یا نزدیک بودن موتورخانه به واحدهای مصرف، عدم عایق‌بندی صحیح و همچنین عدم طراحی مناسب ساختمان‌ها از لحاظ اتلاف انرژی

حرارتی، به‌طور مستقیم باید بین 70 تا 80 درجه سانتی‌گراد تنظیم شود. این دمای نسبتاً بالا باعث فرسایش شدید مسیر آب گرم به ویژه لوله‌ها شده و عمر آن‌ها را به شدت کاهش می‌دهد.

مصرف‌کنندگان این سیستم، کنترل خاصی بر مقدار گرمایش واحد مسکونی خود ندارند. این کنترل در کل ساختمان از طریق تنظیم دمای دیگ بخار در موتورخانه انجام می‌پذیرد و مصرف‌کننده صرفاً می‌تواند شیر شوفاژ را بسته یا باز نگه دارد. بنابراین حد گرمایش در واحدها قابل تنظیم بنا بر میل و سلیقه مصرف‌کننده نیست. سیستم گرمایش همرفت اجباری (Force Convection) صرفه‌جویی و مزایای عمده‌ای را برای ساختمان‌های بزرگ و به ویژه آپارتمان‌های مسکونی در پی خواهد داشت.

در این حالت می‌توان برای واحدهای مسکونی در آپارتمان‌ها، رادیاتورهای موجود در هال و پذیرایی را حذف و به جای آن، رادیاتورهای فن‌دار (فن کوئل) متناسب با حجم هال و پذیرایی نصب کرد.

در مورد اتاق‌ها نصب رادیاتور فن‌دار به جای رادیاتور معمولی در صورتی توصیه می‌شود که واحد آپارتمانی، زیربنای بیش از 85 متر مربع داشته باشد. در این صورت می‌توان رادیاتورهای حمام، توالت و آشپزخانه را نیز حذف کرد. البته حذف رادیاتور آشپزخانه با توجه به سطح زیربنای واحد آپارتمانی است.

مزایای استفاده از سیستم همرفت اجباری (Force Convection)

به دلیل استفاده از رادیاتورهای فن‌دار (همرفت اجباری)، بازدهی حرارتی در واحد حجم به شدت افزایش می‌یابد.

تعداد رادیاتورها و بازتابش حرارتی، بیش از 70٪ کاهش خواهد داشت. به این معنی که مثلاً به جای 5 رادیاتور معمولی با سطح مجموع 12 مترمربع با یک رادیاتور فن‌دار لوله و پره (Fined Fan Tube) که در مجموع سطحی در حدود 3 مترمربع و حتی کمتر داشته باشد قابل جایگزینی خواهد بود.

به دلیل کم شدن حجم رادیاتورها، حجم آب گرم مورد نیاز برای انتقال حرارت به شدت کاهش می‌یابد.

به دلیل چند برابر بودن دفع حرارتی آب گرم در رادیاتور فن‌دار انرژی مصرفی برای گردش آب به شدت کاهش می‌یابد. (Pumping Energy)

اگر به طور متوسط درجه حرارت آب گرم در موتورخانه باید در حدود 80 درجه سانتی‌گراد برای رادیاتورهای معمولی باشد با بکار بردن رادیاتور فن‌دار، درجه حرارتی بین 65 تا 70 درجه سانتی‌گراد برای آب گرم کافیست.

به دلیل پایین‌تر بودن انرژی مورد نیاز برای گرمایش آب در سیستم همرفت اجباری مصرف سوخت به شدت کاهش می‌یابد و به تبع آن، از هزینه‌های مصرف انرژی کل ساختمان کاهش می‌یابد. (با توجه به اینکه در کشور برای کل ساختمان یک انشعاب واحد در نظر گرفته می‌شود و با توجه به هزینه مصرف تصاعدی این نکته حائز اهمیت می‌نماید.)

به دلیل استفاده تعداد رادیاتوری کمتر در هر واحد، مسیر لوله‌های آب گرم کوتاه شده و در نتیجه، هزینه ساخت کاهش می‌یابد.

از آنجا که سیستم گرمایش همرفت اجباری نیاز به دمای کمتری برای آب گرم دارد بنابراین سرعت خوردگی در مسیر گردش آب گرم به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

زمانی که در یک واحد مسکونی از سیستم همرفت اجباری (رادیاتورهای فن‌دار) برای گرمایش استفاده می‌شود به دلیل امکان استفاده از کلید خودکار تنظیم کننده دما (ترموستات) امکان تنظیم دمای محیط به وسیله ساکنان آن واحد مستقل از کنترل موتورخانه به وجود می‌آید که هم باعث ایجاد هوای هر چه مطبوع‌تر برای محیط مسکونی شده و هم صرفه‌جویی در مجموع مصرف انرژی را به دنبال خواهد داشت.

در واقع به دلیل بازدهی کم مکانیزم گرمایش همرفت غیر اجباری، تعداد زیادی رادیاتور شوفاژ در محل‌ها مختلف ساختمان نصب می‌شود که بیشترین آن‌ها در حال و پذیرایی و یا در راهرو قرار می‌گیرد. این کار طول لوله کشی مسیر آب گرم را در هر واحد ساختمانی افزایش می‌دهد که علاوه بر افزایش هزینه ساخت، به دلیل طولانی بودن مسیر، اتلاف انرژی را به دنبال خواهد داشت. از این رو با توجه به نکات مذکور استفاده از سیستم همرفت اجباری از هر لحاظ (چه اقتصادی و چه از نظر تقلیل در مصرف سوخت) بهینه به نظر می‌رسد.

2-7-4 عایق کاری حرارتی ساختمان

عایق کاری حرارتی (Thermal Insulation) به هدف کاهش میزان انتقال حرارت و اتلاف انرژی در ساختمان صورت می‌گیرد. در یک عایق حرارتی باید مقاومت حرارتی ایجاد شده از حد معین بیشتر باشد. همچنین ضریب هدایت حرارتی عایق مصرفی باید از حد معینی کمتر باشد. عایق کاری حرارتی ساختمان که متناسب با پوسته خارجی و نیز لایه‌های داخلی ساختمان صورت می‌گیرد به منظور نیل به اهداف زیر می‌باشد:

الف) کاهش انتقال حرارت بین اجزاء مختلف ساختمان و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی

ب) محدود کردن انتقال گازها به ویژه بخار آب به هدف عدم ایجاد نقش در پوسته‌های داخلی و خارجی ساختمان.

ج) آب‌بندی نقاطی که در انتقال رطوبت و حرارت نقش زیادی دارند.

علاوه بر موارد فوق عایق کاری یک ساختمان باید موارد زیر را نیز برآورده سازد:

1- دوام طولانی مدت در برابر عوامل جوی و محیطی

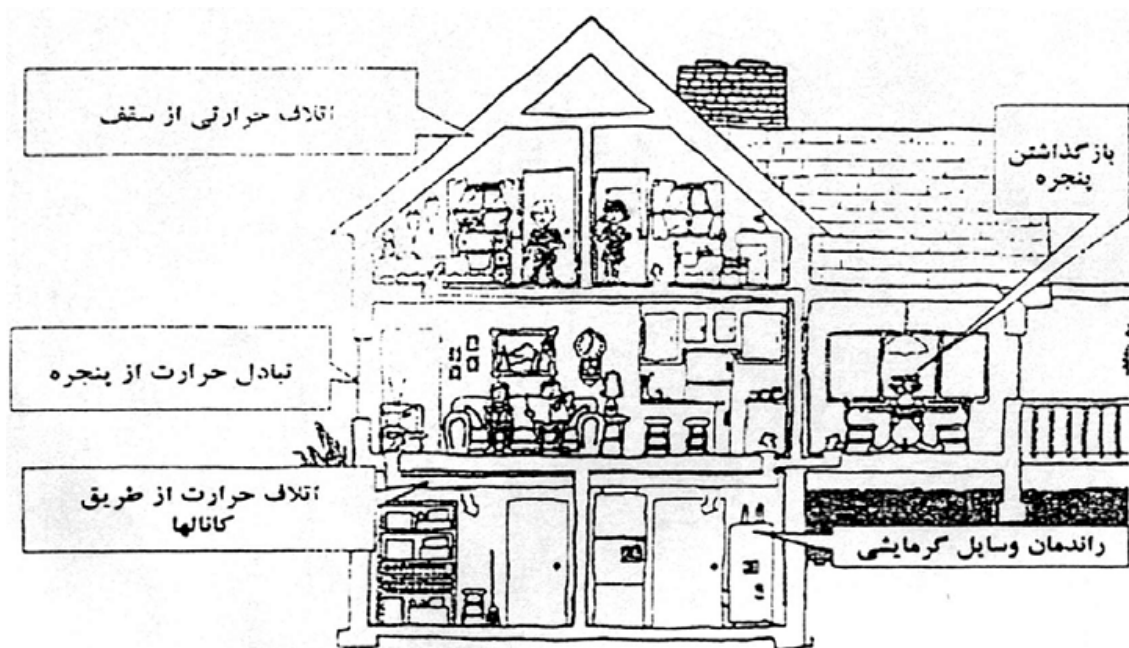
2- دوام مناسب در برابر حریق

3- پایداری در برابر نیروها و تنش‌های استاتیکی، دینامیکی و حرارتی

4- سازگاری با محیط زیست و عدم تهدید سلامت و بهداشت افراد.

به طور کل هدف اصلی عایق‌گذاری در اجزاء مختلف ساختمان، صرف‌جویی در مصرف انرژی است که

این هدف باید شرط محدوده‌ی آسایش انسانی Comfort Zone را نیز در برداشته باشد.



قسمت‌هایی از ساختمان که با محیط اطراف خود تبادل حرارتی می‌نماید

انواع روش‌های عایق‌کاری

عایق‌کاری حرارتی ساختمان که به جهت کاهش اتلاف انرژی انجام می‌پذیرد دارای 3 طریقه انجام عمل

عمده است:

1- عایق‌کاری داخلی (Internal Thermal Insulation): در این روش با افزودن یک لایه عایق

حرارتی در سمت وجه داخل کار عایق‌کاری صورت می‌گیرد.

2- عایق‌کاری خارجی (External Thermal Insulation): در این روش با افزودن یک لایه عایق

حرارتی در سمت وجه خارج کار عایق‌کاری صورت می‌گیرد.

3- استفاده از مصالح دارای ضریب هدایت حرارتی کم در هنگام ساخت: گاه به دلیل

هزینه‌ی بالای تولید و گاهی به علت عدم دسترسی کافی به مصالح مناسب روش سوم چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

عایق‌کاری از داخل به هدف به حداقل رسانیدن اینرسی حرارتی در ساختمان انجام می‌شود در عایق‌کاری از خارج اینرسی حرارتی در حداکثر است ولی نوسان دمای داخل ساختمان کاهش می‌یابد و با تنظیم دما در محدوده‌ی آسایش انسان، می‌توان دما را در حد مطلوب ثابت نگهداری نمود. عایق‌کاری حرارتی از خارج برای ساختمان‌هایی که استفاده‌ی مداوم دارند مانند مناطق مسکونی مناسب‌تر است ولی عایق‌کاری حرارتی از داخل برای ساختمان‌هایی که استفاده از آن مقطعی یا منقطع است به ویژه ادارات مناسب‌تر می‌باشد. به جهت عایق‌کاری حرارتی در ساختمان باید اجزاء مختلفی را عایق‌بندی نمود که این اجزاء را توضیح می‌دهیم.

2-7-5 اجزاء عایق‌کاری

عایق‌کاری در قسمت‌های مختلف و اجزاء گوناگون ساختمان انجام می‌شود.

1- عایق‌کاری حرارتی دیوارها: با توجه به آن که دیوارهای جانبی قسمت اعظم پوشه‌ی خارجی ساختمان

را تشکیل می‌دهند عایق‌کاری آن یکی از بخش‌های مهم کار می‌باشد. عایق‌کاری دیوارهای جانبی به چهار طریق صورت می‌گیرد:

الف) عایق‌کاری حرارتی از داخل

ب) عایق‌کاری حرارتی از خارج

ج) عایق‌کاری حرارتی به صورت دیوار دو لایه (یک لایه میانی در دیوار)

د) استفاده از مصالح با هدایت حرارتی کم در ساخت دیوار

2- عایق‌کاری حرارتی کف: کفی که پوسته‌ی خارجی ساختمان را تشکیل می‌دهد مانند کف مجاور

خاک، پارکینگ و انباری نیز یکی از راه‌های تبادل حرارت ساختمان با محیط اطراف است. عایق‌کاری حرارتی

کف معمولاً به روش‌های زیر صورت می‌گیرد:

1-2- عایق‌کاری حرارتی از داخل (در زیر کف تمام شده)

2-2- عایق‌کاری حرارتی از خارج

3-2- عایق‌کاری به کمک عایق و لایه‌ی هوا

4-2- ساختن کف به کمک مصالح عایق که ضریب تبادل حرارتی کم دارد و کف از آن ساخته شود.

3- عایق‌کاری حرارتی بازشوها: بازشوهایی که معمولاً در دیوار جانبی اطراف ساختمان یا در دیوارهای

نورگیردار ساختمان هستند یکی دیگر از راه‌های انتقال و تبادل حرارت محیط داخل ساختمان با محیط اطراف

می‌باشد. برای کاهش اتلاف انرژی و نیز کاهش انتقال حرارت می‌توان دو عمل را انجام داد.

الف) بازشو از مصالحی ساخته شود که دارای ضریب هدایتی حرارتی کم است مانند پنجره‌ی ساخته شده

با جداره‌ای از پلیمر و نیز درها با لایه‌ی رویه چوب و لایه‌ی داخلی پلیمری

ب) دو جداره کردن اجزاء تشکّل دهنده بازشو و قرار دادن یک لایه از هوای خشک یا گازهای بی اثر در

بین دو جداره به هدف کاهش تبادل حرارتی (در ادامه توضیحات کامل‌تری ارائه می‌گردد)

4- عایق‌کاری حرارتی بام و سقف: بام و سقف طبقات نیز از جمله راه‌های انتقال و تبادل حرارت می‌باشند.

برای کاهش تبادل حرارت در این اجزاء معمولاً عایق‌کاری به یکی از روش‌های زیر صورت می‌گیرد:

1-4- عایق‌کاری حرارتی از داخل

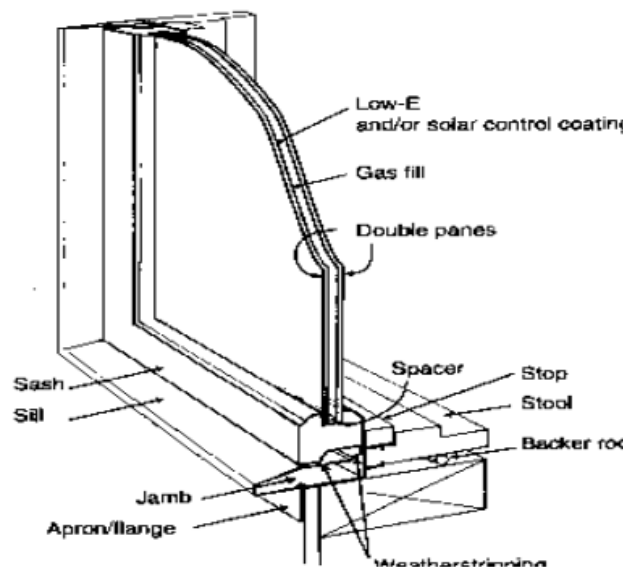
2-4- عایق‌کاری حرارتی از خارج

3-4- عایق‌کاری چند لایه به گونه‌ای که در بین لایه‌ها هوای خشک قرار گیرد

4-4- استفاده از مصالح با ضریب هدایت حرارتی کم در ساخت بام

14- کاهش اتلافات حرارتی از پنجره‌های دو جداره با تغییر گاز بین شیشه‌ها

پنجره‌ها روشنایی، گرما، هوای تازه و زیبایی‌ها را به خانه آورده و ارتباطی با محیط خارج برقرار می‌کنند. علی‌رغم این محاسن پنجره‌ها یکی از عوامل مهم در اتلافات حرارتی ساختمان‌ها است. به طوری که حدود یک چهارم حرارت خارج شده ساختمان‌ها در زمستان و یا حرارت وارد شده به آن‌ها در تابستان از طریق پنجره‌ها صورت می‌گیرد. به همین دلیل از دیرباز کاهش ایت تلفات مدنظر طراحان ساختمان‌ها بوده است. در گذشته نه چندان دور برای کاهش اتلافات حرارتی ساختمان‌ها به جای استفاده از پنجره‌های با یک لایه شیشه از پنجره‌های با دو یا چند لایه شیشه کمک گرفته می‌شد. حتی در پاره‌ای از موارد، لایه‌های پلاستیکی در بین شیشه‌ها نیز به کار می‌رفت. ولی در دو دهه اخیر تکنولوژی ساخت پنجره‌های دو جداره با فاصله هوایی روز به روز پیشرفت کرده است. این پنجره‌ها عموماً از دو لایه شیشه، که توسط فاصله‌ای از هم جدا شده‌اند، تشکیل می‌شوند. شکل زیر نمونه‌ای از این پنجره‌ها را نشان می‌دهد. در این شکل جزییات قاب پنجره نیز مشخص شده است.



شمایی از یک پنجره دو جداره

فاصله بین دو لایه شیشه توسط هوا و یا گاز دیگری با ضریب هدایت پایین همچون آرگون، دی اکسید کربن و کریپتون پر می‌شود. بدین ترتیب با توجه به اینکه پنجره‌های یک ساختمان می‌تواند نقش بسزایی در کاهش مصرف انرژی داشته باشد. برای مطالعه دقیق میزان تلفات حرارتی از پنجره‌های دو جداره و مقایسه عملکرد آن-ها نسبت به پنجره‌های ساده تک شیشه‌ای نیاز به بررسی مکانیزم‌های انتقال حرارت است. جابه‌جایی و تشعشع روی سطوح خارجی، هدایت در داخل شیشه‌ها، جابه‌جایی و تشعشع در فاصله هوایی دو پنجره و حتی نفوذ تشعشع خورشید از شیشه‌ها به داخل از جمله مکانیزم‌های ساده کننده‌ای استفاده می‌شود. شاید ساده‌ترین تقریب استفاده از فرض انتقال حرارت هدایت یک بعدی در داخل شیشه‌ها و لایه هوا است. در این شرایط می‌توان نرخ انتقال گرما را به راحتی با کمک مقاومت‌های حرارتی محاسبه نمود. اما باید توجه داشت که سیال بین دو جداره شیشه‌ای با دماهای مختلف ساکن باقی نمی‌ماند. در واقع ایجاد گرادیان‌های دما در سیال باعث برقراری حرکت در آن می‌شود. سیال مجاور سطح گرم در اثر گرم شدن سبک شده و به سمت بالا حرکت کرده و سیال سرد از دوردست جایگزین آن می‌شود. بدین ترتیب حرکت‌های چرخشی در داخل لایه هوایی محبوس بین دو شیشه ایجاد می‌گردد. این حرکت‌ها بر نرخ اتلاف گرما از پنجره تأثیر دارند.

فصل 3

مبانی صرفه جویی انرژی حرارتی و احتراق

مقدمه:

در این فصل پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی برای بویلرها (دیگ‌های بخار) و کوره‌ها بررسی می‌شود. تفاوت دیگ‌ها و کوره‌ها در این است که در مورد دیگ، گرما برای تولید فرآیند به محصول یا آب انتقال می‌یابد ولی در کوره محصول به طور مستقیم در معرض گرمای تولید شده در محفظه احتراق قرار می‌گیرد.

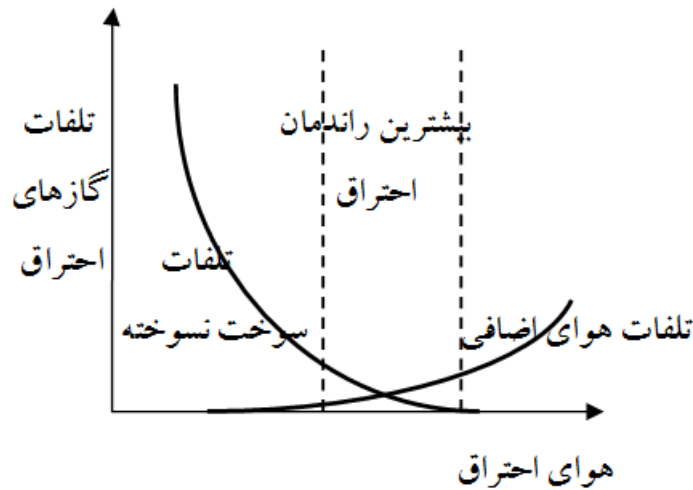
3-1 احتراق

عمل واکنش یا ترکیب شیمیایی سوخت‌ها با هوا یا اکسیژن را که گرما را نیز است، احتراق می‌گویند. هوای استوکیومتریکی (Stoichiometric) S.C معرف مقدار هوای مورد نیاز برای احتراق کامل با سوخت می‌باشد که به آن هوای نظری یا Theoretical نیز می‌گویند. برای تضمین احتراق کامل سوخت باید هوای اضافی نیز در نظر گرفته شود درصد هوای اضافی عبارت است از:

$$\text{درصد هوای اضافی} = \frac{\text{S.C} - \text{کل هوای تأمین شده احتراق}}{\text{S.C}} \times 100$$

نکته: مقدار حداقل هوای اضافی مورد نیاز، با توجه به نوع سوخت مورد استفاده و کارایی مخلوط هوا و سوخت تغییر می‌یابد. اگر کمتر از مقدار حداقل، هوا تأمین شود، مقداری از سوخت کامل نمی‌سوزد و اتلاف انرژی سوخت بوجود می‌آید. احتراق ناقص اغلب به شکل مونوکسید کربن CO در محصولات احتراق ظاهر می‌شود. هوای بیش از حد نیز باعث اتلاف انرژی می‌شود. اگر مقدار هوای زیاد برای کوره تأمین شود، آن هوای اضافی نیز گرم خواهد شد.

تأثیر تلفات انرژی با تغییر مقدار هوای تأمین شده برای کوره در شکل زیر نشان داده شده است.



مثال) هوای مورد نیاز احتراق برای کوره ای را محاسبه کنید که با استفاده از $700 \frac{L}{hr}$ از سوخت با مشخصات زیر، 15% هوای اضافی مصرف می کند؟ (مقدار ارزش حرارتی سوخت با $2/5$ درصد سولفور در حدود $\frac{Mj}{1}$ 42/3 است). (مقدار هوای مورد نیاز تئوری سوخت برابر $327 \frac{kg}{Gj}$ است).

$$\text{مقدار توان حرارتی سوخت} = \left(700 \frac{L}{hr}\right) \times \left(42/3 \frac{Mj}{L}\right) = 29610 \frac{Mj}{hr}$$

$$\text{کل هوای مورد نیاز} = \left(29610 \frac{Mj}{hr}\right) \times \left(\frac{327 \frac{kg}{Gj}}{1000 \frac{Mj}{kg}}\right) \times 1.15 = 11135 \frac{kg}{hr}$$

هوای احتراق می تواند به وسیله سیستم های مکش طبیعی یا سیستم های دمنده برای مشعل تأمین شود. معایب متعددی در شعله با مکش طبیعی وجود دارد زیرا میزان هوای احتراق جذب شده به داخل کوره نمی تواند به درستی کنترل شود و مخلوط سوخت و هوای شعله با مکش طبیعی کامل نمی شود. در روش مکش طبیعی از فشار منفی تولید شده بوسیله دودکش کوره برای خروج گازهای حاصله از احتراق و جذب هوای احتراق به داخل کوره استفاده می کند.

نوع فشار مثبت مشعل ها، از یک فن برای تأمین هوای احتراق به داخل دستگاه استفاده می کند. جریان هوا به وسیله دمپر (دریچه قابل تنظیم) تنظیم می شود. بنابراین کنترل صحیح نسبت هوا به سوخت برای حالات مختلف احتراق امکان پذیر است.

تعیین هوای اضافی توسط آنالیز گازهای احتراقی

در سوخت‌های هیدروکربنی عمده محصولات احتراق، بخار آب H_2O ، CO_2 ، CO ، N_2 ، O_2 اضافی می‌باشد. وجود CO نشانگر احتراق ناقص می‌باشد. تجزیه و تحلیل گازهای خروجی کوره را می‌توان با استفاده از یک آنالیزور دائم یا نمونه برداری دوره ای تعیین کرد.

نکته: بعضی مواقع در محصولات احتراق، مقدار CO با O_2 بالایی رخ می‌دهد. این موضوع بیشتر ناشی از خوب اختلاط نشدن سوخت و هوای احتراق است.

نکته: آنالیزور گازهای خروجی باید تا حد امکان نزدیک به خروجی کوره باشد تا خطاهای نفوذ هوا را کاهش دهد.

2-3 واکنش‌های سوخت و احتراق

سوخت‌های فسیلی به سوخت‌هایی اطلاق می‌شود که به طور معمول شامل H_2 ، C و گوگرد S باشند (نیترژن، آب و سایر مواد معدنی ممکن است همراه سوخت باشد). در هنگام سوختن در صورت وجود گوگرد در سوخت، دی‌اکسید گوگرد SO_2 تولید می‌کند. همچنین در صورت بالا بودن دمای احتراق، نیترژن موجود در هوا نیز با اکسیژن ترکیب و ترکیبات گازی اکسیدهای نیترژن یا NO_x نیز تولید می‌کند. از جمله این ترکیبات می‌توان به N_2O که در ترکیب با آب به صورت اسید نیتریک (HNO_3) است اشاره نمود. اثر نور خورشید بر روی گازهای خروجی احتراق نیز اغلب باعث تولید سایر ترکیبات اکسید نیترژن می‌شود که یک عمل فتوشیمیایی محسوب می‌شود.

نکته: آب و رطوبت همراه سوخت نیز ترکیب دیگری است که با جذب حرارت به بخار تبدیل می‌شود و مقداری از انرژی را برای تبدیل مایع به بخار (گرمای نهایی تبخیر Latent Heat) به خود اختصاص می‌دهد.

واکنش احتراقی:

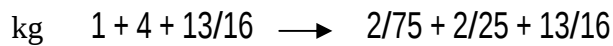
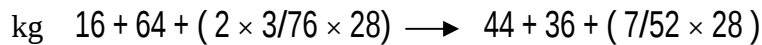
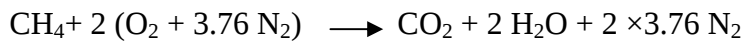
عمل واکنش یا ترکیب شیمیایی سوخت ها با هوا یا اکسیژن را که گرما را نیز است، احتراق می گویند.

در زیر وزن مولکولی اجزای سوخت های فسیلی نشان داده شده است.



نکته: هوا شامل 21% اکسیژن O_2 و 79% نیتروژن N_2 می باشد.

احتراق گاز طبیعی: واکنش احتراق کامل هوا با متان در حالت استوکیومتری به صورت زیر می باشد.



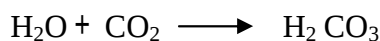
بنابراین برای احتراق کامل، 1 کیلوگرم متان به $4 + 13/16 = 17/16$ کیلوگرم هوا نیاز دارد و $18/16$

کیلوگرم محصولات احتراق شامل CO_2 ، بخار آب و نیتروژن داغ به دست می آید.

نکته مهم: CO_2 موجود در گازهای احتراقی را از روش محاسباتی به دست می آورند نه از طریق اندازه گیری.

زیر واکنش بخار آب موجود در گازهای احتراقی و دی اکسید کربن باعث ایجاد خطا در اندازه گیری های CO_2

می باشد:



اسید حاصله باعث خوردگی فلزات می شود.

3-3 دیگ‌ها Boilers

دیگ‌ها به دو نوع دیگ آبگرم و دیگ بخار تقسیم می‌شوند. در دیگ‌های آبگرم انرژی حرارتی تولید شده توسط مشعل، آب داغ تولید می‌کند و سعی می‌شود که از تولید بخار جلوگیری به عمل آید، زیرا فشار و دمای بخار به این نوع دیگ‌ها آسیب می‌رساند. در دیگ‌های بخار، آب حاصل بسته به فشار مورد نیاز تبخیر شده و بخار مافوق گرم تولید می‌کند. دیگ‌های بخار به دو نوع تقسیم می‌شوند:

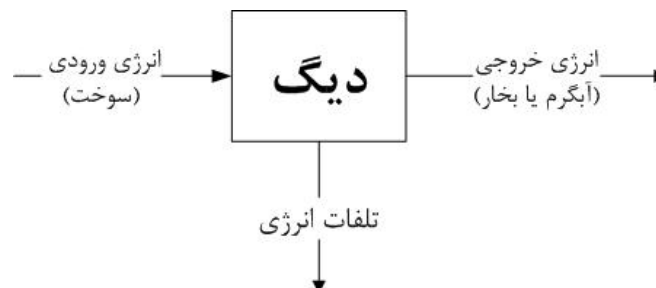
1- لوله - آتش Fire tube boilers

2- لوله - آب Water tube boilers

3-3-1 بازده حرارتی یاراندان دیگ

دو روش برای محاسبه بازده حرارتی در دیگ‌ها وجود دارد:

الف) به صورت اجمالی یا مستقیم



$$\eta_{\text{بازده دیگ}} = \frac{\text{انرژی خروجی مفید}}{\text{انرژی ورودی}} \times 100$$

$$\text{انرژی خروجی مفید} = \dot{m}_w (h_{\text{out}} - h_{\text{in}})$$

$$\text{انرژی ورودی} = \dot{m}_{\text{fuel}} \times \text{H.H.V} \longrightarrow \text{ارزش حرارتی بالای سوخت} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

ب) به صورت تفصیلی یا محاسبه تلفات

$$\eta = \frac{\text{تلفات} - \text{انرژی ورودی}}{\text{انرژی ورودی}} \times 100$$

بازده دیگ

رابطه فوق نشان می‌دهد که چنانچه بتوان تلفات انرژی دیگ را به حداقل رساند، بازده دیگ بالاتر خواهد رفت.

$$\text{If losses} = 0 \implies \eta = \% 100$$

2-3-3 راهکارهای افزایش راندمان دیگ

برخی از راهکارهای افزایش راندمان دیگ عبارتند از:

- 1- بررسی نسبت سوخت به هوا به صورت دوره ای
 - 2- تعیین برنامه جهت تصفیه آب کل سیستم به منظور جلوگیری از شکل گیری رسوبات که باعث کاهش انتقال حرارت می شوند.
 - 3- شناسایی و تعمیر نشتی های بخار
 - 4- دوده زدایی لوله های بویلر
 - 5- پیش گرمایش آب تغذیه در دیگ های بزرگ
 - 6- استفاده از سیستم های کنترلی برای مشعل ها جهت تنظیم شدن در شرایط مختلف بارهای حرارتی.
- مثال (راندمان حرارتی یک دیگ بخار برابر 85 % می باشد چنانچه این دیگ $250 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$ آب با دمای 35°C را به بخار اشباع در فشار اتمسفر تبدیل نماید. دبی جرمی سوخت مصرفی را محاسبه کنید ؟

$$\text{ارزش حرارتی سوخت} = 39356 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}$$

$$\text{چگالی سوخت} = 0.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{آنتالپی مایع اشباع در فشار اتمسفر} = 417 \text{ kJ/Kg}$$

$$2675 \text{ kJ/Kg} = \text{آنتالپی بخار اشباع در فشار اتمسفر}$$

$$\eta = \frac{\text{انرژی خروجی مفید}}{\text{انرژی ورودی}}$$

حل :

$$\text{انرژی خروجی مفید} = \dot{m}C_p\Delta T + \dot{m}h_{fg}$$

$$\text{انرژی خروجی مفید} = 250 \times 4/2 \times (100 - 35) + 250 \times (2675 - 417) = 632750 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hr}} \right]$$

$$\text{انرژی ورودی} = \dot{m}_{\text{fuel}} \times \text{H.H.V} = \left[\frac{\text{kg}}{\text{hr}} \right] \dot{m}_{\text{fuel}} \times 39356 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right] \times \frac{1}{0.7} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

$$= \dot{m}_{\text{fuel}} 56222/8 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$$

$$\Rightarrow 0.85 = \frac{632750}{\dot{m}_{\text{fuel}} \times 56222/8} \Rightarrow \boxed{\dot{m}_{\text{fuel}} = 13.2 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}}$$

3-4 سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت CHP

بعد از بحران نفت در سال 1973 و افزایش قیمت نفت، کشورهای صنعتی با مشکل بزرگی مواجه شدند و راهکارهای جدیدی را برای رهایی از وابستگی به سوخت‌های فسیلی و صرفه جویی در مصرف انرژی در صنایع وابسته به سوخت‌های فسیلی و همچنین بالا بردن تکنولوژی‌ها به دو منظور کاهش مصرف انرژی در صنایع و استفاده بهینه از انرژی به کار بردند.

از جمله این فعالیت‌ها می‌توان به مواردی همچون افزایش تولید زغال سنگ، استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای، صرفه جویی در مصرف انرژی، عایق‌های حرارتی پیشرفته، افزایش کارایی منابع حرارتی (بویلرها و ...)، زباله سوزها و نیروگاه‌های زباله سوز و تولید مشترک حرارت و توان (که مورد بحث این کتاب نیز می‌باشد) اشاره کرد.

در نیروگاه‌های مرسوم حرارتی تنها یک سوم انرژی موجود و حاصل از سوختن نفت (فرآورده‌های آن) یا زغال سنگ به توان الکتریکی تبدیل می‌شود و دو سوم انرژی از طریق آب نیم گرم در برج‌های خنک کننده و (البته مقدار کمی) در مسیر فرآیند اتلاف می‌شود.

تغییر در طراحی و عملکرد یک نیروگاه تولید توان به تولید مشترک حرارت سودمند و توان، کاربرد و استفاده از انرژی را توسعه می‌بخشد. البته حرارت به دست آمده بایستی کیفیت، مقدار و دمای بالا و کافی را برای آب گرم مورد نیاز خانگی، تجاری و ساختمان‌های عمومی یا بخار مورد نیاز صنایع را جهت فرآیندهای آن تأمین نماید.

تولید همزمان دو شکل مختلف انرژی مفید و مورد استفاده را با بکارگیری یک منبع اولیه انرژی، Cogeneration یا تولید همزمان می‌گویند.

دو شکل مختلف انرژی عبارتست از:

- انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی
- انرژی مکانیکی و انرژی حرارتی

کاربرد آن در بعضی از صنایع می‌باشد که همزمان به انرژی الکتریکی و بخار فشار پائین جهت فرآیند نیاز دارند.

معمولاً برق مورد نیاز واحدهای صنعتی، ساختمان‌های تجاری و ساختمان‌های مسکونی از نیروگاه‌های عمده کشور تأمین می‌شود. در حالی که نیاز حرارتی تمام آنها در همان محل تولید می‌گردد.

اما روش دیگری که از دیرباز وجود داشته و امروزه توجه بیشتری را معطوف خود کرده، تولید مشترک برق و حرارت می‌باشد که عبارتست از تولید همزمان برق، یا توان محوری و حرارت مفید توسط یک سیستم.

سال‌ها پیش این فناوری برای اولین بار در نیروگاه‌های سیکل بخار بکار رفته و از بخار استخراج شده از سیکل برای مصارف گرمایشی کارخانه و واحدهای اطراف آن استفاده می‌شده است.

این عمل گرچه کمی باعث کاهش راندمان نیروگاه بوده اما با تأمین حرارت مورد نیاز واحد از مصرف حجم زیادی سوخت جلوگیری می‌کرده است.

خوشبختانه این ایده تنها به نیروگاه‌های بخار محدود نشد و در طی این سال‌ها، به ویژه در سال‌های اخیر، فناوری تولید مشترک برق و حرارت، که بهره‌وری بالایی را در مصرف انرژی به دنبال دارد، به سایر مولدهای تولید قدرت (مکانیکی یا الکتریکی) گسترش داده شد.

به عبارت دیگر امروزه می‌توان با پیشرفت‌های صورت گرفته، هر سیستم مولد قدرتی با هر اندازه و کاربرد را به صورت یک واحد مشترک طراحی نمود.

به این ترتیب علاوه بر تولید توان الکتریکی یا مکانیکی توسط دستگاه، امکان استحصال حرارت اتلافی مولد یا موتور به صورت انرژی گرمایی قابل استفاده وجود دارد.

امروزه به دلیل توجه خاصی که به این نوع سیستم‌ها می‌شود و نیز اهمیت کاربرد آن در دنیای امروز و نهادینه کردن فرهنگ استفاده از آن، در ادبیات مهندسی به جای اصطلاح دیرآشنای Cogeneration از عنوان «سیستم ترکیبی حرارت و قدرت» (CHP) Combined Heat & Power استفاده می‌شود.

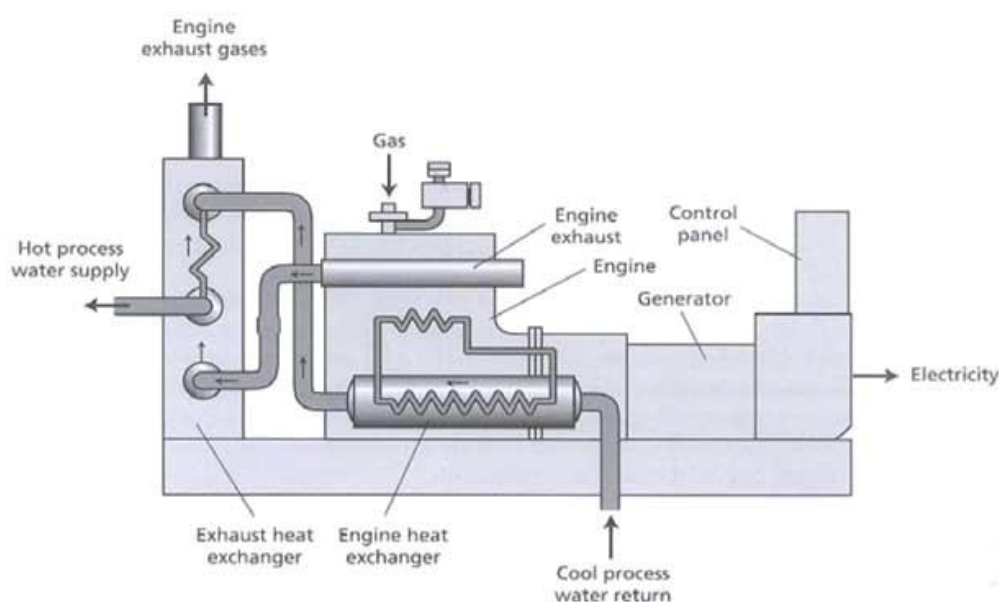
بنابراین سیستم CHP در اصل یک فناوری جدید محسوب نمی‌شود. اما آن چنان پیشرفت و گسترش یافته است که کمتر شباهتی با مفهوم کلمه مترادفش، Cogeneration دارد.

همانطور که گفته شد سیستم های CHP غالباً برای تولید برق و حرارت به صورت همزمان طراحی می‌شود. یک محرک اولیه (موتور یا توربین) انرژی شیمیایی سوخت را آزاد نموده و به توان مکانیکی در محور خروجی تبدیل می‌کند.

در این موارد، محور محرک با یک ژنراتور کوپل شده و توان الکتریکی تولید می‌شود، از طرف دیگر، حداکثر راندمان موجود برای محرک اولیه دستگاه و مولد کمتر از 50% است و این به معنی اتلاف بیش از نیمی از انرژی سوخت به صورت حرارت می‌باشد.

در این نوع سیستم، منابع اتلاف این حرارت، که عبارتند از گازهای خروجی از محرک اولیه، سیکل خنک کن و روغن روغنکاری، شناسایی شده و با قرار دادن مبدل های حرارتی، گرمای اتلافی به شکل حرارت با دمای بالا (حرارت قابل استفاده) بازیافت می‌شود.

با فراهم شدن امکان استحصال حرارت اتلافی در سیستم تولید مشترک برق و حرارت خصوصیات منحصر به فرد این سیستم به دست می‌آید.



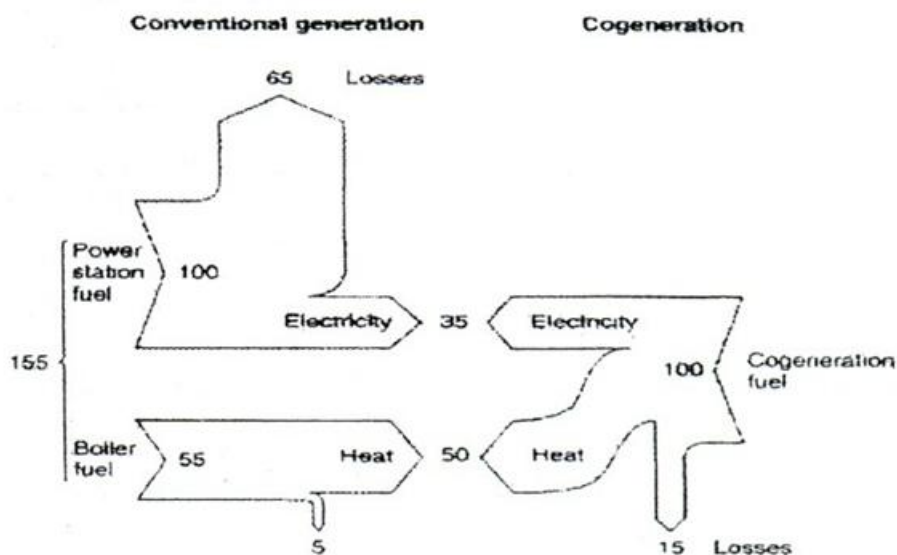
نوعی سیستم تولید مشترک برق و حرارت

دستگاه CHP بهترین بهره‌وری در مصرف انرژی سوخت را دارد. به گونه‌ای که متوسط راندمان یک مولد برق در حدود 35% و متوسط راندمان یک بویلر 90% است.

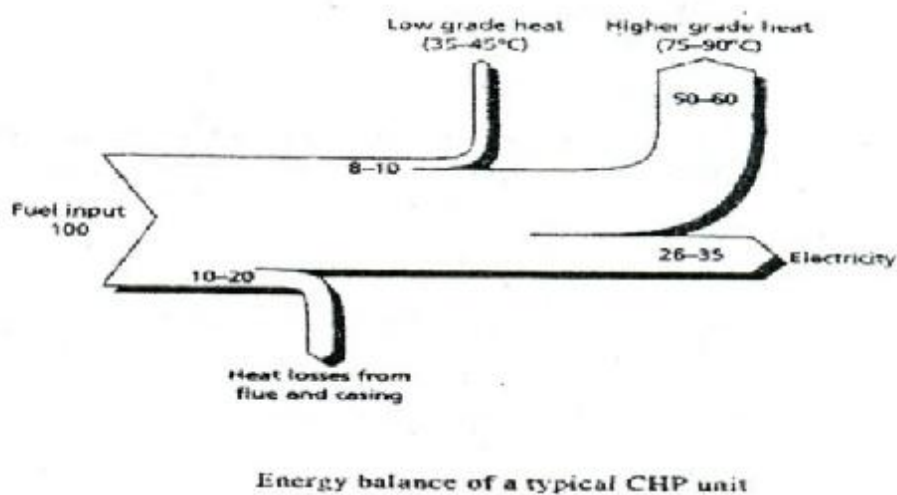
در حای که یک سیستم CHP با تولید هر دوی این محصولات راندمانی بیش از 85% دارد.

یعنی راندمان الکتریکی آن حدود 35% و راندمان حرارتی (منظور از راندمان حرارتی عبارتست از انرژی حرارتی تولید شده به انرژی سوخت مصرفی) 50% است.

از طرف دیگر در مقایسه با سیستم های تولید برق و تولید حرارت متشابه رایج که به صورت مجزا هستند، حدود 35% سوخت کمتری مصرف می کند.



مقایسه یک واحد CHP با نوع متداول



بالانس انرژی یک واحد CHP

همچنین از دید ملی، این صرفه جویی در مصرف سوخت می تواند چه از طریق صادرات و چه از طریق فراهم آمدن شرایطی برای استفاده های سودمندتر از سوخت فسیلی مزیت محسوب شود.

به علاوه استفاده هر چه کمتر از سوخت های فسیلی باعث کاهش آلاینده های محیط زیست می شود.

سیستم های CHP نه تنها توسط فیلترهایی از آزاد شدن آلاینده هایی مانند CO ، CO_2 ، NO_x و UHC جلوگیری می کند، بلکه کاهش 35 درصدی سوخت در این دستگاه ها نقش بزرگی در کم شدن تولید آنها دارد.

سیستم CHP در زمینه های مختلف صنعتی و کشاورزی (به ویژه گلخانه ها)، تجاری (Commercial) و مسکونی (residential) استفاده می شود و بنابراین اندازه های متنوعی از آن وجود دارد.

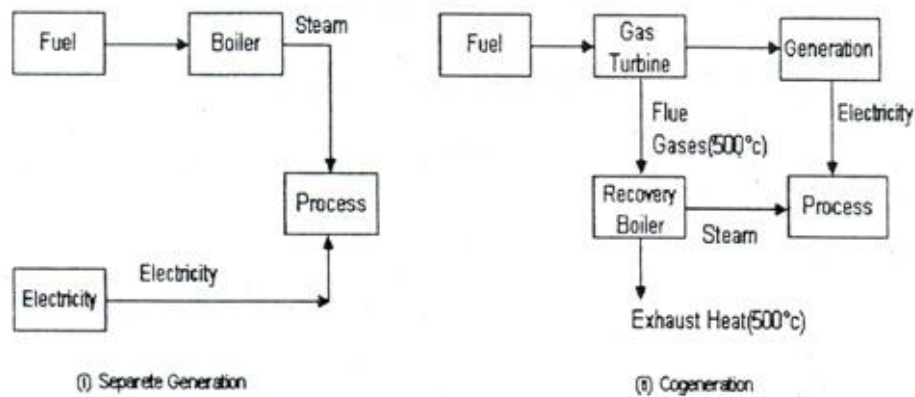
اندازه سیستم CHP بر حسب توان الکتریکی تولیدی آن بیان می شود و در یک طبقه بندی رایج در سه طیف عمده تقسیم بندی می شود .

Large- Scale CHP	>1 Mwe
Small - Scale CHP	>1 Mwe
Mini - Scale CHP	>30 Mwe

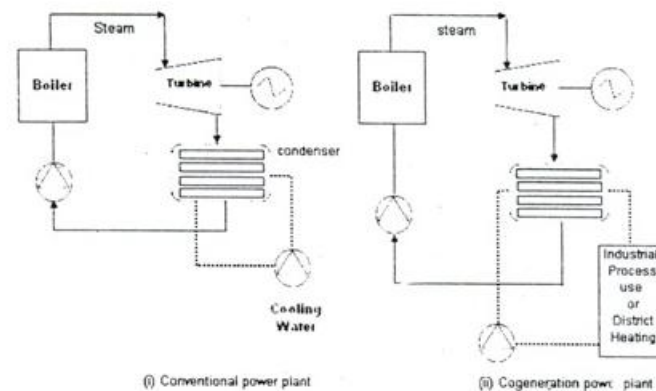
گر چه به طور قطع نمی توان زمینه استفاده CHP ها را بر این تقسیم بندی منطبق دانست اما عموماً اندازه های بیش از چند مگاوات را در بخش صنعت، کمتر از 1^{MWE} را در بخش تجاری و اندازه های کوچک را در مصارف خانگی استفاده می کنند.

البته مجدداً لازم به یادآوری است که استفاده از CHP تنها در تولید برق و آب داغ یا بخار کم فشار محدود می شود و اتفاقاً در اندازه های بزرگتر آن از توان محور برای بکار انداختن کمپرسورهای چیلر، یخچال های صنعتی و یا هوای فشرده و از حرارت استحصالی برای گرمایش محیط به طور مستقیم، چیلرهای جذبی و حرارت مورد نیاز فرآیندهای صنعتی مانند خشک کن استفاده می شود.

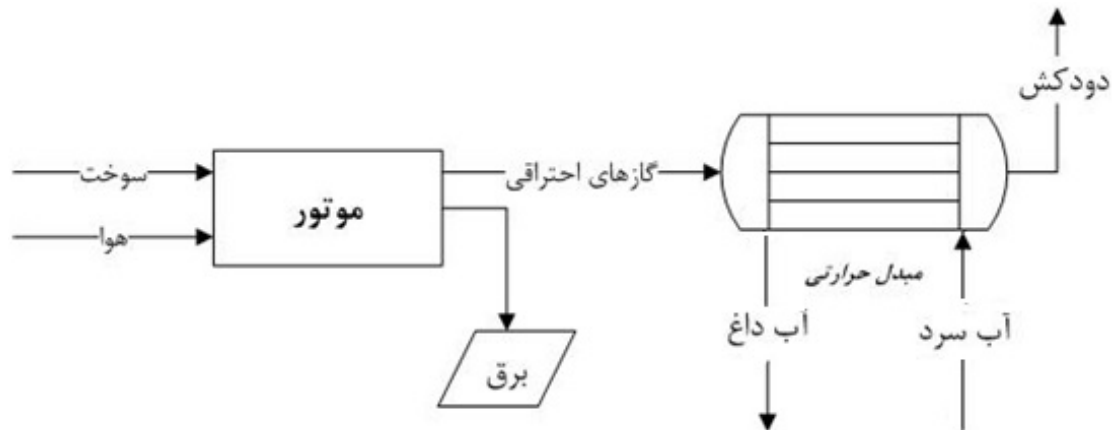
تفاوت بین سیستم تولید مشترک (CHP) و سیستم تولید مجزا و متداول در شکل زیر نشان داده شده است. همچنین در قسمت دوم شکل دو نیروگاه متداول و تولید مشترک مشخص شده است.



مقایسه سیستم مجزای تولید توان و حرارت با سیستم تولید مشترک در صنعت



سیستم های CHP غالباً برای تولید برق و حرارت به صورت همزمان از یک منبع انرژی توسط یک سیستم یکپارچه طراحی می شوند. فن آوری های CHP می تواند توسط توربین های گازی، بخار و یا موتورهای احتراق داخلی تأمین شوند. این نوع سیستم ها در بعضی از صنایع که به طور همزمان به انرژی الکتریکی و بخار (بخار فشار پایین) جهت انجام فرآیندهای صنعتی نیاز دارند استفاده می شود.



سیستم تولید همزمان برق و آبگرم CHP

مثال) طراحی قصد دارد جهت تأمین برق و آبگرم مصرفی تأسیسات یک ساختمان از سیستم CHP به صورت موتور ژنراتور دیزل به همراه مبدل استفاده نماید. بازده موتور انتخابی 35% و مصرف سوخت آن معادل 400 kw می باشد همچنین دمای آب سرد ورودی به مبدل 30°C و دمای آبگرم مصرفی مد نظر 70°C می باشد. چنانچه مقدار انرژی خروجی از دودکش معادل 60 کیلووات باشد، مقدار توان و آبگرم تأمین شده توسط سیستم را با چشم پوشی از اتلافات حرارتی محاسبه نمایید؟

$$\text{توان تولیدی} \\ \text{بازده موتور} = \frac{\text{توان}}{\text{ارزش سوخت مصرفی}} \quad \text{حل ()}$$

$$0.35 = \frac{P}{400} \Rightarrow P = 140 \text{ (kw)}$$

$$\text{توان حرارتی گازهای خروجی از موتور} = 400 - 140 = 260 \text{ kw}$$

$$\text{مقدار انرژی انتقال داده شده به سیال} = 260 - 60 = 200 \text{ kw}$$

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p\Delta T \Rightarrow 200 = \dot{m} \times 4.2 \times (70 - 30) \Rightarrow \dot{m} = 1.19 \text{ kg/s}$$

فصل 4

مدیریت هوشمند ساختمان

(BMS)

مقدمه:

امروزه با افزایش شدید جمعیت شهرها و در نتیجه ایجاد برج‌های اداری و مسکونی، استفاده از سیستم مدیریت ساختمان (BMS) به منظور ارتقاء سطح خدمات ساختمانی متناسب با پیشرفت‌ها و فناوری روز و دستیابی به مصرف بهینه انرژی بیش از پیش متداول گشته است. چنانچه این مجموعه‌های ساختمانی از حساسیت‌های ویژه امنیتی، سیاسی و یا اقتصادی مانند وزارت‌خانه‌ها برخوردار باشند، ضرورت بکارگیری سیستم مدیریت ساختمان اجتناب‌ناپذیر خواهد شد.

روش‌های قدیمی کنترل و مدیریت ساختمان محدود به مباحث بهینه‌سازی مصرف انرژی و مدیریت سیستم‌های تهویه مطبوع و کنترل جداگانه و محلی اجزای ساختمان بوده است. با پیشرفت فناوری ارتباطات، مخابرات و رایانه با کاهش هزینه‌های بکارگیری از این سیستم‌ها، محدوده وظایف سیستم مدیریت و اتوماسیون گسترش یافته و هم‌اکنون شامل سیستم‌های متعددی می‌باشد که به طور همزمان و موازی کار مدیریت و کنترل ساختمان را انجام می‌دهند. به عبارت دیگر یک ساختمان هوشمند (Intelligent Building) خواهیم داشت. استفاده صحیح از سیستم‌های فوق منجر به افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و صرفه‌جویی انرژی خواهد شد، به طوری که صرفه‌جویی‌های ناشی از بکارگیری این سیستم‌ها در مدت زمان کوتاهی موجب جبران هزینه‌های مربوطه می‌شود.

4-1 اهداف بکارگیری سیستم مدیریت ساختمان

به طور کلی هر سیستم مدیریت ساختمان اهداف و وظایف زیر را دنبال می‌کند:

- بهبود کارایی و عملکرد سیستم‌های ساختمان
- کاهش نیروی انسانی و خطاهای ناشی از عملکرد افراد
- افزایش بهره‌وری خصوصاً در زمینه‌های نیروی انسانی

- اتوماسیون قابل انعطاف در تمامی اجزای ساختمان
- بهینه‌سازی و جلوگیری از مصرف بیهوده سوخت و انرژی الکتریکی
- تثبیت محدوده آسایش حرارتی ساکنین ساختمان
- کاهش استهلاک تجهیزات و هزینه‌های مربوطه
- کاهش هزینه‌های سرویس - نگهداری تاسیسات حرارتی
- کاهش تولید و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی

افزایش سطح رفاه و بوجود آمدن محیطی مناسب جهت کار پرسنل شاغل در ساختمان آشکار می‌گردد. برآورد کردن اهداف فوق در ساختمان‌ها و ادارات کوچک و یا خانه‌ها ممکن است، فعلا توجیه اقتصادی نداشته باشند ولی استفاده از سیستم BMS در سازمان‌ها و ادارات بزرگ هم اکنون بسیار متداول و معمول شده و هر ساله صرفه‌جویی اقتصادی عظیمی را برای کشورهای صنعتی به ارمغان می‌آورد.

2-4 عملکرد ساختمان هوشمند

یک ساختمان هوشمند بنا به تعریف انستیتو ساختمان‌های هوشمند بنایی است که با استفاده بهینه از چند عنصر پایه: سازه و سیستم و خدمات و مدیریت و روابط درونی آنها، محیطی مناسب و دارای صرفه اقتصادی ایجاد نماید. در ساختمان هوشمند بسیاری از اعمالی که ساکنان از روی عادت و بصورت غیرارادی انجام می‌دهند توسط سیستم‌های هوشمند انجام می‌گردد که باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه نیروی انسانی می‌گردد. در جهت کاهش هزینه‌های صنعت ساختمان و استفاده بهینه از تکنولوژی و بکارگیری فناوری ارتباطات و رایانه عملکرد سیستم‌های مدیریت و اتوماسیون ساختمان چشمگیرتر می‌گردند که در مجموع صرفه‌جویی انرژی را در برخواهد داشت بطوریکه صرفه‌جویی‌های ناشی از بکارگیری این سیستم‌ها در مدت زمان کوتاهی موجب جبران هزینه‌های مربوطه می‌شود.

سیستمهای کنترل هوشمند دارای انعطاف بالایی خواهند بود که می‌توان بر راحتی آنها را با نیازهای مختلف منطبق نمود. همچنین در هنگام بهره‌برداری بر راحتی می‌توان عملیات تغییر و بهینه‌سازی برای راهبری بهتر و کاهش هزینه‌های انرژی و کاهش هزینه‌های تعمیراتی را انجام داد.

با بکارگیری انواع و اقسام سنسورهای حسی در داخل و خارج ساختمان و با بکارگیری یک شبکه و سیستم واحد می‌توان بصورت دائمی اطلاعات دما، فشار، رطوبت، دبی هوا، میزان اکسیژن و دی اکسید کربن را در اختیار داشت و از آنها در جهت رسیدن به شرایط ایده‌آل استفاده کرد. در یک ساختمان هوشمند با امکانات نرم‌افزاری بوجود آمده می‌توان نمودارهای مختلفی را بر حسب زمان در اختیار داشت و از آنها در جهت بهبود کیفی شرایط زیستی و حداکثر استفاده از هوای طبیعی را برای ساکنین بوجود آورد. در زمان کارکرد سیستم هوشمند ساکنان در جهت صرفه‌جویی مصرف انرژی حق باز کردن پنجره‌ها را نخواهند داشت و در ساختمانهای اداری قبل از اتمام ساعت کار این سیستم بصورت اتوماتیک و متناوب شروع به خاموش کردن سیستمهای تهویه مطبوع می‌کند.

در یک ساختمان هوشمند با امکانات بوجود آمده می‌توان در هر زمان میزان انرژی بر پایه مصرف انرژی سوخت و برق را بدست آورد و از آن در جهت کاهش مصرف انرژی و بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان بهره برد. (مبحث نوزدهم - مقررات ملی ساختمان)

بیشترین مصرف انرژی در ساختمان توسط سیستم روشنایی بوجود می‌آید که با هوشمندسازی این سیستم می‌توان از اتلاف انرژی تا حد زیادی جلوگیری کرد که این عمل با ترکیب روشنایی روز و روشنایی مصنوعی به بهترین نحو و خاموش کردن چراغها در زمان بدون مصرف بوجود می‌آید. سیستم‌های مدرن مدیریت ساختمان امروزه بر پایه وب - web base - نگاشته می‌شوند که بزرگترین حسن آن در بکارگیری امتیازات شبکه جهانی اینترنت و کنترل ساختمان از راه دور توسط سیستم‌های ارتباطی متداول در دنیا است به اینصورت

که با راه‌اندازی سایت ساختمان موردنظر و با وارد کردن شناسه کاربری و رمز عبور می‌توان از هر مکانی بر ساختمان احاطه داشت.

در اینگونه ساختمان‌ها می‌توان با نصب تابلوهای نمایشگر الکترونیکی در مکانهای خاص ساختمان و نمایش دادن اطلاعات مختلف از سیستمهای کنترلی ساختمان زندگی را برای ساکنین لذت‌بخش کرد. گزیده‌ای از ویژگی‌های یک ساختمان هوشمند به قرار زیر می‌باشد:

در این نوع از ساختمان‌ها بسیاری از اعمالی که کارکنان از روی عادت و طبق یک روال مشخص انجام می‌دهند توسط سیستم هوشمند انجام می‌گیرد. انجام این امور توسط این سیستم باعث صرفه‌جویی در وقت و انرژی کارکنان شده و امکانات رفاهی بیشتر را برای آنان فراهم می‌کند.

ساختمان مجهز به حسگرهای متعددی در سقف اتاق‌ها، راهروها و مکان‌های مختلف می‌شود که از این طریق به شکل پیوسته اندازه‌گیری دما، رطوبت، جریان هوا، میزان نور، میزان اکسیژن و دی‌اکسید کربن اندازه‌گیری می‌شود. توسط برخی از این حسگرها حتی سیستم می‌تواند حضور انسان‌ها را تشخیص داده و تعداد آنها را تخمین بزند. با آمار به دست آمده توسط حسگرها تهویه مناسب برای کارکنان انجام می‌گیرد.

امکان کنترل ساختمان از راه دور توسط وسایل ارتباطی مختلف از قبیل موبایل، رایانه و ... وجود دارد. مهار احتراق در ساختمان به طریق موثر و به سرعت انجام می‌گیرد. عملیات مهار حریق بدون آسیب‌رسانی به اشخاص و سایر تجهیزات ساختمان انجام می‌شود.

رفت و آمد تمامی افراد تحت نظر سیستم مدیریت هوشمند ساختمان و با توجه به سطح دسترسی آنها صورت می‌پذیرد. حضور و غیاب اشخاص و مدت زمان کاری آنها توسط سیستم محاسبه می‌شود.

در یک ساختمان هوشمند میزان مصرف انرژی در هر پریود زمانی اندازه‌گیری و ذخیره می‌شود. از این اطلاعات بعداً برای بهینه‌سازی مصرف انرژی استفاده می‌شود.

سیستم جابجایی افراد و حمل و نقل تجهیزات به نحوی برنامه‌ریزی می‌شود که در حداقل زمان و مسیر ممکن بیشترین مسافر و یا بار را جابجا کند.

کنترل و دسترسی از راه دور از هر نقطه از دنیا با استفاده از شبکه اینترنت امکان‌پذیر است. کاربر با وارد کردن کد دسترسی می‌تواند تغییراتی در سیستم مدیریتی ساختمان به وجود آورده و از راه دور اعمال‌نظر کند. این اعمال‌نظر می‌تواند حتی مربوط به جزییاتی مثل تغییر دمای یک اتاق باشد.

مدیران ساختمان می‌توانند با داشتن تجهیزات رایانه‌ای به راحتی از طریق شبکه رایانه‌ای که متناسب با ساختمان طراحی شده است با یکدیگر ارتباط صوتی و تصویری داشته و به تبادل نظرات و حتی کنفرانس ویدیویی بپردازند.

با ایجاد شبکه رایانه‌ای مناسب برای ساختمان و با اختصاص دادن پست الکترونیکی به مدیران، معاونان و حتی کارکنان، دریافت و ارسال مدارک بدون استفاده از کاغذ و لوازم هزینه‌بر را در داخل ساختمان و با سازمان‌های دیگر امکان‌پذیر است. با ایجاد این شبکه رد و بدل مدارک در عرض چند ثانیه انجام می‌گیرد.

سیستم روشنایی، متناسب با شرایط روز نوررسانی را تنظیم کرده و مصرف را به حداقل می‌رساند. در ساعات غیراداری تجهیزات روشنایی به طور اتوماتیک خاموش شده و از هدرروی انرژی جلوگیری می‌شود. رفت و آمد پرسنل شاغل در ساختمان تحت کنترل بوده و سیستم اجازه عبور و دسترسی افراد به اتاق‌های مختلف را می‌دهد.

3-4 اجزای یک ساختمان هوشمند ایده‌آل

در حال حاضر یک سیستم مدیریت ساختمانی وظیفه کنترل، مدیریت و نظارت بر زیرسیستم‌هایی را دارد که در ادامه آمده است:

1- تهویه مطبوع

- 2- روشنایی
- 3- جابجایی نفرات و حمل و نقل تجهیزات
- 4- اطلاع رسانی (Information panels)
- 5- کنترل تردد
- 6- شناسایی، اعلام و اطفاء حریق (FADS)
- 7- دوربین مدار بسته
- 8- تلفن سانترال
- 9- کنفرانس ویدیویی
- 10- شبکه اینترنت
- 11- پست الکترونیکی

ویژگی‌های منحصر به فرد استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه در مقایسه با سایر روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی:

مستقل بودن عملکرد سیستم از مساحت زیربنای ساختمان

با افزایش مساحت زیربنای ساختمان، مصرف سوخت و انرژی آن نیز به نسبت ساختمان‌های کوچک‌تر افزایش می‌یابد و موجب می‌شود تا اجرای روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های بزرگ‌تر، پرهزینه‌تر شود. به عنوان مثال در صورتی که مساحت پنجره‌های هر ساختمان 15% مساحت کل ساختمان در نظر گرفته شود در یک ساختمان با مساحت 10/000 مترمربع، مقدار و هزینه اجرای پنجره دوجداره 5 برابر مقدار و هزینه اجرای آن در یک ساختمان با مساحت 2000 مترمربع می‌باشد و به همین ترتیب برای اجرای روش‌های دیگری مانند: عایق حرارتی، عایق‌های حرارتی دیوار و کف و سقف، شیرهای ترموستاتیک رادیاتور.

برخلاف روش‌های فوق، سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه دارای ویژگی منحصر به فرد و متمایز «مستقل بودن عملکرد از مساحت بنای ساختمان» می‌باشند. به عبارت دیگر در موتورخانه هر ساختمان، صرف نظر از مساحت آن، تنها با نصب یک دستگاه با هزینه‌ای ثابت و حداقل، موتورخانه هوشمند می‌گردد. دلیل این ویژگی منحصر به فرد در تعداد مشعل‌ها و دیگ‌های هر موتورخانه است. تعداد و ظرفیت حرارتی مشعل‌ها و دیگ‌های تأسیسات حرارتی هر ساختمان (مصرف کنندگان سوخت) با مساحت آن نسبت مستقیم دارد و همواره تعداد مشعل‌ها و ترکیب ظرفیت حرارتی آن‌ها به نحوی است که علاوه بر تأمین بار حرارتی مورد نیاز ساختمان، موجب افزایش هزینه‌های اجرایی نیز نگردند. طبق تحقیقات انجام شده در سطح موتورخانه‌های کشور در بیش از 99% ساختمان‌های موجود تعداد دیگ‌ها و مشعل‌ها حداکثر 3 دستگاه می‌باشد. در ساختمان‌های کوچک با مساحت زیر 2000 مترمربع، ظرفیت حرارتی مشعل‌ها و دیگ‌ها پایین و در حدود 100000-150000 kcal/h می‌باشد و با افزایش مساحت ساختمان با ثابت ماندن تعداد دیگ و مشعل، ظرفیت حرارتی آن‌ها افزایش می‌یابد و حتی به حدود 1000000 kcal/h و یا بیشتر نیز می‌رسد.

عملکرد هر خروجی مشعل یا پمپ در سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه به شکلی است که به صورت سریال (سری) در مدار برق این تجهیزات قرار گرفته و صرف نظر از ظرفیت جریانی و آمپراژ آن‌ها با فرمان ON/OFF در زمان‌های مقتضی آن‌ها را کنترل می‌نماید.

پیک‌زدایی مصرف سوخت در اوج سرما

اوج مصرف گاز در فصل سرما از ساعت 17 تا ساعات اولیه بامداد می‌باشد. این محدوده زمانی مقارن با غروب خورشید و کاهش دمای هوا و نیاز به افزایش فرآیند گرمایشی ساختمان می‌باشد (افزایش درجه حرارت بخاری‌های گازسوز، افزایش درجه ترموستات دیگ در ساختمان‌های دارای موتورخانه مرکزی و یا افزایش تعداد رادیاتورهای فعال در هر واحد ساختمانی). نکته قابل توجه دیگر، زمان پایان ساعت کاری ادارات،

مجمع‌های عمومی و تجاری و مدارس می‌باشد که دقیقاً همزمان با ساعات اوج مصرف گاز می‌باشد. این مهم در کنار قابلیت ویژه و منحصر به فرد سیستم‌های کنترل هوشمند که توانایی خاموشی و یا اعمال دمای آماده‌باش مصرف موتورخانه ساختمان‌های غیرمسکونی پس از پایان ساعت کاری را دارند مفهوم ویژه‌ای را پدید می‌آورد: پیک‌زدایی مصرف در اوج سرما

از مصرف گاز سالانه تأسیسات حرارتی هر ساختمان در حدود 20% آن مربوط به فصل گرما (متوسط 7 ماه سال) و در حدود 80% آن مربوط به فصل سرما (متوسط 5 ماه یا 150 روز در سال) می‌باشد.

همچنین در بسیاری از ساختمان‌های اداری و مدارس، موتورخانه در تابستان خاموش و تنها در زمستان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. بنابراین در این دسته از ساختمان‌ها عملاً 100% صرفه‌جویی حاصل از عملکرد سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه مربوط به فصل سرما خواهد بود. که طبیعتاً میزان اثربخشی آن بر روی جبران پیک مصرف نیز بسیار محسوس و قابل تأمل می‌باشد.

در حدود 80% از حجم گاز صرفه‌جویی شده حاصل از عملکرد سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه در فصل سرما مربوط به خاموشی یا دمای آماده‌باش موتورخانه پس از پایان ساعت کاری ساختمان‌های غیرمسکونی و از ساعت 17 تا ساعت‌های اولیه بامداد می‌باشد که همزمان با ساعات اوج مصرف گاز است.

پیک‌های مصرف گاز در ساختمان‌های غیرمسکونی و اداری طی دو نوبت یکی صبح‌ها به هنگام شروع کار ادارات و دیگری در هنگام ظهر و موقع نماز و ناهار و استفاده از آب گرم مصرفی می‌باشد که البته اثرات آن بر روی مصرف گاز شبکه ناچیز می‌باشد ولی با این وجود در صورت استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه با توجه به افزایش دمای هوا به هنگام ظهر و نیاز گرمایش کمتر در این مقطع زمانی نیز پیک‌زدایی صورت می‌پذیرد.

کنترل مستقیم و از مبدأ تجهیزات حرارتی ساختمان

با اجرای روش‌های مختلف بهینه‌سازی در ساختمان‌هایی که دارای سیستم حرارت مرکزی می‌باشند، فرآیند صرفه‌جویی و کاهش مصرف سوخت نهایتاً منجر به تقلیل زمان کارکرد مشعل‌ها به دو صورت مستقیم و یا غیرمستقیم می‌گردد.

سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه به طور مستقیم علاوه بر کنترل زمان روشنی - خاموشی مشعل‌ها، پمپ‌های آب گرم چرخشی را نیز با منطقی هماهنگ و سازگار با برنامه کارکرد مشعل‌ها، متناسب با تغییرات دمای خارج ساختمان و شرایط مطلوب دمای آب گرم مصرفی کنترل می‌نماید.

این ویژگی منحصر به فرد (کنترل تجهیزات در مبدأ) باعث می‌گردد تا دمای آب گرم چرخشی تنها به اندازه مورد نیاز و تا برقراری شروط مصارف گرمایشی افزایش یابد. در غیر این صورت همواره دمای آب گرم چرخشی در بالاترین حد خود بوده و با اجرای روش‌های بهینه‌سازی در محل مصرف می‌بایست از اتلاف آن جلوگیری نمود. علاوه بر آن کنترل مستقیم پمپ‌های آب گرم چرخشی به میزان قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی الکتریکی، صرفه‌جویی شده و هزینه‌های استهلاک و سرویس - نگهداری نیز به شدت کاهش می‌یابند.

بهینه‌سازی مضاعف مصرف سوخت در ساعت‌های تعطیلی ساختمان‌های غیرمسکونی

قابلیت‌های کنترلی سیستم‌های هوشمند موتورخانه موجب صرفه‌جویی در مصرف سوخت به دو صورت زیر می‌گردند:

الف) کنترل مصارف گرمایشی در زمان کارکرد و بهره‌برداری از موتورخانه

ب) امکان خاموشی و یا آماده‌باش موتورخانه در دمایی ثابت و پایین پس از ساعت کاری در ساختمان‌های غیرمسکونی

ساختمان‌ها به لحاظ کاربری به دو دسته مسکونی و غیرمسکونی (اداری - آموزشی - عمومی - تجاری) تقسیم می‌شوند. در ساختمان‌های مسکونی از موتورخانه به صورت پیوسته و دائم به منظور تأمین مصارف گرمایشی استفاده می‌شود و صرفه‌جویی ناشی از عملکرد سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه در این دسته از ساختمان‌ها صرفاً به لحاظ اعمال تغییرات دمای خارج ساختمان و کنترل دمای آب گرم مصرفی می‌باشد و صرفه‌جویی در این ساختمان‌ها تا 20% امکان‌پذیر است.

در ساختمان‌های غیرمسکونی مانند ادارات و مدارس به دلیل استفاده‌ی منقطع و غیرپیوسته از ساختمان، امکان خاموشی و یا آماده‌باش موتورخانه پس از ساعت کاری نیز وجود دارد. بهره‌برداری از این پتانسیل تنها توسط سیستم‌های کنترل هوشمند امکان‌پذیر می‌باشد. به عنوان مثال در مدرسه‌ای که ساعت کاری آن از ساعت 7 صبح تا 16 عصر می‌باشد، و جمعه‌ها نیز تعطیل است، تنها از محل خاموشی موتورخانه پس از ساعت کاری بیش از 55% صرفه‌جویی حاصل می‌شود در صورتی که صرفه‌جویی زمان کارکرد موتورخانه نیز به آن اضافه گردد این رقم صرفه‌جویی به حدود 65% افزایش می‌یابد.

در سایر روش‌های بهینه‌سازی، صرفه‌جویی در مصرف سوخت تنها در زمان کارکرد موتورخانه ممکن می‌باشد و قادر به استفاده از پتانسیل بالای صرفه‌جویی زمان تعطیلی در ساختمان‌های غیرمسکونی نمی‌باشند.

صرفه‌جویی هوشمند در پیش راه‌اندازی و تسریع در خاموشی (یا دمای آماده‌باش) موتورخانه ساختمان‌های

غیرمسکونی

یکی دیگر از پتانسیل‌های قابل ملاحظه صرفه‌جویی در مصرف سوخت ساختمان‌های اداری - آموزشی، استفاده از قابلیت‌های هوشمند پیش راه‌اندازی و تسریع در خاموشی یا آماده‌باش سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه در ساختمان‌های غیرمسکونی می‌باشد. سیستم‌های کنترل هوشمند قادر می‌باشند طبق برنامه جدول زمانی و متناسب با سردی هوای خارج ساختمان موتورخانه‌ها را از چندین ساعت زودتر از ساعت شروع به کار ساختمان روشن و یا از دمای آماده‌باش به شرایط تابع حرارتی برسانند. همچنین با توجه به دمای هوای خارج ساختمان و

در ساعات انتهایی کار ساختمان، تا 1 ساعت زودتر موتورخانه را خاموش و یا به دمای آماده‌باش می‌برند که موجب صرفه‌جویی هوشمند در مصرف سوخت می‌گردد.

دوره مؤثر صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف سوخت (12 ماه سال)

سیستم‌های کنترل هوشمند برخلاف سایر روش‌های بهینه‌سازی (به استثناء عایق کاری موتورخانه و سیستم‌های لوله‌کشی) که تنها در دوره سرما و پنج یا شش ماه سال قادر به صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف سوخت ساختمان می‌باشند، به دلیل کنترل دمای آب گرم مصرفی با دو دمای حداقل و حداکثر در طی شبانه روز در تابستان‌ها نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای مصرف سوخت را کاهش می‌دهند و بدین ترتیب به صورت لحظه‌ای در 12 ماه سال فعال می‌باشند.

زمان مناسب نصب و بهره‌برداری از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه

مدت زمان نصب و راه‌اندازی سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه بسیار کوتاه و بطور متوسط در حدود 3 ساعت می‌باشد که بدون انجام هیچگونه تغییرات مکانیکی در موتورخانه انجام می‌گردد. به همین علت این روش در هر زمان از سال قابل اجرا می‌باشد و هیچگونه وقفه‌ای در تامین مصارف گرمایشی ساختمان بوجود نمی‌آورد.

در دیگر روشهای بهینه‌سازی این فاکتور عامل محدودکننده‌ای برای زمان اجرای پروژه می‌باشد. بعنوان مثال پنجره‌های دوجداره را نمی‌توان در فصل سرما و در ساختمانهایی که از آن بهره‌برداری شده است اجرا نموده یا تعویض شیرهای ترموستاتیک رادیاتور با شیرهای قدیمی در زمستان موجب اختلال چندروزه در گرمایش ساختمان می‌گردد.

تثبیت محدوده آسایش حرارتی در ساختمان

در صورت استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه بدلیل لحاظ نمودن تغییرات دمای خارج ساختمان بر فرآیند کنترل دمای آب گرم چرخشی دمای داخل ساختمان با دامنه نوسانات محدودی کنترل شده و موجب تثبیت نسبی آسایش حرارتی ساکنین می‌گردد. البته این ویژگی بصورت دقیق‌تر در شیرهای ترموستاتیک رادیاتور نیز وجود دارد.

فصل 5

سوخت ها و مشعل ها

مقدمه:

هر سوخت متعارف از نظر ویژگی‌های احتراق با سوخت‌های دیگر تفاوت دارد و بر انتقال گرما تأثیر می‌گذارد. سوخت‌ها می‌توانند جامد یا مایع یا گازی باشد و هر یک تجاری یا ضایعات باشد. سوخت‌های تجاری سوخت‌های فسیلی هستند که استخراج می‌شوند و تا درجات مختلف پردازش یا پالایش می‌شوند و توسط سازمان‌هایی مانند شرکت‌های نفت در سرتاسر کشور فروخته می‌شوند. سوخت‌های ضایعاتی محصولات فرعی یا الحاقات فعالیت‌های خانگی هستند که فقط در حد محدودی موجود هستند.

در سوخت‌ها عواملی غیر از تبدیل ساده به گرما نیز باید مورد توجه قرار گیرند از جمله آن عوامل، ذخیره‌سازی و بکارگیری سوخت‌ها، نگهداری، اثرات محیطی و غیره می‌باشند. همه این‌ها بر کارایی کلی و هزینه واقعی احتراق یک سوخت تأثیر می‌گذارد.

5-1 گاز طبیعی (گاز لوله)

بخاطر اینکه این گاز براحتی با هوا ترکیب می‌شود و بدون ایجاد دوده و دوده می‌سوزد، هزینه نگهداری دیگ و کوره پایین است. مشعل‌های گاز طبیعی با داشتن قسمت‌های مکانیکی کمتر ساده‌تر و بنابراین نگهداری آنها ارزانتر است.

گاز طبیعی طبیعتاً سوخت ترجیحی برای سوخت یک دستگاه است اگر راحتی کار فقط مورد توجه باشد. این سوخت لازم نیست ذخیره شود. همراه با تمام هیدروکربن‌گازی، به سادگی با هوای احتراق مخلوط می‌شود و به صورت مطلوب، محصولات احتراق فقط آب و دی‌اکسید کربن است. این بحث‌های اصلی به نظر می‌رسد مهم باشد چون در سطح جهان اکثریت تأسیسات جدید، دیگ کوره در سال‌های اخیر گاز سوز بوده‌اند.

در دسترس بودن یک منبع گاز مناسب در محل‌های مصرف باید قبلاً بررسی شود چون محدودیت‌های محلی در سیستم توزیع می‌تواند گاهی به تأخیر در تأمین سوخت منجر شود. عامل دوم ایمنی است.

سوم اینکه سوخت گاز باعث آلودگی نمی‌شود اما شامل گازهایی می‌شوند که به اثرات گلخانه‌ای کمک می‌کنند که گاز متان یکی از انواع آن است. دی‌اکسید کربن که بوسیله احتراق تمامی سوخت‌ها تولید می‌شود یکی دیگر از آلاینده‌ها است.

تولید آن نه تنها غیر قابل اجتناب است بلکه مطلوب هم هست چون حضور آن نشان دهنده احتراق کامل گاز است. اما گاز لوله اکسیدنیترژن نیز تولید می کند این به دلیل آن است که گاز در دماهای بالا می سوزد و لذا انرژی اضافی لازم برای ترکیب اکسیژن و نیترژن را فراهم می سازد.

با توجه به قیمت گاز، قیمت واقعی که یک مشتری می پردازد همانند هر سوختی، بسته به مقدار مصرف و نوع تأمین آن دارد و می تواند در رشته وسیعی متغیر باشد.

5-2 LPG یا گاز مایع پالایشی

LPG برای توصیف دو سوخت بکار می رود. پروپان و بوتان، در عمل اکثریت وسیعی از تأسیسات از پروپان استفاده می کنند. یک تفاوت عمده بین دو سوخت (گاز طبیعی) این است که (LPG) نیازمند تجهیزات ذخیره سازی است و ملاحظات خاصی در رابطه با نشت لازم دارد.

اولی از نظر هزینه سرمایه یک پروژه و هزینه های عملیاتی کلی و نگهداری آن می تواند خیلی مهم باشد. مخازن ذخیره سازی مخازنی تحت فشار هستند و بنابراین نیازمند بازرسی و دراز مدت و تست هستند. اگر یک مشتری مخزن های خود را داشته باشد، خود مسئول انجام تمام بازرسی ها و نشت ها یا نگهداری هزینه آن می باشد. در عمل، بسیاری از مشتریان مخازن را از تأمین کنندگان سوخت اجاره می کنند، و این مسئولیت و نیز مسئولیت نگهداری کلی را حذف می کنند.

دومین تفاوت عمده این است که (LPG) از هوا سنگین تر است. اگر گاز طبیعی که از هوا سبک تر است رها شود، تمام منابع احتراق باید برداشته شود و پنجره ها باید باز شود. سپس بطور طبیعی پراکنده خواهد شد. از سوی دیگر LPG ممکن است راه خود را به داخل مجاری، کانال لوله ها، تونل های کابل، آب گذر، سردابه ها و غیره باز کند و پراکنده نمی شود مگر اینکه با استفاده از یک فن یا فشار این کار صورت پذیرد. این ویژگی بر مکان ذخیره در رابطه با ساختمان ها، حفرة ها، آبگذرها، سردابه ها و غیره تأثیر می گذارد و مکان دستگاه را می تواند تحت تأثیر قرار دهد.

5-3 نفت کوره (مازوت)

نفت خام مخلوط پیچیده ای از هیدروکربن ها است. استفاده کنندگان سوخت های دیگر عمدتاً خواستار سوخت های سبکتری هستند. مشکلات مربوط به ذخیره سازی نفت کوره شامل هزینه سرمایه مخازن ذخیره

سازی و وسائل انتقال نفت می باشد. نفت های کوره مایعات چسبنده ای هستند که هر چه سردتر می شوند چگالت و سختی هر می شوند. گازوئیل که سبکترین و کمترین میزان چسبندگی را در سوخت ها دارد غالباً در شکل مایع باقی می ماند بدون توجه به اینکه سرمای زمستان چه اندازه باشد.

این باعث می شود که سوخت تحت جاذبه مخزن به سوی مشعل جریان یابد یا باعث می شود به سادگی پمپاژ شود. این اثر صادق است مگر در صورتی که دوره های هوا سرد طولانی رخ دهد که در آن دمای هوا در زیر نقطه انجماد به مدت یک یا چند هفته دوام یابد. تحت این شرایط، برخی از موم ها داخل نفت به جامدات چسبنده ای تبدیل می شود. بطور خاص، این جامدات بر روی فیلترهای خط تأمین نیروی مشعل مشکل ایجاد می کند و سرانجام باعث مسدود شدن آنها می شوند. هر چند این امر زیاد رخ نمی دهد، برخی جهت جلوگیری از این پدیده سیستم گرم کننده بر روی فیلترها یا روی لوله توزیع نیروی بیرونی برای احتیاط نصب کرده اند.

لازم است سوخت های سنگین تر نفت بیشتر گرم شوند تا از مخزن حرکت کنند. برای کاهش مقدار انرژی مورد نیاز برای پمپاژ نفت به مشعل ها، یک دمای پمپاژ مناسب باید همواره حفظ شود.

گرمایش شدید غیر کنترل شده ی نفت نیز می تواند پر هزینه باشد و مخازن عایق نشده یا عایق بندی ضعیف می توانند منبع اتلاف انرژی باشد. چنانچه مخازن نیز تا دمای پمپاژ گرم شوند میزان قابل توجهی تلفات حرارتی به وجود می آید و همچنین سیرکولاسیون بیش از حد نیز موجب تلفات حرارتی می شود.

یک سیکل نفتی داغ که خوب طراحی شده اول نفت کافی حدود 10% را به جریان می اندازد تا حداکثر نیاز مشعل های مربوطه را برآورده کند. نفت تازه به موازات درخواست از مخزن کشیده می شود اما مخزن هرگز بخشی از سیستم چرخشی را تشکیل نمی دهد تا اینکه تمام نفت برای دمای پمپاژ گرم شود. این امر تضمین می کند که هم اندازه و هم سرمایه و هم هزینه های راه اندازی گرم کننده های نفت تا حداقل امکان حفظ گردند.

خطای این مقدار گرمایش سوخت مورد نیاز، این است که برای استفاده درجات سنگین تر نفت کوره برای دیگ های کوچک غیر اقتصادی است. مصارف کمتر از 3 MW استفاده از نفت کوره را غیر اقتصادی و بالاتر از 20 MW آن را اقتصادی می کند.

چنانچه میزانی از نفت کوره در شرایط خوب و دمای صحیح به مشعل داده شود، دود و مونواکسید کربن حاصله حداقل خواهد بود.

این حقیقت که تمام نفت های کوره شامل سولفورند به این معنی است که اکسیدسولفور (SO_x) در طی احتراق تولید می شود. تصور می شود چنین گازهایی در مشکل آلودگی جهان سهم هستند ، اما نفت در دمای پایین تری نسبت به سوخت های گازی می سوزد و بنابراین گازهای (NO_x) کمتری تولید می کند.

4-5 زغال سنگ

ناقص سوزی سوخت های جامد بیانگر این مسئله که هوای مورد نیاز برای احتراق در مقایسه با سوخت های مایع و غیره و گاز ، کمتر است ، در نتیجه ، سوخت زغال را عامل مهم در آلودگی هوا قلمداد می کنند.

دود، دوده، خاک و غبار تولیدی کارخانه های زغال سنگ جدید که از کنترل کننده های دقیق استفاده می کنند، کمتر بوده و با استفاده از خرد کردن و ریز کردن سوخت این مشکل را حذف کرده اند. کنترل شدید SO_x و ذرات ریز می تواند از طریق استفاده از تزریق سنگ آهک، سیلیکون و فیلترهای کیسه ای حاصل گردد. در سرتاسر مناطق نیمه قاره ای و معتدل ذخایر سنگ جهانی به نحو برجسته ای از ذخایر نفت خام و یا گاز طبیعی بزرگترند. بسیاری از کشورهای وارد کننده نفت با ذخایر مهم نفت پژوهش های قابل توجهی را در جهت ارتقاء مصرف زغال سنگ برای سوخت دیگ ها بوده است.

زغال سنگ ارزانه ترین سوخت متداول موجود است. علاوه بر این، قیمت های زغال از قیمت های سوخت های دیگر ثابت تر است و قراردادهای دراز مدت، با افزایش قیمت متعادل تری انجام می گیرد.

اما یک کارخانه با سوخت زغال سنگ، سرمایه و هزینه های عملیاتی زیادی را متحمل می شود مانند دیگ یا کوره، هزینه سرمایه شامل انبار ساختن، تجهیزات استعمال زغال، تسهیلات محو خاکستر و ...

هزینه نگهداری نیز به نحو برجسته ای از هزینه های سوخت های فسیلی دیگر بالاتر است. مشکل رسیدن به احتراق پاک به معنی آن است که دیگ ها نیازمند پاکسازی بیشتری هستند. هم سوخت و هم خاکستر خیلی سخت و سایشی هستند، بنابراین میزان فرسایش دستگاههای استعمال زغال و خاکستر نیز بالاست.

در معرض قرار دادن خاکستر به شیوه ای که از آلودگی اجتناب شود یک جز عملیاتی مهم محسوب می شود و در برخی مناطق کشور می تواند حرفه ای پر خرج باشد.

دماهای احتراق پایین آلودگی ناشی از NO_x را محدود می‌سازد، اما SO_x رها شده از احتراق زغال سنگ می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. هم ارزش گرمایی و هم جزء سولفور زغال در هر منبعی متفاوت می‌باشد. زغال سنگ آفریقای جنوبی که با بازار صنعتی فروخته می‌شود دارای جزی سولفور کمی است و از نفت کوره سنگین کمتر آلودگی ایجاد می‌کند.

5-5 انتخاب سوخت

انتخاب سوخت موضوع ساده‌ای نیست. این امر در برگیرنده توازن بین یک تعدادی از عوامل از جمله هزینه سرمایه کارخانه، قیمت سوخت و هزینه‌های عملیات و نگهداری است. برخی ملاحظات باید به تعمیرات احتمالی آینده در سوخت و سیاست‌های قیمت‌گذاری و به مقررات کنترل آلودگی نیز معطوف گردد.

جدول: مقادیر ارزش حرارتی برخی سوخت‌ها

Fuel	Calorific Value Mj/Unit
Gas	
Natural Gas	38.0/cu m
LPG propane	50.0/kg
LPG Butane	49.3/kg
Fuel oil	
Gas oil	38.0/liter
Heavy oil	41.0/liter
coal	29.0/kg

جدول زیر این مزایا و معایب را خلاصه می‌کند که می‌تواند برای هر سوخت برآورد و تبدیل به کمیت شود.

جدول: مقایسه سوخت‌های مختلف

	COAL		FUEL OIL		NATURAL GAS		LPG
Advantages	Disadvantages	Advantages	Disadvantages	Advantages	Disadvantages	Advantages	Disadvantages
Low Cost	Capital Cost For: Bunkering Fuel Handling Ash Handling	Cheaper Than Gas	Capital Cost For: Tanks Insulation Heavy Fuel Oil	No Storage No Sulphur		No Sulphur	Capital Cost For: Storage Tank (or leased)
			Running Cost For: Tank Heating Heavy Fuel Oil		Running Cost For: Fuel (Especially for Small Installations) Interrupt Tariff Heavy Oil as Second Fuel		Running Cost For: Fuel Cost
	Maintenance Costs For: Wear from Abrasive Fuel & Ash Boiler Cleaning		Maintenance Costs For: Boiler/Furnace Cleaning Burners		Maintenance Costs For: Safety Equipment		Maintenance Costs For: Safety Equipment
	Environmental Costs: Smoke Emission Gnt & Dust Emission Sulphur Emission Clean up Ash Disposal Cost		Environmental Costs: Smoke Emission Sulphur Emission Heavy Fuel Oil Higher NO _x		Environmental Costs: High NO _x		Environmental Cost: High NO _x

5- 6 تجهیزات احتراق : مشعل‌های نفت و گاز

به منظور تضمین اختلاط صحیح سوخت با هوای احتراق و شکل‌گیری صحیح شعله برای انتقال حداکثر گرما از شعله به آب / بخار یا محصول گرم شده تجهیزات خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع تجهیزات بستگی به شرایط کوره / دیگ و سوخت یا سوخت‌های مورد نظر دارد. (دیگ‌ها و کوره‌ها را می‌توان برای روشن کردن بیش از یک سوخت ساخت).

5- 6- 1 مشعل‌های گاز سوز

دیگ‌های خیلی کوچک از یک مشعل اتمسفری ساده استفاده می‌کنند که هوای احتراق آن را از محیط اطرافش مکش می‌کنند. اما چون هوا و گاز با فشار مخلوط نشده اند هوای اضافی لازم است تا احتراق کامل را تضمین کند. این افزوده گرم می‌شود و سپس از طریق دودکش خارج می‌گردد و نتیجتاً کارایی دیگ را کاهش می‌دهد.

یک دیگ بزرگتر با یک محفظه احتراق کاملاً بسته نیاز به یک مشعل دارد که باعث شود هوا و گاز مخلوط شده و از آن جا طول و شکل شعله را کنترل کند. کیفیت هوای احتراق می‌تواند با به حداکثر رساندن کارایی احتراق به دقت کنترل شود.

گاز طبیعی به راحتی با هوا ترکیب می‌شود. مشعل‌های گاز نوع حلقه‌ای شامل یک بشکه مدور است که با دریچه‌های خروجی چند گانه احاطه شده است.

5 - 6 - 2 مشعل‌های سوخت مایع

مشعل‌های نفت سوز پیچیده ترند زیرا سوخت باید در شرایط صحیح برای احتراق پاک و سریع موجود باشد. این امر متضمن پودر کردن سوخت به شکل قطرات کوچک با اندازه صحیح می‌باشد که در صورتی می‌تواند انجام شود که نفت در دمای صحیح و ویسکوزیته صحیح باشد. در دمای بسیار پایین، قطرات خیلی بزرگترند، احتراق ضعیف است و دود و دوده تولید می‌کند. در دمای بسیار بالا، قطرات می‌توانند خیلی کوچک باشد از میان شعله برای سوختن به سرعت بگذرند. در هیچ مورد مقدار انرژی کامل سوخت مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. علاوه بر این، سطوح انتقال حرارت نیز جرم و دوده می‌گیرند.

مشعل‌های نفت سوز در سه نوع عمده می‌باشند. ساده‌ترین و مرسوم‌ترین آن جت فشاری است که در آن سوخت با فشار از طریق یک نازل پاشیده می‌شود. در نوع دیگر هوا یا بخار با فشار برای شکستن سوخت و تبدیل آن به قطرات استفاده می‌شود در حالیکه در نوع Rotary Cup از نیروی گریز از مرکز برای شکستن ماده سوختنی استفاده می‌کنند. هر نوع مشعل منافع و معایب خودش را دارد.

مزایا :

Pressure jet

- در ساخت خیلی ساده است و جایگزینی آن ارزان است.
- در اندازه‌های متعدد متناسب بوده و کاربرد بیشتری دارد.
- می‌تواند تمام اشکال شعله‌ها را از دراز و ظریف تا کوتاه و پهن تولید کند. بنابراین مناسب تمام انواع محفظه‌های دیگ یا احتراق کوره است.
- مسدود شدن نازل به علت روغن کثیف یا استفاده از سوخت ناخالص است و لذا نیاز به تصفیه دارد.
- نسبت جریان برگشتی محدود به 1:2 است.

- در طی پاک کردن به سادگی آسیب می بیند.
- به دمای گرمایش اولیه سوخت بالایی برای اتمیزاسیون نیاز دارد.

اتمایزر و پاشش با هوا یا بخار

مزایا :

- در ساخت خیلی قوی است.
 - نسبت جریان برگشتی حدود 1:4 است.
 - کنترل خوب هوا / سوخت
 - احتراق خوب برای کوره سنگین تر
- معایب :
- انرژی یا بصورت هوای فشرده یا بخار برای اتمیزاسیون بکار می رود.

Rotary Cup

مزایا:

- نسبت جریان برگشتی خوب و حدود 1:4
- اتمایزینگ خوب برای نفت کوره سنگین
- پایین ترین دمای بین گرمای سوخت برای اتمایزینگ مورد نیاز است.

معایب :

- بسیار پیچیده و نگهداری آن هزینه بر است.
 - مصرف الکتریکی برای حرکت cup مورد نیاز است.
- مشعل های نفت سوز و گاز سوز تولیدی یا فروخته شده ، در اکثر کشورها باید استاندارد ایمنی و انتشار آلاینده ها را رعایت نمایند.

مشعل های با هوای اضافی کم

گاز طبیعی استاندارد و مشعل های نفت سوز با 10 تا 15 درصد هوا را می دهند. کاهش هوای اضافی از 15 تا 5 درصد باعث کاهش هزینه های سوخت تا تقریباً 1 درصد می شود. این صرفه جویی ها از وجود هزینه ای بالاتر به قرار ذیل ناشی می شود.

- طراحی بهتر نازل های هوا، دریچه های هوا، مشعل که به اختلاط و احتراق بهتری دست می یابند.
- دریچه های هوای مشعل که با میزان شعله متعادل می شوند تا احتراق بهتری را در بار زیر 100 درصد فراهم آورند.

5 - 6 - 3 سیستم های کنترل های مشعل

در ارتباط با انتخاب نوع مشعل، ملاحظات برای سیستم کنترل باید مورد توجه قرار گیرد.

ساده ترین کنترل (on/off) به معنی آن است که با مشعل به میزان کامل در حال آتش است با این که خاموش است. عیب عمده این روش کنترل این است که دیگ در معرض شوک های بزرگ و اغلب مکرر است. بنابراین استفاده اش محدود به دیگ های خیلی کوچک یا بازه تا 300 کیلو وات است.

سیستم اندکی پیچیده تر مستقیم High/Low/off است که در آنجا مشعل دارای دو بار است.

مشعل اندکی در درجه آتش پایین تر عمل می کند و بعد با بار کامل مورد نیاز تغییر وضعیت می دهد و از آن طریق بر بدترین شوک های گرمایی غلبه می کند. مشعل همچنین می تواند به وضعیت شعله کم در بارهای کاهش یافته برگردد و مجدداً حرارتی را در داخل دیگ محدود سازد. این نوع سیستم به نحو برجسته ای با دیگ های دارای خروجی تا 3/5 مگاوات طراحی شده است.

یک کنترل تنظیم کننده مشعل، شعله را تغییر می دهد تا آن را متناسب با بار دیگ تنظیم نماید. هر زمان که مشعل بسته می شود و شروع به کار می کند، سیستم باید با دمیدن هوای سرد به داخل کانال های دیگ پاک شود. این انرژی را تلف می کند و کارآیی را کاهش می دهد. اما تعدیل کامل به معنی آن است که دیگ شعله را حفظ می کند، و سوخت و هوا به دقت در سراسر شعله همگام شده اند تا کارآیی گرمایی را به حداکثر و شوک های حرارتی را به حداقل برسانند. این نوع کنترل به نحو برجسته ای می تواند با دیگ های بالای 1 مگاوات طراحی شوند.

در تطبیق یک مشعل و یک سیستم کنترل با یک دیگ، سه عامل باید ملاحظه شود:

- ماکزیمم حرارت مورد نیاز
 - آیا بار ثابت یا متغیر است
 - از سوخت استفاده شده و انتخاب شده
- مثلا یک کنترل (on/off) مناسب نفت کوره سنگین نیست.