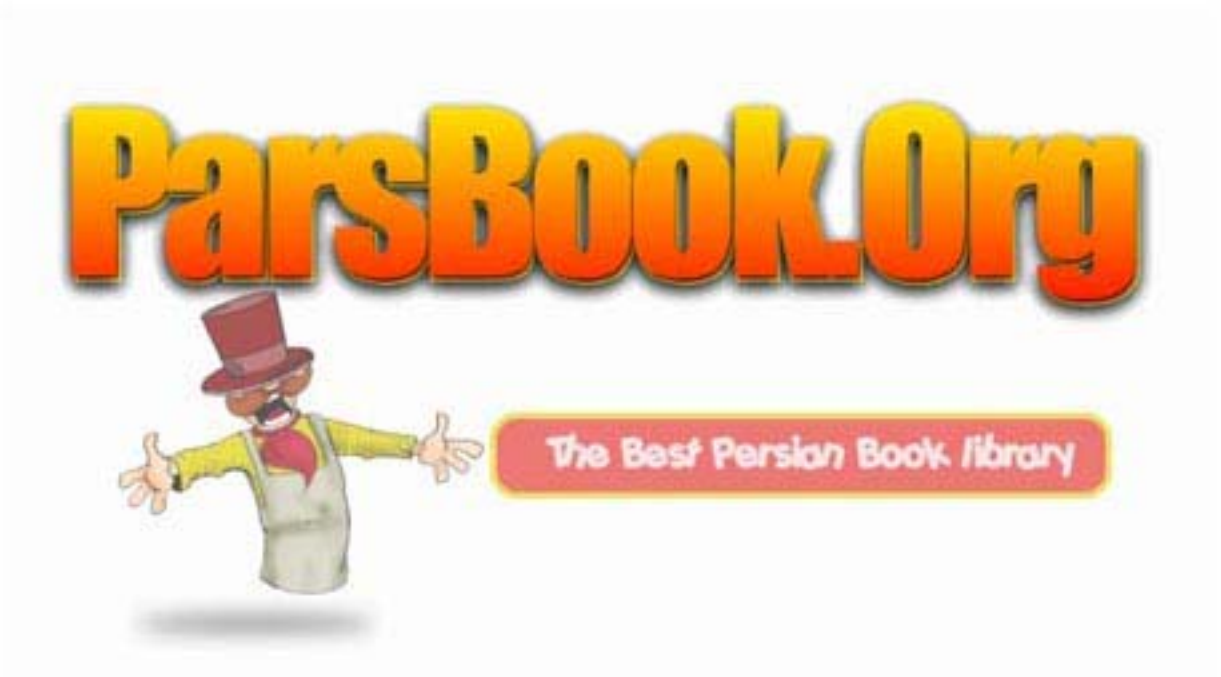
ParsBook.Org

پارس بوک، بزرگترین کتابخانه الکترونیکی فارسی زبان



www.Parsbook.Org

مدیریت مصرف انرژی

در

« ســـــاختمـــــان »

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

صرفه‌جویی و مدیریت انرژی در سیستم‌های حرارتی. تدوین و تألیف: گروه مؤلفان سازمان بهره‌وری انرژی ایران " سابا" . – تهران : سازمان بهره‌وری انرژی ایران " سابا" ، ۱۳۸۳ .
۳۰۵ ص. : مصور، جدول، نمودار.
ISBN 964-6553-14-1

فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا .
کتابنامه : ص. ۳۰۳ – ۳۰۵ .
۰۱ انرژی – مصرف – مدیریت . ۲. انرژی -- استفاده بهینه . ۳. ساختمان سازی – مصرف انرژی .
الف : سازمان بهره‌وری انرژی ایران انرژی
۶۵۸/۲۶ TJ ۱۶۳/۳/ص۴
کتابخانه ملی ایران ۸۳-۲۵۳۹۷م

صرفه‌جویی و مدیریت انرژی در سیستم‌های حرارتی

ناشر: وزارت نیرو – سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)

تدوین و تألیف : سعید امانی، محمد باقری، احمدرضا توکلی، محمدتقی زیاری، مطلب میری

تایپ و صفحه‌آرایی : نسرین سلیمانی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی : طیف نگار

نوبت چاپ : اول – پاییز ۱۳۸۳

تیراژ : ۱۰۰۰ جلد

شابک : ۱-۱٤-٦٥٥٣-٩٦٤ / ISBN 964-6553-14-1

www.Parsbook.Org

صرفه‌جویی و مدیریت انرژی در سیستم‌های الکتریکی / تدوین و تألیف: گروه مؤلفان
سازمان بهره وری انرژی ایران " سابا" .-تهران: سازمان بهره‌وری انرژی ایران "سابا" ،
۱۳۸۳ .۳۷۷ ص. : مصور، جدول ، نمودار .
ISBN 964-6553-15-x
فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.
کتابنامه : ص. [۳۷۵] – ۳۷۷.
۰۱ برق نیرو – استفاده بهینه. ۲. برق نیرو – مصرف. ۳.برق –
سیستمها – مدیریت . الف. سازمان بهره‌وری انرژی ایران.
۶۲۱/۳۱ TK ۱۰۰۱/ص۴
کتابخانه ملی ایران ۸۳-۲۶۴۶۷م

صرفه‌جویی و مدیریت انرژی در سیستم‌های الکتریکی

ناشر: وزارت نیرو – سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)

تدوین و تألیف : حسین بهرامی، محمدعلی شفیع‌زاده، محمودرضا قهارپور، غلامرضا کبریایی طبری، کیان نجف‌زاده

تایپ و صفحه‌آرایی : لیلا سهرابی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی : طیف نگار

نوبت چاپ : اول – پاییز ۱۳۸۳

تیراژ : ۱۰۰۰ جلد

شابک : ISBN 964-6553-15-x / ۹۶٤-٦٥٥٣-١٥-x

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

« فهرست مطالب »

عنوان صفحه

پیشگفتار

فصل اول – مبانی صرفه‌جویی انرژی حرارتی

۱-۱- بررسی سیستم‌های احتراق ۱
۱-۱-۱- احتراق ۱
۱-۱-۲- هوای احتراق ۲
۱-۲- تلفات حرارتی ۱۰
۱-۲-۱ - تلفات حرارتی ناشی از احتراق ناقص ۱۳
۱-۳- انتقال حرارت ۱۵
۱-۳-۱- هدایت ۱۵
۱-۳-۲- جابجایی ۱۷
۱-۳-۳- تشعشعی ۱۷
۱-۴- سوخت‌ها ۱۹
۱-۴-۱- گاز طبیعی ۲۰
۱-۴-۲- گاز مایع ۲۱
۱-۴-۳-نفت کوره ۲۲
۱-۴-۴- زغالسنگ ۲۴
۱-۴-۵- انتخاب سوخت ۲۵
۱-۵- واکنش‌های سوخت و احتراق ۲۷
۱-۵-۱- سوخت‌های فسیلی ۲۷
۱-۵-۲- انواع سوخت‌ها ۲۸
۱-۵-۳- واکنش‌های احتراق ۳۰
۱-۵-۴- دمای آدیاباتیک شعله ۳۳
۱-۵-۵- اندازه‌گیری ارزش حرارتی سوخت‌ها ۳۶
۱-۵-۶- محاسبات احتراق ۴۱
۱-۶- تجهیزات احتراق ۴۵
۱-۶-۱- مشعل‌های گازسوز ۴۵
۱-۶-۲- مشعل‌های سوخت مایع ۴۵
۱-۶-۳- سیستم‌های کنترل مشعل ۴۸
۱-۶-۴- تجهیزات احتراق سوخت جامد ۵۱
۱-۷- تجهیزات صرفه‌جویی انرژی حرارتی ۵۳
۱-۷-۱- مبدل‌های بازیافت گازهای احتراق ۵۳

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱-۷-۲- انباشتگرها ۵۷
۱-۷-۳- عایق‌بندی ۵۷
۱-۷-۴- تحلیل‌گر اکسیژن ۵۹
۱-۷-۵- کنترل‌کننده‌های دور موتور ۶۰
۱-۷-۶- دمپرگازهای خروجی ۶۰
۱-۷-۷- دیگ‌های بازیافت حرارت ۶۱

فصل ۲ – مدیریت انرژی در سیستم‌های تولید و توزیع بخار

۲-۱- مدیریت مصرف انرژی در دیگ‌های بخار (تولید بخار) ۶۲
۲-۱-۱- انواع دیگ‌های بخار ۶۲
۲-۱-۲- استفادهٔ اقتصادی از دیگ‌های بخار ۶۵
۲-۲- تراز مصرف و تلفات انرژی در دیگ‌های بخار ۸۰
۲-۲-۱- بازده حرارتی دیگ بخار ۸۰
۲-۲-۲- محاسبات بازده حرارتی دیگ بخار به روش مستقیم ۸۲
۲-۳- بهینه‌سازی سیستم توزیع بخار ۹۲
۲-۳-۱- کلکتورهای اصلی بخار ۹۲
۲-۳-۲- شیرهای کنترل بخار ۹۴
۲-۳-۳- شیرهای فشارشکن ۹۵
۲-۳-۴- تجهیزات سیستم توزیع بخار ۹۶
۲-۳-۵- طراحی بهینه خطوط توزیع بخار ۹۷
۲-۳-۶- محاسبهٔ میزان پاشش مستقیم بخار ۱۰۲
۲-۳-۷- نشتی‌های بخار ۱۰۳
۲-۴- تله‌های بخار ۱۰۴
۲-۴-۱- لزوم بکارگیری تله بخار ۱۰۴
۲-۴-۲- انواع تله‌های بخار ۱۰۵
۲-۴-۳- محل نصب تله‌های بخار ۱۱۲
۲-۴-۴- رعایت نکات نصب تله‌های بخار در خطوط برگشت بخار تقطیر شده ۱۱۳
۲-۴-۵- انتخاب صحیح اندازهٔ تله‌های بخار ۱۱۷
۲-۴-۶- محاسبهٔ بار حرارتی بخار تقطیر شده ۱۱۹
۲-۴-۷- نظارت و ردیابی عملکرد تله‌های بخار ۱۲۰
۲-۴-۸- محاسبهٔ هزینهٔ نشت بخار از تله‌ها ۱۲۱
۲-۴-۹- مسدود شدن تله های بخار ۱۲۲

فصل ۳ – روش‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری انرژی حرارتی

۳-۱- آشنایی با دستگاه‌های ممیزی انرژی حرارتی ۱۲۶
۳-۲- معرفی انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری حرارتی ۱۲۷
۳-۲-۱- دستگاه تحلیل‌گر گازهای حاصل از احتراق ۱۲۷

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳-۲-۲- دستگاه دبی‌سنج مافوق صوت ۱۳۰
۳-۲-۳- دستگاه دماسنج مادون قرمز ۱۳۳
۳-۲-۴- دستگاه جمع‌کننده اطلاعات ۱۳۵
۳-۲-۵- دستگاه اسپکتروفتومتر ۱۳۵
۳-۳- پارامترهای قابل اندازه‌گیری در بویلرها و کوره‌ها ۱۳۷
۳-۳-۱- اندازه‌گیری‌های سطوح داغ و محاسبهٔ تلفات تشعشعی ۱۳۷
۳-۳-۲- اندازه‌گیری درجه حرارت گازهای خروجی از دودکش ۱۳۸
۳-۳-۳- اندازه‌گیری هوای ورودی به سیستم و تنظیم نسبت سوخت به هوا ۱۳۹
۳-۳-۴- آنالیز گازهای خروجی از دودکش ۱۴۱
۳-۴- موازنه جرم و انرژی ۱۴۳
۳-۴-۱- انتخاب حجم کنترل در سیستم‌های انرژی ۱۴۵
۳-۴-۲- موازنهٔ جرم ۱۴۶
۳-۴-۳- موازنه انرژی ۱۵۲

فصل ۴ – سیستم‌های جدید صرفه‌جویی انرژی حرارتی

۴-۱- بازیافت انرژی ۱۵۸
۴-۱-۱- منابع اتلاف انرژی ۱۵۸
۴-۱-۲- عوامل مؤثر در انتخاب سیستم بازیافت انرژی ۱۶۰
۴-۲- تجهیزات بازیافت انرژی حرارتی ۱۶۰
۴-۲-۱- ریژنراتورها ۱۶۱
۴-۲-۲- ریکوپراتورها ۱۶۴
۴-۲-۳- لوله‌های گرمایی ۱۶۶
۴-۲-۴- زباله‌سوزها ۱۶۸
۴-۲-۵- دیگ‌های بخار بازیافت حرارت ۱۶۹
۴-۳- نمونه‌هایی از بکارگیری سیستم‌های بازیافت حرارت ۱۷۱
۴-۳-۱- بازیافت حرارت از کوره‌های عملیات حرارتی ۱۷۱
۴-۳-۲- بازیافت حرارت از دودکش دیگ‌های بخار در صنایع قند و شکر ۱۷۳
۴-۴- سیستم‌های تولید مشترک برق و حرارت ۱۷۵
۴-۴-۱- تولید مشترک برق و حرارت (CHP) چیست؟ ۱۷۵
۴-۴-۲- انواع سیستم‌های تولید مشترک برق و حرارت ۱۸۱
۴-۴-۳- موارد کاربرد سیستم تولید مشترک برق و حرارت ۱۸۳
۴-۵- نمونه مطالعات موردی استفاده از سیستم‌های تولید مشترک برق و حرارت در صنایع ۱۸۷
۴-۵-۱- استفاده از CHP در یکی از شرکت‌های صنایع شیر ۱۸۷

فصل ۵ – مدیریت مصرف انرژی در ساختمان

۵-۱- مبنای مدیریت انرژی در ساختمان ۱۹۲
۵-۱-۱- روش شناسایی منابع اتلاف انرژی در ساختمان‌های مسکونی ۱۹۲

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۱-۲- پوشش‌ها و سطوح خارجی ساختمان ۱۹۴
۵-۱-۳- سیستم‌های روشنایی ۲۰۳
۵-۱-۴- پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان ۲۰۵
۵-۱-۵- سیستم‌های تهویه مطبوع در ساختمان ۲۰۹
۵-۱-۶- نحوهٔ گردش هوا در ساختمان ۲۱۵
۵-۱-۷- موارد اندازه‌گیری ۲۱۵
۵-۱-۸- تعیین منابع اتلاف و پتانسیل جلوگیری از اتلاف انرژی ۲۱۸
۵-۱-۹- ارائه فهرست کنترل جهت اجرای روش ۲۱۹
۵-۱-۱۰- جمع‌بندی ۲۲۲
۵-۲- روش و مراحل انجام ممیزی انرژی در ساختمان ۲۲۷
۵-۲-۱- مراحل انجام ممیزی انرژی در ساختمان ۲۲۷
۵-۲-۲- فهرست کنترل برنامه مدیریت انرژی در ساختمان ۲۲۹
۵-۲-۳- روش‌های صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های موجود ۲۳۷
۵-۳- نتایج مطالعات موردی در ۵ نمونه ساختمان ۲۴۴
۵-۳-۱- تراز مصرف انرژی الکتریکی ۲۴۴
۵-۳-۲- شاخص‌های مصرف ویژه انرژی حرارتی و الکتریکی ۲۴۴
۵-۳-۳- تراز تلفات انرژی حرارتی از جداره‌های خارجی ساختمان ۲۲۴
۵-۳-۴- پتانسیل صرفه‌جویی انرژی الکتریکی و حرارتی ۲۴۹
۵-۴- عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌ها ۲۵۱
۵-۴-۱- انتقال حرارت از جداره‌های خارجی ساختمان ۲۵۱
۵-۴-۲- کاربرد عایق‌های حرارتی در ساختمان ۲۵۲
۵-۴-۳- آسایش حرارتی ۲۵۲
۵-۵- روش‌های اجرایی عایقکاری حرارتی ۲۵۲
۵-۵-۱- عایقکاری از داخل ۲۵۲
۵-۵-۲- عایقکاری از خارج ۲۵۳
۵-۵-۳- عایقکاری گسترده ۲۵۴
۵-۵-۴- روش‌های اجرایی عایقکاری حرارتی جداره‌های خارجی ساختمان ۲۵۵
۵-۶- بهینه‌سازی مصرف انرژی در تأسیسات حرارتی و برودتی ۲۷۱
۵-۶-۱- معرفی سیستم‌های تهویه مطبوع ۲۷۱
۵-۶-۲- انواع سیستم‌های تهویه مطبوع (گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها) ۲۷۲
۵-۶-۳- بهره‌برداری و صرفه‌جویی انرژی در سیستم‌های تبرید ۲۷۴
۵-۶-۴- صرفه‌جویی انرژی در اواپراتورها ۲۸۰
۵-۶-۵- صرفه‌جویی انرژی در کمپرسورها ۲۸۲
۵-۶-۶- صرفه‌جویی انرژی در کندانسورها ۲۸۴
۵-۶-۷- صرفه‌جویی انرژی در وسایل انبساط ۲۸۶
۵-۶-۸- صرفه‌جویی انرژی در مبردها ۲۸۸
۵-۶-۹- روش‌های بازیافت در سیستم‌های تبرید ۲۸۹

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۶-۱۰- بهره‌برداری و صرفه‌جویی انرژی در سیستم‌های گرم‌کننده ۲۹۰
۵-۶-۱۱- توصیه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در تأسیسات حرارتی و آبگرم مصرفی ساختمان ۲۹۵

« فهرست شکل‌ها »

عنوان صفحه

شکل (۱-۱) منطقه احتراق با حداکثر راندمان ۳
شکل (۱-۲) روند یک احتراق ۶
شکل (۱-۳) هوای اضافه با تجزیه گازهای خروجی کوره ۷
شکل (۱-۴) تلفات حرارتی گازهای احتراقی کوره با سوخت مازوت ۱۰
شکل (۱-۵) تلفات گازهای احتراقی ناشی از رطوبت سوخت بیوماس ۱۲
شکل (۱-۶) کوره چرخشی گازسوز با لوله‌های تشعشعی ۱۵
شکل (۱-۷) درصد محصولات احتراق بر پایه مرطوب ۴۰
شکل (۱-۸) درصد محصولات احتراق بر پایه خشک ۴۰
شکل (۱-۹) تأثیر هوای اضافه بر دمای احتراق متان ۴۱
شکل (۱-۱۰) انتخاب سوخت کوره و مشعل‌ها و کنترل‌های توصیه شده ۵۰
شکل (۱-۱۱) دمای پیش‌گرمکن هوا ۵۴
شکل (۱-۱۲) افت انرژی از دیواره کوره یا دیگ بعنوان تابعی از دما ۵۸
شکل (۲-۱) جریان گاز در بویلرهای فایرتیوب ۶۲
شکل (۲-۲) تیپ بویلرهای فایرتیوب ۶۳
شکل (۲-۳) تیپ بویلرهای واترتیوپ ۶۴
نمودار (۲-۱) تلفات گازهای خروجی بر اساس درصد هوای اضافی ۶۶
نمودار (۲-۲) درصد تلفات گازهای خروجی بر حسب دمای گازهای خروجی ۶۸
نمودار (۲-۳) درصد پتانسیل صرفه‌جویی در اثر نصب سیستم‌های کنترل دور ۷۰
نمودار (۲-۴) افزایش راندمان در اثر پیش‌گرمایش هوای احتراق ۷۱
نمودار (۲-۵) درصد افزایش راندمان بویلر در اثر پیش‌گرمایش آب تغذیه ۷۲
شکل (۲-۴) نصب اکونومایزر در یک بویلر واترتیوب ۷۳
نمودار (۲-۶) میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت در اثر کنترل بلودان ۷۵
شکل (۲-۵) نصب مبدل حرارتی جهت بازیافت و گرم کردن آب تغذیه بویلر ۷۶

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

نمودار (۲-۷) درصد کاهش انتقال حرارت بر حسب ضخامت جرم داخل لوله‌ها..... ۷۷
نمودار (۲-۸) کاهش دمای گازهای خروجی و افزایش راندمان در اثر تمیزکاری لوله‌ها..... ۷۸
نمودار (۲-۹) میزان تلفات سوخت بویلر بر حسب ضخامت جرم (scale) لوله‌ها..... ۷۹
شکل (۲-۶) شمای کلی انرژی بالانس در دیگ‌های بخار ۹۱
شکل (۲-۸) اتصال معمولی چهار دیگ بخار – ناصحیح..... ۹۲
شکل (۲-۹) اتصال بهینه چهار دیگ بخار..... ۹۲
شکل (۲-۱۰) نمونه کلکتور توزیع بخار ۹۳
شکل (۲-۱۱) نمای کلی سیستم توزیع بخار و انواع تلفات..... ۹۶
شکل (۲-۱۲) دو حالت خوب و بد طراحی سیستم توزیع بخار ۹۷
شکل (۲-۱۳) نمونه‌ای از تلفات حرارتی در اثر عدم عایقکاری..... ۹۸
نمودار(۲-۱۰) میزان فلاش بخار بر حسب میزان کندانس در فشارهای مختلف ۱۰۲
نمودار (۲-۱۱) میزان نشتی بخار بر حسب قطرسوراخ و فشار بخار ۱۰۳
شکل (۲-۱۴) تله بخار مکانیکی از نوع توپ شناور ۱۰۵
شکل (۲-۱۵) تله بخار مکانیکی از نوع سطل معکوس ۱۰۶
شکل (۲-۱۶) تله بخار ترموستاتیکی از نوع فشار متوازن ۱۰۸
شکل (۲-۱۷) تله بخار ترموستاتیکی از نوع دوفلزی ۱۰۹
شکل (۲-۱۸) تله بخار ترمودینامیکی ۱۱۰
شکل (۲-۱۹) نصب تله بخار در خروجی سپریتور..... ۱۱۲
شکل (۲-۲۰) نحوه صحیح توزیع بخار به ارتفاع بالاتر (تراز مثبت) ۱۱۳
شکل (۲-۲۱) روش صحیح انشعاب از خط توزیع بخار..... ۱۱۴
شکل (۲-۲۲) روش صحیح تغییر قطر در خط لوله توزیع بخار ۱۱۴
شکل (۲-۲۳) نصب صافی بخار قبل از شیرهای کنترل و فشارشکن..... ۱۱۵
شکل (۲-۲۴) نمای کامل تله بخار در خطوط توزیع بخار ۱۱۶
شکل (۳-۱) دیاگرام شماتیک سیستم کوره ۱۴۵
شکل (۴-۱) ریژنراتور با بستر ثابت..... ۱۶۱
شکل (۴-۲) ریژنراتور دوار..... ۱۶۳
شکل (۴-۳) دو نوع ریکوپراتور (جابجایی و تشعشع) ۱۶۵
شکل (۴-۴) ساختمان یک لوله گرمایی ۱۷۰
شکل (۴-۵) شمای کلی یک دیگ بخار بازیافت حرارت ۱۷۰
شکل (۴-۶) نوعی سیستم تولید مشترک برق و حرارت که مؤلفه‌های اصلی را نشان می‌دهد ۱۷۶
شکل (۴-۷) مقایسه یک واحد CHP با نوع متداول..... ۱۷۷
شکل (۴-۸) بالانس انرژی یک واحد تولید مشترک برق و حرارت ۱۷۷
شکل (۴-۹) مقایسه سیستم‌های مجزای تولید توان و حرارت با سیستم‌های تولید مشترک در صنعت ۱۸۲
شکل (۴-۱۰) نمودار شماتیک نیروگاه تولید مشترک و متداول..... ۱۸۲
شکل (۴-۱۱) نمودار تقاضای انرژی حرارتی روزانه برای یک مرکز ورزشی ۱۸۵
شکل (۴-۱۲) مقایسه تولید مشترک برق و حرارت در حالت‌های مختلف در یک بیمارستان..... ۱۸۶
شکل (۴-۱۳) شماتیک CHP نصب شده ۱۸۹

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

شکل (۴-۱۴) مقایسه میزان صرفه‌جویی انرژی بعد از نصب CHP ۱۸۹
شکل (۴-۱۵) میزان صرفه‌جویی هزینه بعد از نصب CHP ۱۹۰
نمودار (۵-۱) تراز مصرف انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف ساختمان ۲۴۵
نمودار (۵-۲) شاخص‌های مصرف انرژی الکتریکی و حرارتی در ۵ نمونه ساختمان ۲۴۶
نمودار (۵-۳) تراز تلفات انرژی حرارتی از جداره‌های خارجی ساختمان‌ها ۲۴۷
نمودار (۵-۴) پتانسیل صرفه‌جویی انرژی قبل و بعد از اجرای اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی ۲۵۰
شکل (۵-۵) حالت‌های تبادل حرارت از جداره‌های ساختمان ۲۵۹
شکل (۵-۶) انرژی‌های گرمایش رایگان ۲۵۹
شکل (۵-۷) اتلاف انرژی از پوسته خارجی ساختمان ۲۵۹
شکل (۵-۸) عایقکاری حرارتی با سیستم‌های صرفاً عایق ۲۶۰
شکل (۵-۹) عایقکاری حرارتی با سیستم‌هایی با چندین کارآیی ۲۶۰
شکل (۵-۱۰) عایقکاری دیوارها از داخل ۲۶۰
شکل (۵-۱۱) روش نصب پانل‌های عایقکاری دیوارها از داخل ۲۶۱
شکل (۵-۱۲) روش اجرای خمیر چسب بر روی پانل‌های عایقکاری داخلی ۲۶۱
شکل (۵-۱۳) اتصال مکانیکی (پیچی) پانل‌ها به دیوار ۲۶۲
شکل (۵-۱۴) اتصال مکانیکی (پیچی) پانل‌ها به سقف شیبدار ۲۶۲
شکل (۵-۱۵) عایقکاری حرارتی بر روی سقف کاذب ۲۶۲
شکل (۵-۱۶) پل‌های حرارتی در عایقکاری از داخل و روش‌های رفع آن ۲۶۳
شکل (۵-۱۷) پایین آمدن دمای رویه داخلی جدار در صورت حذف عایق‌های حرارتی ۲۶۳
شکل (۵-۱۸) جزئیات اجرای عایقکاری حرارتی داخلی در محیط کف مجاور به خاک ۲۶۴
شکل (۵-۱۹) نمونه‌ای از سیستم‌های پیش‌ساخته عایقکاری خارجی ۲۶۳
شکل (۵-۲۰) نمونه‌ای از روش‌های عایقکاری از خارج ۲۶۴
شکل (۵-۲۱) عایقکاری از خارج در پروژه‌های بازسازی نمای ساختمان ۲۶۴
شکل (۵-۲۲) پوشش نمای آردواز سنتی همراه با عایقکاری حرارتی ۲۶۵
شکل (۵-۲۳) پوشش نمای سفالی عمودی همراه با عایقکاری حرارتی ۲۶۵
شکل (۵-۲۴) عایقکاری با فوم پلی اورتان زیر سقف شیب دارسفالی ۲۶۶
شکل (۵-۲۵) عایقکاری با فوم پلی اورتان زیر سقف شیب‌دار آردواز ۲۶۶
شکل (۵-۲۶) عایقکاری با پلی استایرن چسبانده همراه با اندود فایبرگلاس ۲۶۶
شکل (۵-۲۷) عایقکاری با پلی‌استایرن چسبانده و فیکسه شده (اتصال مکانیکی) ۲۶۷
شکل (۵-۲۸) عایقکاری با قطعات پلی‌استایرن همراه با روکش فلزی چسبانده شده ۲۶۷
شکل (۵-۲۹) عایقکاری با قطعات پلی‌استایرن یا پلی‌اورتان همراه با روکش فلزی فیکسه شده ۲۶۷
شکل (۵-۳۰) جزئیات اتصال مکانیکی قطعات پیش‌ساخته عایق به دیوار ۲۶۸
شکل (۵-۳۱) عایقکاری خارجی سقف‌ها ۲۶۸
شکل (۵-۳۲) جزئیات عایقکاری حرارتی خارجی در مجاورت کف ۲۶۸
شکل (۵-۳۳) جزئیات اجرای عایقکاری حرارتی خارجی در زیرشیروانی‌های غیرقابل دسترس ۲۶۹
شکل (۵-۳۴) دیوار با بلوک‌های سبک عایق ۲۷۰
شکل (۵-۳۵) بلوک‌های سبک مجوف ۲۷۰

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

شکل (۵-۳۶) بلوک مرکب بالایه عایق (پلی استایرن) ۲۷۰
شکل (۵-۳۷) مقطع افقی از یک دیوار با بلوک‌های مرکب بالایه به عایق ۲۷۰
شکل (۵-۳۸) یک سیستم تبرید تراکمی تجاری ۲۹۷
شکل (۵-۳۹) طرحواره سیکل تبرید جزیی خانگی (یخچال نفتی) ۲۹۸
شکل (۵-۴۰) سیستم تبرید جذبی آب و آمونیاک ۲۹۹
شکل (۵-۴۱) سیستم تبرید جذبی آب و برومورلیتیوم ۲۹۹
شکل (۵-۴۲) دیاگرام موتورخانه سیستم سرمایش و گرمایش (تهویه مطبوع دوفصلی) ۳۰۰
شکل (۵-۴۳) دیاگرام موتورخانه سیستم گرمایش با آبگرم (شوفاژ) ۳۰۱
شکل (۵-۴۴) محل نصب رادیاتورها و سیستم گرمایش لوله‌کشی برگشت معکوس ۳۰۱
شکل (۵-۴۵) شبکه کانال‌کشی سیستم تهویه مطبوع تمام هوا با کانال‌کشی رفت و برگشت ۳۰۲

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

« فهرست جدول‌ها »

عنوان
صفحه

جدول (۱-۱) آنالیز احتراق و مقایسه با هوای اضافه ۹
جدول (۱-۲) دمای حداقل توصیه شده ذخیره‌سازی برای درجات مختلف نفت ۲۳
جدول (۱-۳) مقادیر ارزش حرارتی برخی سوخت‌ها ۲۵
جدول (۱-۴) مقایسه سوخت‌های مختلف ۲۶
جدول (۱-۵) ترکیبات سوخت‌های جامد معمولی ۲۸
جدول (۱-۶) ترکیبات سوخت‌های مایع معمولی ۲۸
جدول (۱-۷) ترکیبات سوخت‌های گازی معمولی ۲۹
جدول (۱-۸) حرارت استاندارد تشکیل چند ماده ۳۳
جدول (۱-۹) مقادیر ارزش حرارتی پایین چند نوع سوخت ۳۵
جدول (۱-۱۰) مقادیر آنتالپی محصولات احتراق بالاتر از $25\ ^{\circ}c$ بر حسب j/mol ۳۶
جدول (۱-۱۱) مقادیر آنتالپی محصولات احتراق بالاتر از $25\ ^{\circ}c$ بر حسب Mj/kg ۳۶
جدول (۱-۱۲) آنتالپی محصولات احتراق ۳۸
جدول (۲-۱) میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت در اثر کاهش تخلیه آب دیگر ۷۴
جدول (۲-۲) برگه گزارش عملیات روزانه – دیگ‌های آبگرم ۸۸
جدول (۲-۳) برگه گزارش عملیات روزانه – دیگ‌هاب بخار ۸۹
جدول (۲-۴) علائم و نمادهای به کار رفته در انرژی بالانس ۹۰
جدول (۲-۵) مثالی از انرژی بالانس در دیگ‌های بخار ۹۱
جدول (۲-۶) تلفات حرارتی در لوله‌های بدون عایق و با عایق بر حسب قطرلوله، دما و ضخامت عایق ۹۹
جدول (۲-۷) پارامترها و نقاط اندازه‌گیری شده ۱۰۰
جدول (۲-۸) ضرایب اطمینان محاسبه نرخ چگالیده در مرحله راه‌اندازی سیستم ۱۱۸
جدول (۲-۹)میزان تقریبی نشت بخار و هزینه بر حسب اندازه تله و فشار کاری ۱۲۱
جدول (۳-۱)موازنه جرم در کوره ۱۵۱
جدول (۳-۲) موازنه انرژی در سیستم کوره ۱۵۷
جدول (۴-۱) الگوهای بازیافت انرژی ۱۵۹
جدول (۴-۲) میزان انرژی حاصل از احتراق مواد جامد ۱۶۸
جدول (۵-۱) ضرایب انتقال حرارت جداره‌های خارجی ساختمان‌ها در قوانین کشورهای اروپایی ۱۹۶
جدول (۵- ۲) ضرایب انتقال حرارت متوسط Kave برای ساختمان‌های ۱ الی ۵ طبقه ۱۹۷
جدول (۵-۳) مقادیر استاندارد شدت روشنایی اماکن و فضاها با کاربری‌های مختلف ۲۰۴
جدول (۵-۴) تبعات اقتصادی حاصل از صرفه‌جویی انرژی با افزایش ضخامت عایق حرارتی (لوله‌ها) ۲۱۴

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول (۵-۵) تبعات اقتصادی حاصل از صرفه‌جویی انرژی با افزایش ضخامت عایق حرارتی (منابع آبگرم)..... ۲۱۴
جدول (۵-۶) میزان استاندارد مصرف انرژی در برخی از وسایل خانگی ۲۱۸
جدول (۵-۷) مراحل انجام ممیزی انرژی در ساختمان ۲۲۷
جدول (۵-۸) میزان تلفات انرژی از جداره‌های خارجی ساختمان یک بیمارستان..... ۲۴۷
جدول (۵-۹) پتانسیل صرفه‌جویی انرژی الکتریکی و مقادیر شاخص مصرف انـرژی بعـد از اجـرای
اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی..... ۲۴۹
جدول (۵-۱۰) روش‌های اجرای عایق‌کاری حرارتی در جداره‌های خارجی ساختمان (دیوارهای خارجی) . ۲۵۵
جدول (۵-۱۱) روش‌های اجرای عایقکاری حرارتی در جداره‌های خارجی ساختمان (سقف و کف) ۲۵۶
جدول (۵-۱۲) روش‌های اجرای عایقکاری حرارتی در جداره‌های ساختمان (سقف شیبدار) ۲۵۷
جدول (۵-۱۳) روش‌های اجرای عایقکاری حرارتی در جداره‌های خارجی ساختمان (عایقکاری گسترده)..... ۲۵۸

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

پیشگفتار

در دنیای امروز تأمین انرژی حرارتی یکی از نیازهای اساسی زندگی بشر و عامل مهم گردش چرخهای صنعت می‌باشد. عمدهٔ این حامل انرژی از منابع سوخت‌های فسیلی تأمین می گردد. اما از یک سو این منابع محدود و تجدیدناپذیرند و از سوی دیگر مصرف این حامل انرژی ، بشدت موجب آلودگی محیط زیست می‌گردد، تولید گازهایی مانند منواکسیدکربن، اکسیدهای ازت و بطور کلی گازهای گلخانه‌ای [1] موجب آلودگی هوا و گرمایش کرهٔ زمین که از آن به گرمایش جهانی [2] نامبرده شده، می‌گردد.

با توجه به نکات مذکور در دنیای امروز مدیریت و بهینه‌سازی مصرف این حامل انرژی هم از نقطه نظر حفظ و سیادت از منابع انرژی و هم از نظر کاهش آلودگی‌های محیط زیست بسیار حائز اهمیت می باشد. اغلب کشورهای توسعه‌یافته بدلیل ضرورت این موضوع نسبت به امضاء تفاهم‌نامه‌ها و پروتکل‌های بین‌المللی و رعایت مفاد آن در چهارچوب تعهدات فی‌مابین اقدام نمودهٔ و در راستای کاهش مصرف این نوع سوخت‌ها و آلاینده‌های حاصل از آنها موظف به اجرای تمهیدات گسترده‌ای در بخش‌های مختلف مصرف شده‌اند. در کنار اعمال روش های مدیریت مصرف انرژی حرارتی [3] بررسی امکان جایگزینی حامل‌های انرژی تجدیدشونده مانند: انرژی خورشیدی، باد و زمین‌گرمایی نیز در اهداف مطالعات و تحقیقات کشورها قرار گرفته است. در کشور ما نیز علی‌رغم تصور عمومی نسبت به اینکه کشور از نظر منابع سوخت فسیلی (نفت و گاز) غنی می‌باشد ولیکن با توجه به گفته‌های بالا ضرورت اعمال مدیریت و بهبود کارآیی مصرف این حامل انرژی منتفی نمی‌گردد. اما برای اعمال روش‌ها و راهکارهای مناسب در این خصوص ابتدا باید مصرف‌کننده‌های این نوع حامل انرژی را شناسایی نمود. سوخت‌های فسیلی اعم از اینکه در نیروگاه‌ها برای تولید برق مورد مصرف قرار می‌گیرند، در بخش‌هایی مانند صنعت، خانگی و تجاری نیز مورد استفاده روزمره می‌باشند. مصرف سوخت‌های فسیلی بطور مستقیم در سیستم‌های تولید حرارت به شکل گرم کردن هوا، آب و سایر سیالات حامل انرژی حرارتی کاربرد داشته و از جمله این المان‌ها می‌توان به دیگ‌های بخار، آبگرم، کوره‌های صنعتی و مشعل‌ها و ... اشاره نمود. در مجموعهٔ حاضر ضمن شناسایی هر یک از تجهیزات فوق، روش‌ها، تکنولوژی‌ها و راهکارهای مناسب در بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی حرارتی در این نوع تجهیزات مصرف‌کننده سوخت و انرژی حرارتی، ارائه گردیده است.

---

[1] - Greenhouse Gases
[2] - Global Warming
[3] - Thermal Energy Management

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در مجموعهٔ حاضر در کنار تئوری محاسبات، سعی شده تا با طرح مثال‌ها و نمودارهای واقعی صرفه‌جویی انرژی به شکل کاربردی مطرح گردد.

در این مرجع به تفضیل پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی حرارتی در مصرف‌کنندگان نهایی مانند: مشعل‌ها، دیگ‌های بخار، دیگ‌های آبگرم، کوره‌های صنعتی، تجهیزات تأمین گرمایش ساختمان‌ها مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های مختلف کاهش هزینه و انرژی با تجربیات حاصل از انجام چندین ممیزی در صنایع و انواع ساختمان‌ها توسط گروه مؤلف ارائه گردیده است.

در کنار مسائل مربوط به صرفه‌جویی انرژی به مطالب جدیدی مانند سیستم‌های بازیافت حرارت [۴] و تولید همزمان برق و حرارت [۵] که هم‌اکنون در کشور زمینه‌های مطالعاتی بسیاری پیدا نموده، پرداخته شده است.

گروه مؤلف این کتاب هر چند زحماتی زیادی در تهیه آن متحمل شده‌اند، لیکن بر این عقیده هستند که ذهن بیدار و منتقد خواننده، حتماً به کاستی‌هایی در متن برخورد خواهد نمود. نظر به اینکه تنها اهداف ملی و رشد و شکوفایی صنایع و زمینه‌سازی برای بهره‌وری بیشتر از سرمایه‌ها و ذخایر ارزشمند کشور در تهیه این مرجع مدنظر بوده، از خوانندگان محترمی که این گروه را در رفع کاستی‌ها و شناسایی خلاءهای متن حاضر و بهبود کیفی و کمی آن یاری دهند، کمال سپاسگزاری را به عمل می‌آورند.

FOREIGN REFERENCES:

1- P.Kumar and A. Kuma Tyagi - Managing Energy Efficiently in hotels and Commerial Buildiugs, Tata Energy Research Institue, 2002.

2- Energy Conservation in chemical plants, Fuels and Energy Saying in Boilers, AF International AB, 2002.

3- Moncef Krarti - Energy Auditing of Building Systems (An Engineering Approach) , CRC Press, 2000.

4- Typical Equipment in a boiler plant, AF-International AB (Sweden,2000).

[4] - Heat Recovery Systems
[5] - Combined Heat & Power

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

5- Boiler and Boiler plant Savings, Af-International AB, (Sweden , 2000).

6- Boilers and Furnaces, Energy Efficiency Earings University of Cape Town,1999.

7- Donald R. Wulfinghoff - Eergy Efficiency Manual, Energy Institue press,1999.

8- Steam Systems, Energy Efficiency Earings, University of Cape Town, 1999.

9- Data Book on Energy Conservation for Heat Energy Management , UN-ESCAP,1998.

10- Data Book on Energy Conservation , Characterist of Liquid Fuels, UN-ESCAP. 1998.

11- Data Book on Energy Conservation , Characterist of Liquid Fuels, UN-ESCAP. 1998.

12- B. Mohanty - Energy Efficiency Training, UN-ESCAP,1998.

13- Energy Conservation Handbook, Energy Conservation Center of Japan (ECCJ) 1998

14- Energy Star Building Manual-EPA, 1998.

15- Energy Technologies, Fuel and Combustion .

16- Charles Hendtlass and Janine Griffin - Energy Efficiency " A Guide to Current and Emerging Technologies" Volume 1 : Building and transportation, Centre for Advanced Engineering (CAE), April 1996 .

17- Albert Thumann - Handbook of Energy Audits, 4 th Edition1995.

18- Giovannia Petrecca - Industrial Energy Management, kluwer Academic Publishers, 1993.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

19- The Energy Design Handbook, the American Institue of Architects,1993.

20- Victor B.Ottaviano. Energy Management, Ottaviano Technial Services INC, 1984.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

مراجع فارسی :

۱- عایق‌های حرارتی - سعید امانی ، عبدالرضا کرباسی- سازمان بهره‌وری انرژی ایران - ۱۳۸۳.

۲- مقدمه‌ای بر سیستم‌های تولید مشترک برق و حرارت - مطلب میری، غلامرضا بیاتی - سازمان بهره‌وری انرژی ایران -۱۳۸۳.

۳- گزارش‌های ممیزی انرژی در صنایع سیمان، آجر ماشینی و قند و شکر - سازمان بهره‌وری انرژی ایران - ۸۲ و ۱۳۸۱.

۴- بخار و تکنولوژی بهره‌گیری از آن - شرکت صنایع پایدار ایده - ۱۳۸۲ .

۵- مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (صرفه‌جویی در مصرف انرژی) – دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان - وزارت مسکن و شهرسازی - ۱۳۸۱.

۶- جزئیات اجرایی عایق‌کاری حرارتی جداره‌های خارجی ساختمان- وزارت مسکن و شهرسازی - ۱۳۸۱.

۷- ترازنامه انرژی - دفتر برنامه‌ریزی انرژی معاونت انرژی وزارت نیرو - ۱۳۸۱.

۸- آموزش مدیریت انرژی- سازمان بهره‌وری انرژی ایران - ۱۳۷۷.

۹- عملکرد، نگهداری و بهینه‌سازی سیستم‌های گرمایش، تعویض هوا و تهویه مطبوع - نشریه شمارهٔ ۱۷۲ - سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- ۱۳۷۷ .

۱۰- اصول مدیریت انرژی - کرگ بی اسمیت - سازمان بهره‌وری انرژی ایران - ۱۳۷۶.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

فصل ۱ – مبانی صرفه‌جویی انرژی حرارتی و احتراق

۱- ۱- بررسی سیستم‌های احتراقی

مقدمه

این راهنما پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی را برای بویلرها و کوره‌ها بررسی می‌کند. بخش بویلر با توصیف دیگ‌های بخار مختلف، تجهیزات احتراق مورد استفاده و سوخت‌های موجود شروع می‌شود. تأثیرات محیطی توصیف می‌شوند، روندهای انتخاب دیگ‌ها ترسیم می‌شود و نهایتاً فهرستی از اقدامات و رئوس راهبردها برای صرفه‌جویی انرژی در عملیات دیگ ارائه می‌گردد. سپس به صرفه‌جویی انرژی در کوره‌ها می‌پردازد. انواع مختلف کوره و اقدامات صرفه‌جویی انرژی توصیف می‌شوند. در این جا تأکید بر صرفه‌جویی ناشی از کاهش هوای اضافی و پیش‌گرمایش هوای احتراق، عایق‌بندی صحیح و کنترل فشار کوره است.

۱– ۱–۱– احتراق

در تمام جنبه‌های دیگ‌ها و کوره‌ها (شامل خشک‌کن‌ها و اجاق‌ها) گرما در اثر احتراق یا با استفاده از انرژی الکتریکی تولید می‌شود. در مورد دیگ، گرما به محصول یا آب برای تولید فرآیند انتقال می‌یابد.

سوخت در محفظه احتراق می‌سوزد و بسته به کاربرد از نظر شکل و اندازه با یکدیگر متفاوت می‌باشند. سوخت‌های عمومی شامل گاز طبیعی، گازهای پالایشی، مازوت، گازوئیل و سوختهای جامد مانند بیوماس یا زغال سنگ می‌باشند و چنانچه در محل تولید شود، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در مورد یک کوره، محصول مستقیماً در معرض گرمای تولید شده در محفظه احتراق قرار می‌گیرد، مانند گاز، کک یا گازهای داغ احتراق که توسط روند احتراق تولید شده‌اند.

۱– ۱–۲– هوای احتراق

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

هوای استویکیومتریک **Stoichiometric** معرف مقدار هوای مورد نیاز برای احتراق کامل با مخلوط کامل سوخت است و هوای **Stoichiometric** گاهی اوقات **theoretical** نامیده می‌شود. اگر مخلوط کامل حاصل شود، هر مولکول سوخت و هوا در روند احتراق شرکت می‌کند. هوای اضافی باید برای تضمین احتراق کامل سوخت تأمین شود زیرا مخلوط کردن سوخت و هوا رخ نمی‌دهد. درصد هوای اضافی عبارتست از کل هوای تأمین شده احتراق منهای هوای **Stoichiometric** تقسیم بر هوای **Stoichiometric** یا به عبارتی دیگر درصد هوای اضافی بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\text{Total air} = \text{Stoichiometric air} \times \left(1 + \frac{\%\,Excess}{100}\right)$$

مقدار حداقل هوای اضافی مورد نیاز با توجه به سوخت مورد استفاده و کارآیی مخلوط هوا و سوخت تغییر می‌یابد. اگرکمتر از مقدار حداقل هوا تأمین شود، مقداری از سوخت کامل نمی‌سوزد و اتلاف انرژی سوخت وجود دارد. شواهد احتراق ناقص غالباً به شکل منواکسید کربن **(CO)** در محصولات احتراق ظاهر می‌شود. آنالیزور احتراق گاز با یک دستگاه **Orsat** یا سایر تحلیل‌گرهای O_2 و احتراق می‌تواند برای بررسی **CO** در گازهای خروجی کوره مورد استفاده قرار گیرد.

هوای بیش از حد نیز باعث اتلاف انرژی می‌شود. عمل احتراق معمولاً دارای دمای بالا و شامل انرژی گرمایی زیادی می‌باشد. اگر مقدار هوای زیاد برای کوره تأمین شود، مقدار هوای اضافی نیز گرم خواهد شد. تأثیر تلفات انرژی با تغییر مقدار هوای تأمین شده برای کوره در شکل (۱-۱) نشان داده شده است. حداقل تلفات، زمانی رخ می‌دهد که مقدار هوای تأمین شده اندکی بیشتر از مقدار **Stoichiometric** باشد.

وزن یا حجم هر عنصر یا ترکیب در سوخت برای تعیین هوای **Stoichiometric** لازم است. اغلب تعیین هوای **Stoichiometric** در این حالت راحت نیست، چون در بسیاری موارد تجزیه دقیق سوخت نامعلوم است یا تغییر می‌یابد. یک روش راحت‌تر تعیین مقدار هوای مورد

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

نیاز برای هر واحد گرما در سوخت است یعنی کیلوگرم‌های مورد نیاز هر گیگاژول گرمای احتراق (Kg/GJ). با بیان این روش، هوای Stoichiometric مورد نیاز برای انواع سوخت تقریباً ثابت است. جدول (۱-۱) مقادیری را برای چندین نوع مختلف سوخت نشان می‌دهد که ممکن است در دیگ‌ها یا کوره‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

در صورت بروز اشکال می‌توان به فن تأمین هوا، دریچه ورودی هوا و کانال مربوطه یا روش کنترل جریان هوای نامناسب اشاره نمود. آگاه بودن از مقدار مورد نیاز هوای احتراق کوره امکان بررسی صحت سیستم تأمین کوره را فراهم می‌سازد. نیازهای هوای احتراق می‌تواند محاسبه شده و با ظرفیت اجزا در سیستم تأمین هوا مقایسه گردد.

مثال : هوای مورد نیاز احتراق برای کوره با استفاده از l/h ۷۰۰ از سوخت شماره ۶ جدول (۱-۱) با ۱۵ درصد هوای اضافی می‌تواند محاسبه شود. بر اساس جدول (۱-۱)، هوای احتراق تئوری kg/Gj ۳۲۷است. مقدار ارزش حرارتی سوخت با ۲/۵ درصد سولفور در حدود Mj/l ۴۲/۳ است. (محتویات سولفور غالباً از تأمین‌کننده سوخت بدست می‌آید).

$$\text{هوای مورد نیاز} = \frac{700l/h \times 42.3Mj/l \times 327kg/Gj \times 1.15}{1000Mj/Gj} = 11135\ \text{kg/h}$$

$$— \frac{11135kg/h}{1.204kg/m^3} = 9248\ \text{m}^3/\text{h}$$

هوای احتراق می‌تواند برای دستگاه بوسیله سیستم‌های مکش طبیعی یا سیستم‌های دمنده برای مشعل تأمین شود. مکش طبیعی از فشار منفی تولید شده توسط دودکش کوره برای جذب هوای احتراق به داخل کوره و خروج گازهای حاصله از اگزوز کوره استفاده می‌کند. مرسومترین نمونه‌ای این گروه گاز خانگی معمولی است. مکش طبیعی غالباً فقط بر کوره‌های کمتر از حدود Gj/h ۱ استفاده می‌شود.

معایب متعددی مربوط به شعله با مکش طبیعی وجود دارد زیرا میزان هوای احتراق جذب شده به داخل کوره نمی‌تواند بدرستی کنترل شود و مخلوط سوخت و هوا شعله با مکش کامل نمی‌شود. این بدان معنی است که مقدار بیشتری هوای اضافی نیاز است تا احتراق کامل

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

تحت تمام شرایط حاصل شود. در این حالت فشار کوره همیشه منفی است و اجازه می‌دهد هوا به داخل کوره نفوذ کند و همین امر باعث افزایش حجم گازهای احتراقی و تلفات بیشتر می‌شود.

نوع فشار مثبت مشعل‌ها، از یک فن برای تأمین هوای احتراق به داخل دستگاه استفاده می‌کند. جریان هوا بوسیله دمپر تنظیم می‌شود. بنابراین کنترل صحیح نسبت هوا به سوخت برای حالات مختلف احتراق امکان‌پذیر است.

یک روش مرسوم برای دستیابی به عملکرد خوب، بکارگیری سوپاپ سوخت و دمپر با یک اتصال مکانیکی مرسوم است. اشکال مختلف از بادامک قابل تنظیم برای تغییر جایگاه‌های نسبی سوپاپ سوخت و دمپر هوا بکار می‌رود تا نسبت‌های مناسب سوخت/هوا را برای تمام حالات احتراق تأمین نماید.

همچنین فن مکانیکی هوای احتراق، اختلاط بهتری از سوخت و هوا را تأمین می‌نماید. هوا در پیرامون مشعل (مشعل‌ها) و تیغه‌ها وارد کوره می‌شود و یک حرکت چرخشی در هوا تولید و بموازاتی که وارد کوره می‌شود می‌تواند یک تلاطم ایجاد نماید. این مزایا بمعنی آن است که هوای اضافی برای یک سیستم فشار مثبت می‌تواند نسبت به حالت مکش طبیعی کمتر باشد، در این حالت تلفات حرارتی کمتری برای گازهای خروجی احتراق بدست می‌آید.

زیاد بودن فشار داخل کوره کمی خطرناک می‌باشد و در حدود ۱۰pa مطلوب است. این معمولاً با تنظیم یک دمپر در خروجی گازهای کوره در پایه دودکش حاصل می‌شود. چنانچه تجهیزات بازیافت حرارت در کوره نصب شده باشد، امکان کاهش فشار نیز میسر نمی‌باشد.

هوای اضافی Excess Air **:**

درصد واقعی هوای اضافی که برای کوره تأمین می‌شود یکی از مهمترین پارامترهای اطلاع‌دهنده برای اپراتور کوره است، صحیح‌ترین روش آنالیز گازهای خروجی از کوره است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

تحلیل گاز احتراقی کوره‌ها

یک کوره که در آن حرارت بوسیله احتراق سوخت تولید می‌شود می‌تواند بعنوان موردی که دارای سوخت و هوای احتراق بعنوان ورودی است و گاز خروجی بعنوان خروجی آن است مورد مطالعه قرار گیرد شکل (۱-۲). عملاً تمام سوخت‌های مورد استفاده در کوره‌ها هیدروکربن‌ها هستند که شامل عناصر هیدروژن و کربن است. با وجود آن که برخی سوخت‌ها شامل سایر اجزا هستند اما غالبا برای روند احتراق مهم نیستند. هیدروژن در سوخت می‌سوزد تا بخار آب را شکل دهد و کربن می‌سوزد تا دی‌اکسید کربن را شکل دهد (CO_2) یا مخلوطی از دی‌اکسید کربن و کربن منواکسید (CO)، هوا شامل نیتروژن (N2) همچنین اکسیژن (O2) است. N2 در روند احتراق بجز برای شکل دادن مقادیر کم نیتروژن اکسید (Nox) شرکت نمی‌کند.

اجزای عمده محصولات احتراق بخار آب، CO2، CO و N2 و O2 اضافی است که احتراق را تشکیل می‌دهد. همه اجزا در همه موارد حاضر نیستند. وجود CO نشانگر احتراق ناقص است.

تجزیه و تحلیل گازهای خروجی کوره را می‌توان با استفاده از یک آنالیزور دائم یا نمونه‌برداری دوره‌ای تعیین نمود. این محل باید تا حد امکان نزدیک به خروجی کوره باشد تا خطاهای نفوذ هوا را کاهش دهد. برخی آنالیزورهای دائم جزءO2 را اندازه‌گیری می‌کند و نتایج را ثبت یا نشان می‌دهند. سایر تجزیه‌گرهای مستمر مقدار قابل احتراق گاز مجرای کوره را نیز اندازه‌گیری می‌کنند که عمدتاًCO است اما ممکن است شامل برخی ترکیبات نسوخته به شکل گاز باشد. اگر یک آنالیزور گازهای احتراق کوره دائم در دسترس نباشد، نمونه‌ای از گاز مجرای خروجی کوره می‌تواند برداشته شود و با استفاده از Orsat یا سایر دستگاه‌های اندازه‌گیری تجریه شود.

Orsat درصد را از نظر حجم O2 ، CO2 و CO در گازهای احتراق تعیین می‌کند. تجزیه‌کننده‌های دستی دیگری موجود است که CO2 یا O2 را در گاز خروجی کوره اندازه‌گیری می‌کند. استفاده از آنها آسانتر است و بعنوان یک بررسی مقطعی در مقابل یک Orsat می‌تواند مفید باشند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

تعیین هوای اضافی

آنالیزور احتراق کوره داده‌های کافی برای محاسبه هوای اضافی برای کوره را آماده می‌سازد . در بیشتر کوره‌ها **CO** بعلت بالا بودن هوای اضافی مشخص نمی‌باشد یا خیلی کم است. برای سوخت گاز طبیعی یا مازوت بدون **CO** در گاز خروجی درصد هوای اضافی را می‌توان با استفاده از جدول (۱-۱) تعیین نمود. اگر سایر سوخت‌ها بکار گرفته شود یا اگر **CO** موجود باشد، معادله ذیل می‌تواند مورد استفاده قرار داد.

$$\text{٪ هوای اضافی} = \frac{O2 - 0.5Co}{0.2682N2 - (O2 - 0.5Co)} \times ۱۰۰$$

که O_2 = درصد حجمی گاز O_2 در گازهای احتراقی است

CO = درصد حجمی منواکسید کربن

N2 = درصد حجمی نیتروژن

مثال‌ها: تجزیه گازهای کوره از نظر درصد حجمی در یک کوره که با گاز طبیعی می‌سوزد نتایج ذیل را نشان می‌دهد.

O2 = ٪ ۹/۸

CO2 = ٪ ۶/۲

CO =٪ ۰

با توجه به شکل (۱-۳)، هوای اضافی تقریباً ۷۹٪ است. این عدد را می‌توان با معادله ذیل مقایسه کرد.

٪**N2** = ٪۱۰۰ – (٪۹/۸+٪۶/۲ + ٪۰) = ٪۸۴

$$\text{٪ هوای اضافی} = \frac{9.8 - (0.5 \times 0)}{(0.2682 \times 84) - [9.8 - (0.5 \times 0]} \times ۱۰۰ = ٪۷۷$$

این مقدار برای یک کوره که با گاز طبیعی می‌سوزد خیلی بالاست و امکان کاهش هوای اضافی باید مورد بررسی قرار گیرد.

مثال بعد آشنایی بیشتری را با روندهای محاسبات احتراق نشان می‌دهد. یک کوره با گاز کک و با آنالیز احتراق به شرح ذیل می‌سوزد:

O2 = 2.1 %

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

CO2 = 10 %

CO = 0 %

N2 = 87.9%

معادله باید برای محاسبه هوای اضافی مورد استفاده قرار گیرد، چون جدول (۱-۱) برای کک کاربرد ندارد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

حرارتی که از دودکش خارج می‌شود غالباً بیشترین افت حرارتی در دیگ یا کوره‌های سوختی است. تجزیه گاز احتراق و دمای گاز خروجی کوره می‌تواند برای محاسبه تلفات مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر تجهیزات بازیافت گرما در کوره یا دیگ وجود نداشته باشند، این اقدامات باید در خروجی گازها در نظر گرفته شود تا تلفات به حداقل برسد.

این بدان معنی است که در این احتراق هوا ۴٪ کمتر از هوای تئوری استفاده شده است لذا برای اینکه احتراق کامل برای مشعل‌ها تأمین شود بایستی ۴٪ هوا اضافه تر گردد. اگر نوع روند اجازه دهد، افزایش هوای احتراق بایستی مونواکسید کربن را کاهش دهد.

در بعضی مواقع در احتراق CO با O2 بالایی رخ می‌دهد. این غالباً نشانه عدم اختلاط خوب سوخت و هوای احتراق است. گاهی بهبودهایی می‌تواند با تنظیم دمپرهای هوای مشعل برای ایجاد اختلاط در منطقه اختلاط سوخت و هوا انجام شود. در مثال‌های دیگر ممکن است لازم باشد جایگزینی برای مشعل در نظر گرفت.

۱- ۲- تلفات حرارتی Heat Loss :

چنانچه تجهیزات بازیافت در کوره نصب شده باشد، آنالیز می‌بایست بعد از تجهیزات گرفته شود. تلفات حرارتی گازهای خروجی کوره دارای چهار جزء است که می‌تواند جداگانه محاسبه شود.

- **تلفات گرمای گازهای احتراقی بر مبنای خشک**
- **تلفات حرارتی ناشی از بخار آب موجود در هوای احتراق[۶]**
- **تلفات حرارتی ناشی از بخار آب تولید شده ناشی از هیدروژن موجود در سوخت [۷]**
- **تلفات ناشی از تولید بخار آب ناشی از احتراق [۸]**

توضیحات :

[۱]- این غالباً خیلی کوچک است و تابع رطوبت جوی است.

۲- این کمیت تابع سوخت است و با عملیات نمی‌تواند تغییر کند. بنابراین در این بحث لحاظ نشده است.

۳- همانند مورد فوق، این مقدار ابتداناً تابع سوخت است و بنابراین بوسیله عملیات نمی‌تواند تغییر کند. بنابراین در این بحث لحاظ شده است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

برای مواد نفتی و گاز طبیعی ، رطوبت در سوخت جزئی است و تبخیر افت گرمای رطوبت را می‌توان ناچیز در نظر گرفت. برای سوخت‌های زیست توده مقادیر تلفات گازهای خروجی را می‌توان با استفاده از شکل (۱-۵) محاسبه و عملکرد دیگ را تخمین زد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در عمل این تلفات می‌تواند ۸٪ تا ۵۰٪ بسته به سوخت متغیر باشد. عامل مهم و مؤثر، دمای گازهای خروجی و مقدار هوای اضافی موجود است. برای حداقل رساندن تلفات در سیستم‌های سوخت زغال سنگ، احتراق کامل، استفاده از سوخت پاش بهتر و کنترل بهتر هوای احتراق لازم می‌باشد. همین عوامل برای دیگ‌های نفت سوز نیز لازم می‌باشد، مشعل‌ها باید بدون آسیب‌دیدگی بوده و بخوبی تعمیر و نگهداری شوند و هوای احتراق (اولیه و ثانویه) باید به میزان صحیح و با اختلاط مناسب وارد منطقه احتراق شود.

برای سوخت‌هایی مانند ذغال سنگ، بیوماس و ضایعات صنعتی یا زباله‌ای شهری، تلفات حرارت حاصل از رطوبت در سوخت می‌تواند قابل توجه باشد. مثلاًچوب می‌تواند دارای رطوبتی بالاتر از ۶۰ درصد باشد. شکل (۱-۵) انواع تلفات حرارتی ناشی از رطوبت برای یک سوخت بیوماس با اجزاء رطوبت متفاوت در دمای خروجی ۲۰۰ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در صورتی که رطوبت سوخت ۳۰٪ باشد تلفات حرارتی گازهای احتراقی کوره ۵/۵ درصد مقدار سوخت است و در صورتی که رطوبت سوخت ۶۰٪ باشد این تلفات به ۲۱ درصد افزایش می‌یابد.

۱– ۲–۱– تلفات حرارتی ناشی از احتراق ناقص

حرارت می‌تواند بوسیله احتراق ناقص سوخت نیز تلف شود که این امر بوسیله وجود CO مشخص می‌شود و در مورد زغال سنگ، مواد قابل احتراق بصورت خاکستر باقی می‌مانند.

تلفات ناشی از CO

با کنترل مقدار دوده تولیدی، مقدار CO قابل کنترل می‌باشد. سه عامل مؤثر باعث ناقص‌سوزی هستند که عبارتند از: هوای احتراقی ناکافی، مخلوط سوخت و هوای نامناسب یا نشت هوای سرد به منطقه احتراق که باعث سرد شدن سوخت و هوا می‌شود. این تلفات به علت عدم تبدیل کربن به دی‌اکسید کربن می‌باشد و کم می‌باشد. اما چسبیدن دوده به سطوح انتقال حرارت باعث کاهش ضریب انتقال حرارت و پایین آمدن راندمان می‌شود.

تلفات حرارتی ناشی از خاکستر سوخت (سوخت‌های جامد مانند زغال‌سنگ)

این تلفات عموماً از ۲٪ تا ۵٪ تغییر می‌کند. این یک نشانه واضح از کمبود هوای احتراق است که سه علت احتمالی دارد. توزیع هوای ضعیف در زیر قفسه، ضخامت زیاد بستر آتش یا ضخامت ناهموار ناشی از اعمال سوخت‌ریزی ضعیف.

تلفات مواد قابل احتراق نسوخته برای تأسیسات نفت سوز و گاز سوز اهمیت ندارد اما برای واحدهای سوخت جامد می‌تواند مهم باشد. شکل (۱–۱) نشان می‌دهد که تلفات مواد سوختنی نسوخته می‌تواند کم و در حداکثر نقطه کارائی باشد. اما اهمیت واقعی این رقم این است که تلفات بموازاتی که هوای کلی کاهش می‌یابد به سرعت افزایش می‌یابند. اندازه‌گیری این شرایط با حضور مقدار زیاد مواد احتراق‌پذیر در گازهای خروجی مشخص می‌گردد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در زغال سنگ، زیست توده (بیوماس) و سوخت‌های جامد دیگر، مواد قابل احتراق نسوخته در ضایعات جمع شده (در چاله خاکستر) و وقتی عملکرد دیگ تست می‌شود این تلفات هم باید مشخص شود. انجام این کار نیازمند یک روش جمع‌آوری و سنجش ضایعات تحت شرایط کنترل شده و سنجش آزمایشگاهی ضایعات برای انرژی حرارتی بالا (HHV) است.

تلفات می‌تواند بصورت زیر محاسبه شود:

افت گرمای مواد سوختنی نسوخته = مقدار زباله خشک × ارزش حرارتی

که واحدها عبارتند از:

افت گرما : (MJ/kg fuel as-fired)

زباله خشک (Kg of refuse/kg of as-fired fuel)

مقدار گرمای زباله (Mj/kg of oil)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱-۳-انتقال حرارت

انتقال حرارت از شعله مشعل به محصول می‌تواند با هدایت (Conduction)، جابجایی (Convection) یا تشعشع (Radiation) و در بیشتر موارد ترکیبی از هر سه باشد.

۱-۳-۱- هدایت

انتقال گرما به محصول بوسیله هدایت تنها در تجهیزات گرم شده بصورت غیرمستقیم اهمیت دارد که در آن جا محصول از شعله بوسیله سطح مبادله گرما مجزا می‌گردد. کوره Muffle و کوره‌هایی که از گرم‌کن‌های لوله‌ای تشعشعی استفاده می‌کنند [شکل (۱-۶)] نمونه‌هایی از ترکیب گرمایش غیرمستقیم‌اند. گرمای انتقال یافته از طریق یک جامد را می‌توان محاسبه کرد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

معادله ذیل نشانگر حرارت تبادل شده بوسیله هدایت می‌باشد:

$$Q = \frac{KA\Delta T \times 3.6}{t}$$

که Kj/h گرمای هدایت شده = Q

K = Thermal Conductivity (w/m°C)

مساحت (مترمربع) = A

اختلاف دمای سطح = ΔT

ضخامت (متر) = t

ضریب تبدیل = ۳/۶

معادل فوق نشان می‌دهد که میزان انتقال حرارت متناسب با سطح و با اختلاف دما افزایش می‌یابد و با ضخامت بصورت معکوس تناسب دارد.

مثال: یک کوره muffle دارای یک حصار فولادی با نیکل به ضخامت mm ۱۰ با مساحت ۵۵ متر مربع است. گرمای مفید محصول، که همه آن از طریق دیوار منتشر می‌شود Gj/h ۱/۹ در ساعت است. هدایت حرارتی فولاد نیکل (w/m°c ۳۱) است. افت دما از طریق دیوار کوره می‌تواند به قرار ذیل تعیین شود:

گرمای هدایت شده Gj/h ۱/۹ یا Kj/h $۱/۹\times۱۰^{۹}$ است.

با جایگذاری در معادله $\Delta T = \frac{1/9\times 10^{6} \times 0.01}{31 \times 55 \times 3/6} = ۳۰۱\ °C$

افت دما در عرض دیواره ۳/۱ درجه سانتیگراد با نرخ مشخص انتقال گرماست.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۳–۲– جابجایی

انتقال حرارت جابجایی بین یک سطح جامد و یک سیال مایع یا گاز رخ می‌دهد.

$Q = ۲۳/۴۶ \times A \times \Delta T \times V^{0/78} \times D$

Q = مقدار انرژی تبادل شده Kj/h

ΔT = اختلاف دمای بین سطوح $°C$

V = سرعت m/s

d = چگالی گاز Kg/m^3

مثال:

کوره‌ای ۳ متر طول دارد و دارای ۱ متر در ۱ متر عرض دارد. گاز خروجی کوره از میان کوره با سرعت متوسط ۰/۵ m/s با یک دمای گاز ۵۰۰ درجه سانتیگراد جریان می‌یابد. اختلاف دما بین دمای کوره و گاز خروجی کوره بطور متوسط ۱۵۰ درجه سانتیگراد است. برای اهداف عملی‌تر چگالی هوا را می‌توان برای گاز خروجی کوره مورد استفاده قرار داد بر اساس مراجع استاندارد چگالی هوا در $°C$ ۵۰۰۰ kg/m^3 ۰/۴۵۸ است. نرخ متوسط انتقال گرما بوسیله جابجایی برای دیوارها کف و سقف را می‌توان بقرار ذیل تعیین کرد:

مساحت کوره که توسط گاز مجرای خروجی کوره جارو می‌شود $m \times 3m = ۱۲\ m^2$ (۱+۱+۱+۱)

$Q = ۲۳/۴۶ \times ۱۲m^2 \times ۱۵۰°C \times (۰,۵\ m/s)^{۰/۷۸} \times ۰/۴۵۸\ Kg/m^3 = ۱۱۲۶۳\ Kj/h$

۱– ۳–۳– تشعشع

انتقال گرما بوسیله تشعشع برای دماهای بالای ۶۰۰ درجه سانیتگراد اهمیت می‌یابد. یک بدنه داغ پرتوهایی را به شکل گرما منتشر می‌کند که می‌تواند توسط جسم جامد دیگری دریافت شود.

مقدار حرارت انتقال یافته از یک جسم جامد با توان چهارم دمای مطلق آن متناسب است و با انتشار آن مستقیماً متناسب است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

سنجش انتشار سنجش گرمای منتشره از یک شئ با گرمای منتشره از یک جسم سیاه با اندازه مشابه در همان دما مقایسه می‌شود. مقدار حداکثر ضریب انتشار مربوط به جسم سیاه بوده و معادل ۱ است.

مقدار انتشار نمونه برای دیواره‌های کوره و فولاد اکسید شده ۰/۸ تا ۰/۹ است. زیرا هم جسم داغ (دیواره کوره) و جسم سردتر (محتویات کوره) پرتو منتشر می‌کنند.

حرارت برابر است با:

$$Q = K \cdot F \times [\ T_1/100)^4 - (T_2/100)^4\ ]$$

Q = میزان انتقال حرارت kj/h

K = ضریب جسم سیاه ۲۰/۶

F = ضریب کلی تشعشع که به سطح ، ضریب نشر و نوع سطح بستگی دارد

$T_1.T_2$ = دمای مطلق °k

$$f = A_1 \left[\frac{1}{e1} + \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \left(\frac{1}{e^2} - 1 \right) \right]$$

A_1 = سطح محتویات کوره m^2

A_2 = مساحت دیواره‌های کوره m^2

e_1 = ضریب انتشار محتویات کوره

e_2 = ضریب انتشار دیواره‌ها

مثال: یک کوره با برش ۱ متر در ۱ متر شمش فولاد کربن را با ابعاد ۱۰۰ میلیمتر در ۱۰۰ میلیمتر گرم می‌کند. دمای دیواره کوره ۱۰۰۰ درجه سیلیسیوس است. کف کوره گرما را منتشر نمی‌کند. بر اساس مراجع، ضریب نشر یک دیواره کوره آجری نسوز ۰/۷۵ است و ضریب نشر فولاد کربن اکسید شده ۰/۸۰ است. گرمای منتقل شده به شمش در هر متر طول وقتی که فولاد تا ۶۵۰ درجه سیلیسیوس گرم می‌شود می‌تواند محاسبه گردد.

$$A_1 = (۰/۱ + ۰/۱ + ۰/۱) \times ۱ = 0.3\ M^2$$

$$A_2 = (۱+۱+۱) \times ۱ = 3m^2$$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

$$F = \frac{0.3}{\frac{1}{0.8} + (\frac{0.3}{3})(\frac{1}{0.75} - 1)} = ۰/۲۳۴$$

$T_1 = ۱۰۰۰°C + ۲۷۳ = ۱۲۷۳ °k$

$T_2 = ۶۵۰ + ۲۷۳ = ۹۲۳ °k$

$$\text{حرارت تشعشعی / طولی شمش ۱متر} = ۲۰/۶ \times (۰/۲۳۴) \left[(\frac{۱۲۷۳}{۱۰۰})^{۴} - (\frac{۹۲۳}{۱۰۰})^{۴} \right]$$

$= ۹۱۶۰۴ kj/h$

تشعشع همچنین از گازهای داغ گرفته تا محتویات کوره رخ می‌دهد. روش محاسبه تشعشع از شعله با گازهای داغ با جسم جامد فرق می‌کند و حرارت تشعشعی یک شعله روشن از حرارت تشعشعی یک نمونه گاز داغ بالاتر می‌باشد.

۱– ۴– سوخت‌ها

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.

۱– ۴–۱– گاز طبیعی (گاز لوله)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

بخاطر اینکه این گاز براحتی با هوا ترکیب می‌شود و بدون ایجاد دود 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 هیدروکربن گازی، بسادگی با هوای احتراق مخلوط می‌شود و بصورت 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 گازسوز 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 در حالیکه آلوده‌کننده‌ها شامل دود یا مواد سمی نباشند. 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 نشان‌دهنده احتراق کامل گاز است. اما گاز لوله اکسید نیتروژن نیز تولید می‌کند این بدلیل آن است که گاز در دماهای بالا می‌سوزد و لذا انرژی اضافی لازم برای ترکیب اکسیژن و نیتروژن را فراهم می‌سازد.

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

۱– ۴–۲– LPG یا گاز مایع پالایشی

LPG برای توصیف دو سوخت بکار می‌رود. پروپان و بوتان. در عمل اکثریت وسیعی از تأسیسات از پروپان استفاده می‌کنند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

یک تفاوت عمده بین دو سوخت (گاز طبیعی) این است که (LPG) نیازمند تجهیزات ذخیره‌سازی است و ملاحظات خاصی در رابطه با نشت لازم دارد. اولی از نظر هزینه سرمایه یک پروژه و هزینه‌های عملیاتی کلی و نگهداری آن می‌تواند خیلی مهم باشد . مخازن ذخیزه‌سازی مخازنی تحت فشار هستند و بنابراین نیازمند بازرسی سالانه و درازمدت و تست هستند. اگر یک مشتری مخزن‌های خود را داشته باشد، خود مسئول انجام تمام بازرسی‌ها و نشت‌ها یا نگهداری هزینه آن می‌باشد. در عمل، بسیاری از مشتریان مخازن را از تأمین کنندگان سوخت اجاره می‌کنند، و این مسئولیت و نیز مسئولیت نگهداری کلی را حذف می‌کنند.

دومین تفاوت عمده این است که (LPG) از هوا سنگین‌تر است . اگر گاز طبیعی که از هوا سبک‌تر است رها شود، تمام منابع احتراق باید برداشته شود و پنجره‌ها باید باز شود. سپس بطور طبیعی پراکنده خواهد شد. از سوی دیگر LPG ممکن است راه خود را به داخل مجاری،کانال لوله‌ها، تونل‌های کابل،آب گذر، سردابه‌ها و غیره باز کند و پراکنده نمی‌شود مگر اینکه با استفاده از یک فن یا فشار این کار صورت پذیرد. این ویژگی بر مکان مخازن ذخیره در رابطه با ساختمان‌ها، حفره‌ها، آبگذرها، سردابه‌ها و غیره تأثیر می‌گذارد و مکان دستگاه را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۴–۳– نفت کوره (مازوت)

نفت خام مخلوط پیچیده‌ای از هیدروکربن‌ها است . استفاده‌کنندگان سوخت‌های دیگر عمدتاً خواستار سوخت های سبکتری هستند. مشکلات مربوط به ذخیره‌سازی نفت کوره شامل هزینه سرمایه مخازن ذخیره سازی و وسائل انتقال نفت می‌باشد . نفت‌های کوره مایعات چسبیده‌ای هستند که هر چه سردتر می‌شوند چگالتر و سخت‌تر می‌شوند. گازوئیل که سبکترین و کمترین میزان چسبندگی را در سوخت‌ها دارد غالباً در شکل مایع باقی می‌ماند بدون توجه به اینکه سرمای زمستان چه اندازه باشد. این باعث می‌شود که سوخت تحت جاذبه مخزن به سوی مشعل جریان یابد یا باعث می‌شود بسادگی پمپاژ شود. این امر صادق است مگر در صورتی که دوره‌های هوای سرد طولانی رخ دهد که در آن دمای هوا در زیر نقطه انجماد بمدت یک یا چند هفته دوام یابد. تحت این شرایط، برخی از موم‌ها داخل نفت به جامدات چسبیده‌ای تبدیل می‌شود. بطور خاص، این جامدات بر روی فیلترهای خط تأمین نیروی مشعل مشکل ایجاد می‌کند و سرانجام باعث مسدود شدن آنها می‌شوند. هر چند این امر زیاد رخ نمی‌دهد، برخی جهت جلوگیری از این پدیده سیستم گرم‌کننده بر روی فیلترها یا روی لوله توزیع نیروی بیرونی برای احتیاط نصب کرده‌اند.

لازم است سوخت‌های سنگین‌تر نفت بیشتر گرم شوند تا از مخزن حرکت کنند. برای کاهش مقدار انرژی مورد نیاز برای پمپاژ نفت به مشعل‌ها، یک دمای پمپاژ مناسب باید همواره حفظ شود.

جدول (۱-۲) حداقل دمای ذخیره توصیه شده برای درجات مختلف نفت و نیز حداقل دمای هزینه‌های پمپاژ مطلوب را نشان می‌دهد. دمای داده شده در این جدول، بخصوص برای نفت‌های سنگین‌تر فقط بعنوان یک شاخص مورد نظر هستند. به استثنای گازوئیل، تمایل کلی معطوف به درجات نفت سنگین‌تر و چسبنده است که نیازمند دمای ذخیره‌سازی و پمپاژ بالاتر است.

نفت توسط برق یا بخار حاصله از دیگ گرم می‌شود و از آن طریق کارآیی کلی آن را کاهش می‌دهد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

گرمایش شدید غیر کنترل شدهٔ نفت نیز می‌تواند پرهزینه باشد و مخازن و لوله‌های عایق نشده یا عایق‌بندی ضعیف می‌توانند منبع عمدهٔ اتلاف انرژی باشد. چنانچه مخازن نیز تا دمای پمپاژ گرم شوند میزان قابل توجهی تلفات حرارتی بوجود می‌آید و همچنین سیرکولاسیون بیش از حد نیز موجب تلفات حرارتی می‌شود.

یک سیکل نفتی داغ که خوب طراحی شده اول نفت کافی حدود ۱۰٪ را به جریان می‌اندازد تا حداکثر نیاز مشعل‌های مربوطه را برآورده کند. نفت تازه بموازات درخواست از مخزن ذخیره کشیده می‌شود اما مخزن هرگز بخشی از سیستم چرخشی را تشکیل نمی‌دهد تا اینکه تمام نفت برای دمای پمپاژ گرم شود. این امر تضمین می‌کند که هم اندازه و هم سرمایه و هم هزینه‌های راه‌اندازی گرم‌کننده‌های نفت تا حداقل امکان حفظ گردند.

خطای این مقدار گرمایش سوخت مورد نیاز، این است که برای استفاده درجات سنیگن‌تر نفت کوره برای دیگ‌های کوچک غیراقتصادی است. مصارف کمتر از ۳MW استفاده از نفت کوره را غیر اقتصادی و بالاتر از ۲۰ MW آنرا اقتصادی می‌کند.

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 نفت‌های کوره شامل سولفورند به این معنی است که اکسید سولفور (SOX) در طی احتراق تولید می‌شود . تصور می‌شود چنین گازهایی در مشکل آلودگی جهان سهیم هستند، اما نفت در دمای پایین‌تری نسبت به سوخت‌های گازی می‌سوزد و بنابراین گازهای (Nox) کمتری تولید می‌کند.

۱– ۴–۴ – ذغال سنگ

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

دود، دوده،خاک و غبار تولیدی کارخانه‌های ذغال سنگ جدید که از کنترل کننده‌های دقیق استفاده می‌کنند، کمتر بوده و با استفاده از خرد کردن و ریز کردن سوخت این مشکل را

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

حذف کرده‌اند. کنترل شدید SOx و ذرات ریز می‌تواند از طریق استفاده از تزریق سنگ آهک، سیلیکون و فیلترهای کیسه‌ای حاصل گردد.

در سرتاسر مناطق نیمه قاره‌ای و معتدل ذخایر زغال سنگ جهانی بنحو برجسته‌ای از ذخایر نفت خام و یا گاز طبیعی بزرگترند. بسیاری از کشورهای واردکننده نفت با ذخایر مهم نفت پژوهش‌های قابل توجهی را در زمینه سوخت ذغال سنگ انجام داده‌اند و در برخی از موارد، تصمیماتی را به اجرا گذاشته‌اند که در جهت ارتقاء مصرف زغال سنگ برای سوخت دیگ‌ها بوده است.

زغال سنگ ارزانترین سوخت متداول موجود است . علاوه بر این، قیمت‌های ذغال از قیمت‌های سوخت‌های دیگر ثابت‌تر است و قراردادهای درازمدت، با افزایش قیمت متعادل‌تری انجام می‌گیرد.

اما یک کارخانه با سوخت ذغال سنگ، سرمایه و هزینه‌های عملیاتی زیادی را متحمل می‌شود مانند دیگ یا کوره، هزینه سرمایه شامل انبار ساختن، تجهیزات استعمال ذغال، تسهیلات محو خاکستر و ...

هزینه‌های نگهداری نیز بنحو برجسته‌ای از هزینه‌های سوخت‌های فسیلی دیگر بالاتر است. مشکل رسیدن به احتراق پاک بمعنی آن است که دیگ‌ها نیازمند پاکسازی بیشتری هستند. هم سوخت و هم خاکستر خیلی سخت و سایشی هستند، بنابراین میزان فرسایش دستگاه‌های استعمال ذغال و خاکستر نیز بالاست.

در معرض قرار دادن خاکستر به شیوه‌ای که از آلودگی اجتناب شود یک جز عملیاتی مهم محسوب می‌شود و در برخی مناطق کشور می‌تواند حرفه‌ای پر خرج باشد.

دماهای احتراق پایین آلودگی ناشی از NOx را محدود می‌سازد، اما SOx رها شده از احتراق

زغال سنگ می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. هم‌ارزش گرمایی و هم جزء سولفور زغال در هر منبعی متفاوت می‌باشد . زغال سنگ افریقای جنوبی که به بازار صنعتی فروخته می‌شود دارای جزی سولفور کمی است و از نفت کوره سنگین کمتر آلودگی ایجاد می‌کند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۴–۵– 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 قیمت گذاری و به مقررات کنترل آلودگی نیز معطوف گردد.

جدول (۱-۳) مقادیر ارزش حرارتی برخی سوخت‌ها

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱- ۵- واکنش‌های سوخت و احتراق

۱- ۵-۱- سوخت‌های فسیلی

به طور کلی سوخت‌های فسیلی به سوخت‌هایی اطلاق می‌شود که معمولاً شامل H_2 هیدروژن، C کربن، گوگرد باشند، این سوخت‌ها ممکن است شامل سایر ترکیبات از قبیل N_2 نیتروژن، آب H_2O و سایر مواد معدنی نیز باشد.

در هنگام سوخت یا احتراق اکسیدهای کربن از قبیل CO یا منواکسیدکربن (در صورت ناقص‌سوزی و عدم اکسیژن کافی)، دی‌اکسیدکربن CO_2، آب بصورت بخار H_2O و ترکیبات اکسیدگوگرد (در صورت وجود گوگرد در سوخت مانند زغال‌سنگ، مازوت و ...) شامل SO_2 یا دی‌اکسید گوگرد تولید می‌شود.

همچنین در صورت بالا بودن دمای احتراق، نیتروژن موجود در هوا نیز با اکسیژن ترکیب شده و ترکیبات گازی اکسیدهای نیتروژن یا NO_x نیز تولید می‌گردند. از جمله این ترکیبات می‌توان به N_2O که در ترکیب با آب بصورت اسید نیتریک (HNo_3) است اشاره نمود.

اثر نور خورشید نیز بر روی گازهای خروجی احتراق اغلب باعث تولید سایر ترکیبات اکسید نیتروژن می‌گردد که یک عمل فتوشیمیایی محسوب می‌گردد.

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

سایر ترکیبات معدنی نیز بصورت خاکستر جزعی از محصولات احتراق می‌باشند.

قسمت دیگر از ترکیبات و محصولات احتراقی نیز بصورت ذرات جامد به همراه دود خروجی از اگزوز خارج می‌گردد، همچنین قسمتی از خاکستر نیز بصورت ذرات معلق ممکن است در محصولات گازی احتراق وجود داشته باشند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۵–۲– انواع سوخت‌ها

سوخت‌های جامد (Solid Fuels) : انواع سوخت‌های جامد و ترکیبات مربوطه در جدول(۱–۵) نشان داده شده است.

سوخت‌های مایع (Liquid Fuels) : کلیه سوخت‌های مایع ناشی از محصولات پالایشی پالایشگاه‌ها جزو این نوع سوخت‌ها محسوب می‌گردند. از جمله این سوخت‌ها می‌توان انواع پارافین‌ها ($C_n H_{2n+2}$) اشاره نمود.

سوخت‌های گازی (Gaseous Fuels) : این نوع سوخت‌ها معمولاًدارای عملکرد آسان‌تری نسبت به سایر سوخت‌ها می‌باشند. الفین‌ها و نفتاها (C_nH_{2n}) و ترکیبات اروماتیک (C_nH_{2n-6}) از جمله این ترکیبات هستند.

جدول (۱–۷) بعضی از ترکیبات سوخت‌های گازی غیرمعمول را نشان می‌دهد. سوخت‌های گازی معمول نیز در ذیل نشان داده شده‌اند.

هیدروژن	H_2
متان	CH_4
اتیلن	C_2H_4
اتان	C_2H_6
پروپان	C_3H_8
پروپلین	C_3H_6
ایزوبوتان	C_4H_{10}

این نوع سوخت‌ها اغلب در دماهای معمولی بصورت گازی می‌باشند ولی در پالایشگاه‌ها و مخازن نگهداری بصورت مایع نگهداری می‌شوند. متان یا CH_4 معمول‌ترین سوخت گازی است که به گاز طبیعی معروف است.

۱– ۵–۳– واکنش‌های احتراق

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

عمل ترکیب شیمیایی سوخت‌ها با هوا یا اکسیژن را که گرمازا نیز می‌باشد احتراق می‌گویند.

در زیر وزن ملکولی ترکیبات سوخت‌های فسیلی نشان داده شده است.

O		16
	C	12
N		14
	H	1
	S	32

همچنین انواع وزن و حجم ترکیب اکسیژن با کربن در ذیل نشان داده شده است.

Equation		$C + O_2$	$\rightarrow CO_2$
Mols		1 + 1	→ 1
Atoms		1 + 2	→ 3
Molecular weight	وزن ملکولی	12 + 32	→ 44
Kg		12 + 32	→ 44
Kg		1 + 2.67	→ 3.67
m^3		0 + 1	→ 1*

بنابراین هر کیلوگرم کربن نیاز به ۲/۶۷ کیلوگرم اکسیژن برای احتراق کامل نیاز دارد و در این حالت ۳/۶۷ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن تولید می‌گردد.

ترکیب هیدروژن با اکسیژن

نمونه‌ای دیگر از احتراق، واکنش هیدروژن با اکسیژن می‌باشد. در ذیل معادله به همراه وزن‌های مولی و مولکولی و موازنه واکنش احتراق نشان داده شده است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

Equation	$2H_2 + O_2$	$\rightarrow 2H_2o$
Mols	2 + 1	→ 2
Atoms	4 + 2	→ 6
Moleculor weight وزن ملکولی	4 + 32	→ 36
Kg	4 + 32	→ 36
Kg	1 + 8	→ 9
m^3	2 + 1	→ 2

بنابراین هر کیلوگرم هیدروژن به ۸ کیلوگرم اکسیژن جهت احتراق کامل نیاز دارد و محصول احتراق نیز شامل ۹ کیلوگرم آب می‌باشد.

واکنش متان با هوا (احتراق گاز طبیعی)

هوا شامل ۲۱ درصد (O_2) اکسیژن و ۷۹ درصد نیتروژن (N_2) می‌باشد بنابراین برای احتراق کامل در حالت استوکیومتری (Stoichiometric) :

$$CH_4 + 2(O_2 + (79/21\ N_2) = CO_2 + 2\ H_2O + (2 + 79/21)\ N_2$$

Kg $16 + 64\ (7.52 \times 28) = 44 + 36 + (7.52 \times 28)$

Kg $1 + 4 + 13.16 = 2.75 + 2.25 + 13.16$

Mols $1 + 2 + 7.52 = 1 + 2 + 7.52$

m^3 $1 + 2 + 7.52 = 1 + 2 + 7.52$

*** بر اساس قانون آواگادرو (Avogadro) برای گازهای کامل حجم دی‌اکسیدکربن تولید شده برابر است با حجم هوای تغذیه شده احتراق در همان فشار و همان دما.**

بنابراین ۱ کیلوگرم متان به ۱۷/۱۶ کیلوگرم هوا برای احتراق کامل نیاز دارد و ۱۸/۱۶ Kg محصولات احتراق شامل 2.75 kg گاز CO_2 ، 2.52 kg بخار آب و 13.16kg نیتروژن داغ می‌باشد و همچنین هرمترمکعب متان به $9.52m^3$ هوا برای احتراق کامل در حالت استوکیومتریک نیاز دارد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

آنالیز حجمی گازهای احتراق متان نیز بصورت زیر می‌باشد:

	mol	
CO_2	1	9.5 %
H_2O	2	19.5 %
N_2	7.52	71.5%
total	10.52	100 %

بنابراین اگر CO_2 اندازه‌گیری شده در محصولات یک احتراق گازی 9.5% باشد یک واکنش احتراق کامل در حالت استوکیومتری انجام پذیرفته است.

در اغلب اندازه‌گیری‌ها گازهای خروجی احتراقی مقدار CO_2 مقدار واقعی نمی‌باشد. واکنش بخار آب موجود در گازهای احتراقی و دی‌اکسیدکربن باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری‌های CO_2 می‌باشد واکنش فوق بصورت زیر می‌باشد.

$$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$$

این واکنش مخرب بوده و باعث خوردگی فلزات در مسیر می‌شود که برای جلوگیری از این امر معمولاً از فلزات مقاوم در برابر خوردگی استفاده می‌شود.

همچنین واکنش فوق باعث نمایش مقدار غیرواقعی CO_2 در دستگاه اندازه‌گیری CO_2 می‌شود. لذا معمولاً CO_2 موجود در گازهای احتراقی را از روش محاسباتی بدست می‌آورند نه از طریق اندازه‌گیری.

حال چنانچه بعنوان بخار آب خروجی را بطور کامل کندانس نمود و از گازهای احتراق خارج نمود محاسبات بر اساس آنالیز خشک گازها صورت می‌پذیرد. آنالیز حجمی فوق بر مبنای خشک بصورت زیر می‌باشد.

	mol	
CO_2	1	11.7 %
H_2O	0	0 %
N_2	7.52	88.3 %

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۵–۴– دمای شعله آدیاباتیک – (دما پس از احتراق)

حرارت تشکیل (Heat of formation) حرارتی است که جسم بر اثر واکنش مواد تشکیل دهنده آزاد و یا جذب می‌کند. لذا با توجه به این تعریف، حرارت آزاد شده احتراق، از مجموع حرارت‌های تشکیل محصولات احتراق منهای حرارتی تشکیل مواد اولیه (متان، اکسیژن و نیتروژن) بدست می‌آید.

جدول شماره (۱–۸) نمونه‌ای از استاندارد حرارت تشکیل چند ماده را نشان می‌دهد.

بنابراین:

جدول (۱–۸) حرارت استاندارد تشکیل چند ماده

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

مجموع حرارت‌های تشکیل مواد اولیه – مجموع حرارت‌های تشکیل محصولات احتراق = حرارت آزاد شدهٔ احتراق

لذا :

$= CO_2$	1 mol	393.8	KJ
$+ H_2O$	2 mol	2×241.8	KJ
$+ H_2$	7.52 mol	$7.52 \times o.o$	KJ
Total	9.52 mol	877.4	KJ
$- CH_4$	1 mol	74.9	KJ
$- O_2$	2 mol	2×0	KJ
$- N_2$	7.52 mol	7.52×0	KJ
total	10.52 mol	74.9	KJ

بنابراین مجموع حرارت آزاد شده از احتراق کسب مول متان برابراست با

$877.4 - 74.9 = 802.5$ KJ

یک مول از هر ماده برابر است با M گرم از همان ماده که M را وزن ملکولی آن ماده می‌گویند. برای متان ۱ مول متان برابر با 16gr بوده لذا از احتراق 16 گرم متان 802.5 کیلوژول انرژی آزاد می‌گردد.

و همچنین از احتراق هر کیلوگرم متان 50156.25 Kj انرژی آزاد می‌گردد. به این مقدار انرژی ارزش حرارتی خالص متان گفته می‌شود. (Net Calorific value)

به این ارزش حرارتی، ارزش حرارتی پایین (Lower Heating Value) نیز گفته می‌شود که در آن H_2O بصورت بخار آب در محصولات احتراق ظاهر می‌گردد.

چنانچه حرارت نهان تبخیر آب (Latent Heat) که معادل 2.5 MJ/kg می‌باشد و صرف تبخیر آب شده است را به مقدار فوق اضافه کنیم مقدار Higher Heating Value یا ارزش حرارتی بالا یا ارزش حرارتی ناخالص (gross) بدست می‌آید. مفهوم فوق به این معنی است که آب را در محصولات احتراق بصورت مایع در نظر بگیریم نه بصورت بخار.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در احتراق متان دو مول یا 36 gr از آب بصورت بخار در محصولات احتراق نشان داده شده است. (یا 2.25 kg آب به ازای هر کیلوگرم متان).

بنابراین آب تبخیره شده مقدار 5.625 MJ انرژی را به خود اختصاص داده است که این مقدار انرژی از احتراق سوخت جذب آب شده است.

با احتساب این مقدار برای محاسبه ارزش حرارتی بالای متان یا Gross Heating Volue

ارزش حرارتی ناخالص متان برابر است با

(892.5 KJ/mol) یا 50.156 MJ/kg +5.625 MJ/kg = 55.78j1 MJ/kg

که در مقابل ارزش حرارتی خالص متان 90 KJ/mol اختلاف وجود دارد.

892.5 KJ/mol – 802 KJ/mol = 90 KJ/mol

همچنین در جدول (۱-۱۰) آنتالپی محصولات احتراق در دمای بالاتر از 25 °C بر حسب J/mol نشان داده شده است.

1– ۵–۵– اندازه‌گیری ارزش حرارتی سوخت‌ها

اندازه‌گیری ارزش حرارتی سوخت‌ها توسط بمب کالری متر اندازه‌گیری می‌شود که در آن محصولات احتراق پس از احتراق تا دمای معمولی و شرایط اتمسفریک سرد می‌شود. بخار آب ایجاد شده در محصولات احتراق نیز کندانس شده و کل حرارت بدست آمده اندازه‌گیری می‌شود. در طی این فرآیند حرارت نهان تبخیر آب (Latent Heat) نیز در نظر گرفته می‌شود. نتایج ارزش حرارتی بدست آمده از این قبیل تست‌ها به عنوان ارزش حرارتی ناخالص (Gross Heating Value) محسوب می‌گردد. لذا مقدار ارزش حرارتی خالص یا (Net Heating Value) با کسر مقدار Latent heat آب بدست می‌آید.

دما شعله آدیاباتیک (Adiabatic Flame Temperature)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

دمای شعله آدیاباتیک از تقسیم کل حرارت بدست آمده از احتراق بر مجموع ظرفیت حرارتی محصولات احتراق بدست می‌آید.

جدول (۱-۱۰) آنتالپی محصولات احتراق در دماهای بالاتر از 25 °C را نشان می‌دهد. محدوده دمایی فوق از 600-3000 °k می‌باشد که مقدار آنتالپی در جدول (۱-۱۰) بر حسب J/mol و در جدول (۱-۱۱) بر حسب Mj/Kg نشان داده شده است.

موازنه انرژی (Energy Balance)

در 2200 °k	حرارت محصولات احتراق در 2400 °k = حرارت بدست آمده MJ/mol	
0.103627	0/115849	برای CO_2
2×0.83246	2×0.093885	برای $2H_2O$
7.52×0.063397	7.52×0.070682	برای $7.52N_2$
0.746864	0.835147	Totals
Too small	Too larg	

با استفاده از درون‌یابی (Interpolating) بین حرارت بدست آمده و حرارت محصولات احتراق می‌توان دمای احتراقی را بدست آورد. دمای بدست آمده برابر 2326 °k می‌باشد.

راندمان حرارتی

۱) 100% - efficiency = تلفات حرارتی در گازهای احتراقی ٪

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

راندمان حرارتی احتراق معمولاً بر پایه ارزش حرارتی خالص پیچیده و محاسبه می‌گردد.

جدول (۱-۱۲) آنتالپی محصولات احتراق را در نشان می‌دهد.

جدول (۱-۱۲) آنتالپی مصحولات احتراق

محصولات احتراق	آنتالپی در 600 °k MJ/mol
CO_2	0.0129/6
$2 \times H_2O$	$2 \times 0{,}010505$
$7.52 \times N_2$	$7{,}52 \times 0.008901$
Total	0.100 862

لذا بر اساس نوع سوخت و تعریف

۲) $\text{Efficiency} = \frac{\text{Heat Released (حرارت بدست آمده)} - \text{Heat in Flue gas (حرارت خروجی از اگزوز)}}{\text{Heat Released (حرارت بدست آمده)}}$

راندمان احتراق بر حسب ارزش حرارتی ناخالص $\times \frac{\text{ارزش حرارتی ناخالص}}{\text{ارزش حرارتی خالص}}$ = راندمان حرارتی بر پایه حرارتی خالص

برای متان :

راندمان برحسب ارزش حرارتی ناخالص × 1/112 = راندمان بر حسب ارزش حرارتی خالص

پارامترهای نشان داده شده در جدول (۱-۱۲) برای دمان 327 °C اگزوز نشان داده شده است و حرارت بدست آمده 0.8025 MJ/mol بدست آمده ، بنابراین:

راندمان = 100% × (8025-0.100862) 8025 = 87.43%net

تکرار همین آنالیز با دماهای مختلف خروجی از stack نتایج زیر را حاصل می‌کند

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

دمای اگزوز	راندمان خالص ٪	راندمان ناخالص ٪
۶۰۰	۸۴/۷	۷۸/۶
۸۰۰	۱۸/۵	۷۰/۶
۱۰۰۰	۶۲/۲	۶۲/۲
۱۲۰۰	۵۹/۲	۵۳/۵

هوای اضافی Excess Air

در اغلب واکنش‌های احتراق هوای مورد نیاز بایستی بیش از هوای محاسبه شده در حالت استوکیومتری باشد و علت آن انجام احتراق کامل و اطمینان حاصل کردن از احتراق در کوره‌ها می‌باشد. از طرفی بالا بودن هوای اضافه در سرد کردن محصولات احتراق اثر می‌گذارد.

برای احتراق در حالت استوکیومتری متان:

(۳ $2\,(02 + (79/21)\,N_2) \quad \cancel{(CO_2)} + 2H_2O + (2 \times (\frac{79}{21}))\,N_2$ **CH₄ +**

حال چنانچه A/۱۰۰ هوای اضافی برای احتراق در نظر گرفته شود بنابراین:

$2\,(1+A)\,(O_2 + (79/21)\,N_2) \quad \cancel{CO_2} + 2H_2O + 2AO_2 + 2\,((1+A)\,79/21)\,N_2$ **CH₄ +**

$2\,(1+A)\,O_2 + (2\,(1+A)\,79/21)\,N_2 \quad \cancel{CO_2} + 2H_2O + 2AO_2 + 2\,((1+A)\,79/21)\,N_2$ **CH₄ +**

$+ 2\,(1+A) + 2\,(1+A)\,79/21) \quad \cancel{1} + 2 + 2A + 7.59\,(1+A)$

1 mol

$1 + 2 + 2A + 7.52\,(1+A) \quad \cancel{1} + 2 + 2A + 7.59\,(1+A)$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴) چون Volume Fraction = جزء مولی Molar Fraction

بنابراین آنالیز جزء حجمی گازهای احتراق مرطوب محصولات احتراق عبارتند از :

CO_2	1
H_2O	2
O_2	2 A
N_2	7.52 (1 + A)

آنالیز محصولات احتراق بر پایه خشک در زیر نشان داده شده است:

CO_2	1
O_2	2A
N_2	7.52 (1 + A)

۱–۵–۶– معادلات محاسبات احتراق

۱- معادلات سوخت‌های جامد و مایع

پارامترها

C : جزء وزنی کربن (Kg/kg سوخت)

H : جزء وزنی هیدروژن (Kg/kg سوخت)

O: جزء وزنی اکسیژن (Kg/kg سوخت)

S : جزء وزنی گوگرد (Kg/kg سوخت)

W : جزء وزنی آب (Kg/kg سوخت)

N : جزء وزنی نیتروژن (Kg/kg سوخت)

الف : حجم هوای تئوری (A_o)

$$A_o = 8.89\,C + 26.7\,(h-0.8) + 3.335 \quad (Nm\ 3/kg)$$

ب : حجم تئوری گازهای احتراقی بر پایه مرطوب (G_o)

$$G_o = (1-0.21)\,A_o + 1.867C + 11.2h + 0.7\,s + 1.244\,w + 0.8n \quad (Nm^3/kg)$$

ج : حجم تئوری گازهای احتراقی برپایه خشک (G'_o)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

$G'_o = G_o - (11.2\ h) + 1.2244w)$ (Nm^3/kg)

د: نسبت هوا **Air Retio (m)** ، نسبت هوای واقعی به هوای تئوری

آنالیز داده‌ها براساس خشک و درصد حجمی می‌باشد : **(CO)** و **(O_2)** و **(N_2)**

$$m = \frac{(N2)}{(N_2) - 3.76[(O_2) - 0.5(CO)]}$$

در این حالت **h** (جزء آب) ناچیز، جزء نیتروژن در حالت خشک و معادل با جزء هوا در نظر گرفته می‌شود.

همچنین با فرض اینکه m_2 در گازهای احتراق **0.79** و **Co = 0** باشد معادله فوق ساده شده

و بصورت **(Japenes standard in the energy conservation law)** $\frac{0.21}{(0.21) - (O_2)}$

$m =$

و : حجم واقعی هوای احتراق **(A)**

$A = mA_o$ (Nm^3/kg)

ز : حجم واقعی گاز احتراقی بر پایه مرطوب **(G)**

$G = G_o + (m - 1)A_o$ (Nm^3/kg)

ج: حجم واقعی گاز احتراقی بر پایه خشک (G')

$G' = G'_o + (m - 1)A_o$ (Nm^3/kg)

ط : ارزش حرارتی ناخالص سوخت **(H_h)**

$H_h = 8100\ C + 3400\ (h-0.8) + 2500S$ Kcal/kg

ی : ارزش حرارتی خالص سوخت **(H_L)**

$H_L = 8100\ C + 28600\ h + 4250\ O + 2500\ S - 600w$ Kcal/kg

یا $H_L = H_h - 600\ (9h + w)$ Kcal/kg

معادلات برای سوخت‌های گازی از قبیل:

اتان : C_2H_6 متان : CH_4 منواکسیدکربن : **CO** هیدروژن : h_2

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

اتیلن : C_2H_4 اکسیژن : O_2 بوتان : C_4h_{10} پروپان : C_3H_8

نیتروژن : N_2 دی‌اکسیدکربن : CO_2

الف : حجم هوای تئوری (سوخت Nm^3 / Nm^3)

$$A_o = \frac{1}{0.21}\ (0.5\ h_2 + o.5\ Co + 2CH_4 + 3.5\ C_2H_6 + 3\ C_2H_4 + 5\ C_3H_8 + 6.5\ C_4H_{10} - O_2)\ (Nm_3/Nm^3)$$

ب: حجم تئوری گاز احتراقی بر پایه مرطوب (G_o)

$$G_o = 1 + A_o - 0.5\ (h_2 + CO + C_2H_6 - 2C_3H_8 - 3C_4H_{10}) \quad (Nm^3/\ Nm^3\ \text{سوخت})$$

ج : نسبت هوا (m) (Air Retio)

$$m = 1 + \frac{[(O_2) - 0.5(CO)]G^o}{0.21A_o}$$

د : حجم واقعی هوای احتراقی (A)

$$A = mAo\ [\ Nm^3 / Nm^3\ \text{سوخت}\ ]$$

هـ : حجم واقعی گاز احتراقی بر پایه مرطوب (G)

$$G = G_O + (m-1)\ A_O\ [\ Nm^3 / Nm^3\ \text{سوخت}\ ]$$

و : حجم واقعی گاز احتراقی بر پایه خشک

$$G' = G' + (m+1)\ A_O\ [\ Nm^3 / Nm^3\ \text{سوخت}\ ]$$

ز : ارزش حرارتی ناخالص (H_h)

$$H_h = 3020\ CO + 3050\ h_2 + 9520\ CH_4 + 16820\ C_2H_6 + 15290\ C_2H_4 + 24370\ C_3H_8 + 32010\ C_4H_{10}$$

$$[\ Kcal / Nm^3\ \text{سوخت}\ ]$$

ح : ارزش حرارتی خالص (Hl)

$$H_L = H_h - 480\ (h_2 + 2CH_4 + 3\ C_2H_6 + 2\ C_2H_4 + 4\ C_3H_8 + 5C_4H_{10})\ [\ Kcal /Nm^3]$$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۶– 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).

۱– ۶–۱– مشعل‌های گازسوز

جدای از تجهیزات ایمنی در طراحی مشعل‌های گازسوز، آنها ضرورتاً ساده‌اند. 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 نشده‌اند 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 کارآیی احتراق بدقت کنترل شود.

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

۱– ۶–۲– مشعل‌های سوخت مایع

مشعل‌های نفت سوز پیچیده‌ترند 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 بزرگند، 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

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

Rotary Cup از نیروی گریز از مرکز برای شکستن ماده سوختی 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 بعلت روغن کثیف یا استفاده از سوخت ناخالص است و لذا نیاز به تصفیه دارد.**
- **نسبت جریان برگشتی محدود به ۱:۲ است.**
- **در طی پاک کردن بسادگی آسیب می‌بیند.**
- **به دمای گرمایش اولیه سوخت بالایی برای اتمیزاسیون نیاز دارد.**

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

اتمایزر و پاشش با هوا یا بخار

مزایا :

- **در ساخت خیلی قوی است.**
- **نسبت جریان برگشتی حدود ۱:۴ است.**
- **کنترل خوب هوا / سوخت**
- **احتراق خوب برای نفت کوره سنگین‌تر**

معایب :

- **انرژی یا بصورت هوای فشرده یا بخار برای اتومیزاسیون بکار می‌رود.**

Rotary Cup

مزایا :

- **نسبت جریان برگشتی خوب و حدود ۱:۴**
- **اتومایزینگ خوب برای نفت کوره سنگین**
- **پایین‌ترین دمای بین گرمای سوخت برای اتمایزینگ مورد نیاز است.**

معایب :

- **بسیار پیچیده و نگهداری آن هزینه براست.**
- **مصرف الکتریکی برای حرکت cup مورد نیاز است.**

مشعل های نفت سوز و گاز سوز تولیدی یا فروخته شده، در اکثر کشورها باید استانداردهای ایمنی قانونی و انتشار آلاینده‌ها را رعایت نمایند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

مشعل‌های با هوای اضافی کم

گاز طبیعی استاندارد و مشعل‌های نفت سوز با ۱۰ تا ۱۵ درصد هوای اضافی در ظرفیت کامل و مقادیر بالاتر در ظرفیت‌های کمتر عمل می‌کنند.

مشعل‌های هوای اضافی پایین امکان عمل در ۲ تا ۵ درصد هوا را می‌دهند. کاهش هوای اضافی از ۱۵ تا ۵ درصد باعث کاهش هزینه‌های سوخت تا تقریباً ۱ درصد می‌شود. این صرفه‌جویی‌ها از وجود هزینه‌ای بالاتر بقرار ذیل ناشی می‌شود.

- طراحی بهتر نازل‌های هوا، دریچه‌های هوا، مشعل که به اختلاط و احتراق بهتری دست می‌یابند.
- دریچه‌های هوای مشعل که با میزان شعله متعادل می‌شوند تا احتراق بهتری را در بار زیر ۱۰۰ درصد فراهم آورند.

۱-۶-۳- سیستم‌های کنترل‌های مشعل

در ارتباط با انتخاب نوع مشعل، ملاحظاتی برای سیستم کنترل باید مورد توجه قرار گیرد. ساده‌ترین کنترل **(on/off)** بمعنی 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 شوکهای بزرگ و اغلب مکرر است. بنابراین استفاده اش محدود به دیگ‌های خیلی کوچک یا بازه تا ۳۰۰ کیلووات است.

سیستم اندکی پیچیده‌تر مستقیم **High/Low/off** است که در آنجا مشعل دارای دو بار است. مشعل ابتدا در درجه آتش پایین‌تر عمل می‌کند و بعد با بار کامل مورد نیاز تغییر وضعیت می‌دهد و از آن طریق بر بدترین شوکهای گرمایی غلبه می‌کند. مشعل همچنین می‌تواند به وضعیت شعله کم در بارهای کاهش یافته برگردد و مجدداً حرارتی را در داخل دیگ محدود سازد. این نوع سیستم بنحو برجسته‌ای با دیگ‌های دارای خروجی تا ۳/۵ مگاوات طراحی شده است.

یک کنترل تنظیم کننده مشعل، شعله را تغییر می‌دهد تا آن را متناسب با بار دیگ تنظیم نماید. هر زمان که مشعل بسته می‌شود و شروع بکار می‌کند، سیستم باید با دمیدن هوای

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

سرد بداخل کانال‌های دیگ پاک شود. این انرژی را تلف می‌کند و کارآیی را کاهش می‌دهد. اما تعدیل کامل بمعنی آن است که دیگ شعله را حفظ می‌کند، و سوخت و هوا بدقت در سراسر شعله همگام شده‌اند تا کارآیی گرمایی را به حداکثر و شوکهای حرارتی را به حداقل برسانند. این نوع کنترل بنحو برجسته‌ای می‌تواند با دیگ‌های بالای ۱ 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

مثلاً یک کنترل (on/off) مناسب نفت کوره سنگین نیست.

انتخاب های اساسی بموازاتی که به مشعل‌های نفت سوز ارتباط می‌یابند در شکل (۶-۱) خلاصه شده است. همیشه مقداری اختلاف بین انواع مشعل و انواع سیستم کنترل وجود دارد. اما ترکیب‌ها ترجیحی ترسیم شده‌اند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۶–۴– تجهیزات احتراق: احتراق سوخت جامد

بدلیل اینکه کربن نسبتاً به آرامی می‌سوزد و ذغال به محفظه احتراق نسبتاً بزرگ احتیاج دارد تا باعث احتراق کامل شود، اشکال متعدد سوخت ریز برای انتقال سوخت محفظه احتراق طراحی شده است.

ذغال‌های معدن یا شسته شده می‌تواند خواص احتراق خیلی متفاوت داشته باشد. علاوه بر این، ذغال‌ها از معادن یکسانی برای مدتی طولانی انبار شده‌اند خیلی از ذغال‌های جدید متفاوتند. در نتیجه، یک سیستم احتراق دیگ باید منظماً برای به حداکثر رساندن تبدیل انرژی تنظیم شود. در بخش ذیل، تنها آن انواع از سوخت ریزها که مناسب یک دیگ با بازده ۱/۵ مگاوات و بالاتر باشند ملاحظه می‌شوند.

پایین‌تر از این سطح، انتخاب محدودی وجود دارد . هر دیگ دارای شکل خاصی سوخت ریز ،می‌باشد. سه نوع سیستم اساسی بطور معمول برای دیگ‌های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. دو مورد از آنها دارای طرحی سنتی و یک مورد نسبتاً مدرن است.

سوخت ریزها

سوخت‌ریزها وسایلی مکانیکی اند که سوخت جامد را در بستر ته محفظه احتراق می‌سوزانند. آنها به این منظور طراحی شده اند تا به تغذیه سوخت مستر یا مقطع، احتراق سوخت، تأمین کافی هوای احتراق، رهایی محصولات گازی و تخلیه خاکستر امکان ببخشند. سوخت ریزها بر اساس حالتی که در آن سوخت به بستر سوخت می‌رسد طبقه‌بندی می‌شوند. در سوخت‌ریز جامد، بیشتر از معیار (مقدار تئوری) سوخت وارد منطقه احتراق می‌شود که در جهت مخالف جریان هواست.

سوخت‌ریز زنجیری

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

The Chain Grate Stoker سال‌ها بطور وسیعی مرسومترین روش سوخت زغال سنگ در دیگ‌های با اندازه متوسط صنعتی و دیگ‌های تجاری بوده است که هم خرید و هم عمل و حفظ آن گران است. برای کاهش هزینه‌های تجهیزات عملیات، تولیدکنندگان در حال تحقیق و تجربه بودند. تا یک سیستم کاملاً خودکار را توسعه دهند که نیازمند دخالت کم یا هیچ دخالتی از سوی اپراتورها باشد.

این نوع سوخت‌ریزها فقط با استفاده از انواع مشخص و کیفیت‌های معین زغال سنگ بصورت مؤثر عمل می‌کند. زغال سنگ باید از نظر اندازه یکسان باشد چون کلوخه‌های بزرگ بطور کامل در زمانی که به فضای داخل می‌رسد نمی‌سوزند. علاوه بر این قطعات کوچک ریز ممکن است گذرگاه هوا را در قفسه مسدود سازد و امکان این که هوای احتراق به زغال سنگ برسد دشوارتر می‌گردد. قفسه همچنین بر یک لایه خاکستر در بالای آن برای محافظت از حداکثر دمای سوخت زغال سنگ تکیه می‌کند بنابراین استفاده از زغال سنگ با مقدار خاکستر خیلی پایین باعث آسیب رساندن سریع به قفسه می‌شود.

سوخت‌ریز پاششی

Sprinkler Stoker یک سیستم سوخت ریزی مکانیکی اصلی است که تا این تاریخ عرضه شده است. اصل کار بر آن است که زغال سنگ تازه را بر روی یک بستر آتش در حال سوخت پخش می‌نماید.

بسیاری از واحدهای این نوع با سیستم‌های کنترل بسیار مشابه دیگ‌های گازسوز یا نفت‌سوز تولید شده‌اند. نرخ تغذیه سوخت و هوای احتراق بصورت موازی تنظیم می‌شوند تا یک نسبت برآیند ۱:۳ را تأمین نمایند.

این نوع سوخت ریز مانند سوخت ریز قفسه زنجیره‌ای با توجه به اندازه سوخت انتخاب می‌شود. ذرات زغال سنگ بوسیله هوای احتراق و گازهای سوخت جمع‌آوری می‌گردد و از طریق دیگ حمل می‌شود. این امر می‌تواند باعث فرسایش قابل توجهی در داخل دیگ شود و باعث انتشار زیاد تلفات از دودکش شود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

احتراق بستر سیال

احتراق بستر سیال جدیدترین فناوری سوخت زغال سنگ است که در آن سوخت بداخل یک بستر داغ محرک هوا تغذیه می‌شود. این سیستم دارای دو مزیت است:

۱- از نظر کیفیت، سوخت کمتر مصرف می‌گردد و زغال خیلی کمی را با مقدار خاکستر بالا حتی با ضایعات صنعتی و تجارتی می‌سوزاند.

۲- به علت پایین بودن دما امکان استفاده از مواد ارزانتر را محیا می‌کند.

اما این فناوری همچنان جدید است و در افریقای جنوبی در مرحله تجربی است.

۱– ۷– تجهیزات صرفه‌جویی انرژی حرارتی

در ذیل یک توصیف کوتاه از نیازهای مشترک مورد استفاده برای صرفه‌جویی انرژی در دیگ‌ها و کوره‌ها آورده شده است. در برخی موارد اینها در زیربخش‌های صرفه‌جویی انرژی دیگ ها یا کوره‌ها بحث می‌شود.

۱– ۷–۱– مبدل‌های بازیافت گازهای احتراقی

چون بیشتر تلفات از یک کوره در گاز خروجی ظاهر می‌شود بازیافت این گرما می‌تواند باعث صرفه‌جویی اساسی در انرژی گردد. یک روش متداول نصب یک مبدل در محل خروجی کوره است.

نرخ انتقال حرارت با مساحت سطح مبدل و اختلاف دمای بین گازهای خروجی و ورودی متناسب است.

$Q = U \times A.LMTD^{*} \times ۳/۶$

Q =Kj/h میزان انتقال حرارت

u = ضریب انتقال حرارت w/ $M^{2}{}^{\circ}C$

A = سطح انتقال حرارت

LMTD = اختلاف دمای لگاریتمی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

$$\mathbf{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2})}$$

ΔT_1 =°C اختلاف دمای بالای گاز خروجی کوره با آب گرم شده یا هوا

ΔT_2 = °C اختلاف دمای پایین گاز خروجی کوره با آب یا هوا

*** Log Mean Temperature Difference (LMTD)**

یک مبدل حرارتی می‌تواند برای گرم ساختن آب با گرمای حاصله از گازهای کوره مورد استفاده قرار گیرد. یک ملاحظه طراحی مهم این است که تا چه میزان دمای آب گرم شده باید نزدیک به دمای گاز داغ ورودی به مبدل باشد. امکان گرم کردن مایع به دمایی بالاتر از دمای گاز داغ خروجی وجود ندارد. اختلاف دمای کم بین این دو سطح تبادل زیادی را نیاز دارد. این امر توسط مثال زیر بعد داده شده است.

شکل (۱-۱۱) دمای پیش‌گرمکن‌هوا

مثال صرفه‌جویی

یک مبدل قرار است به یک خشک کن اضافه شود که m^3/h ۴۵۰۰۰۰ رطوبت هوا را در °C ۱۰۰ خارج می‌کند. هوای خارج شده برای گرم کردن m^3/h ۳۵۰۰۰۰ هوای وارده از یک دمای محیط با دمای °C ۱۰ به °C۸۵ بکار می‌رود که به اندازه °C ۱۵ با هوای داغ اگزاست اختلاف دارد. شکل (۱-۱۱) . طرح مبدل دارای یک ضریب انتقال گرمایی که توسط تولید کننده معادل W/m^2 °C ۲۸ است تعریف شده است. گرمای داده بوسیله هوای تخلیه شده معادل گرمای حاصله از هوای وارده است. چون تلفات حرارتی مهمی در مبدل وجود ندارد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

چگالی هوا در شرایط استاندارد $1/204\ kg/m^3$ است. و ظرفیت حرارتی ویژه آن $1/006\ kj/kg°C$ است. مساحت سطح مبدل مورد نیاز را می‌توان بقرار ذیل محاسبه کرد.

Q حرارت دریافتی توسط هوای سرد $= V\ (m^3/h) \times D(\ Kg/m^3) \times CP\ (KJ/kg.°C) \times \Delta T\ (°C)$

$= ۳۵۰۰۰۰ \times ۱/۲۰۴ \times ۱/۰۰۶ \times (۸۵-۱۰) = ۳۱/۷۹ \times ۱۰^۶\ KJ/h$

تلفات حرارتی گازهای خروجی $= ۴۵۰۰۰۰ \times ۱/۲۰۴ \times ۱/۰۰۶ \times (۱۰۰ - T_{out})$

تلفات حرارتی گازهای خروجی = حرارت گرفته هوای سرد

$(۱۰۰ - T_{out}) = ۵۸/۳\ °C \longrightarrow T_{out} = ۴۱/۷°C$

ΔT_1 اختلاف دمای $= ۴۱/۷ - ۱۰°C = ۳۱/۷\ °C$

$\Delta T_2 = ۱۰۰ - ۸۵ = ۱۵°C$

$$LMTD = \frac{۳۱/۷ - ۱۵}{Ln(\frac{31/7}{15})} = ۲۲/۳°C$$

Q حرارت دریافتی مجدد هوای سرد $= ۳۱/۷۹ \times ۱۰^۶ = ۲۸w/m^2\ °C \times ۲۲/۳\ °C \times ۳/۶\ °C$

$A = ۱۴۱۴۲\ m^2$

و چنانچه هوای سرد ورودی تا $5\ °C$ کمتر از دمای خروجی اگزوز شود سطح جدید انتقال حرارت برابر خواهد بود با

دمای هوای گرم $= ۱۰۰ - ۵ = ۹۵\ °C$

حرارت دریافتی هوای سرد $= ۳۵۰۰۰۰ \times ۱/۲۰۴ \times ۱/۰۶ \times (۹۵-۱۰) = ۳۶/۰۳ \times ۱۰^۶\ Kj/h$

$$(۱۰۰ - T_{out}) = \frac{36/03 * 10^6}{450000 * 1/204 * 1/006} = ۶۶/۱\ °C$$

$T_{out} = ۱۰۰ - ۶۶/۱ = ۳۳/۹\ °C$

$\Delta T_1 = ۳۳/۹ - ۱۰ = ۲۳/۹$

$\Delta T_2 = ۱۰۰ - ۹۵ = ۵°C$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

$$LMTD = \frac{23/9 - 5}{m(\frac{23/9}{5})} = ۱۲/۱ \ ^\circ C$$

$$A = \frac{36/03 * 10^6}{28*12/1 *3 /6} = ۲۹۵۴۱ \ m^2$$

باید توجه داشت که کاهش اختلاف دما تا $5\ ^\circ C$ نیازمند این است که مساحت مبدل در حدود دو برابر باشد. و این میزان سطح انتقال حرارت باعث افزایش انرژی بازیافتی از کوره می‌شود.

پیش گرم کن آب تغذیه (Economizer)

عمدتاً برای بویلرها بکار می‌رود و راهی برای گرم کردن آب ورودی بوسیله گازهای داغ خروجی می‌باشد. دستگاه یک مبدل مایع – گاز است. باید توجه داشت که گازهای کوره زیر دمای نقطه شبنم تبدیل به سولفور سرد می‌شوند. اکونومایزر می‌تواند در جایی که آب داغ مورد نیاز است مورد توجه قرار گیرد. این امکان عملی نیز وجود دارد که یک مخزن ذخیره آب داغ عایق‌بندی شد ه را نصب نمود و آب داغ مورد نیاز مصرفی را تأمین نمود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

پیش‌گرم کن هوا (Air Pre-Heater) Recuperator

در رکوپراتور ، هوای در حال ورود به محفظه احتراق با استفاده از گرمای گاز داغ پیش گرم می‌شود. این روش پیش‌گرمایش هوای کوره است، زیرا پیش گرمایش مواد اولیه با گازهای کوره برای دیگ‌ها مشکل‌تر است. گاز داغ در داخل لوله‌ها بصورت یک مجموعه جریان می‌یابد. هوای احتراق بطرف بیرون لوله‌ها بوسیله یک سری صفحات هدایت می‌شود. پیش گرمکن‌های هوا بزرگ و کم اثر تر از مبدلهای مایع مورد استفاده برای گرم کردن آب یا پیش گرم کن آب می‌باشند.

۱-۷-۲- انباشتگر یا Accumulators

دیگ‌ها برای رفع نیاز بخار تولید می‌کنند. وقتی تقاضا زیاد باشد، اغلب این گونه است یک دیگ اضافی باید بصورت موقت مورد استفاده قرار می‌گیرد یا چندین دیگ افزایش می‌یابد تا نیاز را برطرف کند. در اولین مورد این مسئله می‌تواند بعلت تلفات همراه با گرمایش و سرمایش پوسته دیگ نا کارآمد باشد. در هر دو مورد می‌توان با استفاده از یک انباشتگر از بعضی از ظرفیت‌های مورد نیاز دیگ (راه‌اندازی و هزینه سرمایه) اجتناب نمود.

یک انباشتگر بنحو مؤثری بخار را از دیگ‌ها ذخیره یا جمع می‌کند و در طی زمان تقاضای پایین و بعد آن را در طی فواصل درخواست زیاد، در زمان کوتاه آزاد می‌سازد.

۱- ۷-۳- عایق‌بندی

عایق‌بندی برای حفظ گرما در داخل کوره یا دیگ بکار می‌رود. مواد عایق‌بندی مرسوم شامل کلسیوم سلیکات ، الیاف معدنی، الیاف سرامیک، سیمان، شیشه سلول دار و الیاف شیشه می‌باشد.

یک تلفات حرارتی از دیواره‌های داغ یک کوره با دیگ در شکل (۱-۱۲) داده شده است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

یک پیشرفت مهم در این خصوص برای کوره‌ها استفاده از عایق الیاف سرامیک بوده است که در مقایسه با مواد نسوز جامد عایق بهتری است . معایب آن هزینه های اولیه بالاتر و مقاومت کم در برابر فیزیکی است و گاهی یک لایه نسوز در ته کوره در سایر مناطق آسیب‌پذیر برای حفاظت الیاف سرامیک بکار می‌رود.

لایه‌های بیشتر عایق الیاف سرامیک را می‌توان در بیرون ماده نسوز هنگامی که مورد نیاز است نصب کرد.

۱– ۷–۴– تحلیل‌گر اکسیژن

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در گذشته سیستم‌هایی برای بررسی مقادیر O_2 یا CO_2 یک کوره بکار می‌رفته است. اما از نظر تاریخی هیچکدام بنحو رضایتبخشی برای یک استراتژی کنترل اتوماتیک قابل اعتماد نبوده اند. دستگاه‌های نصب شده یا قابل حمل O2 یا CO2 مورد استفاده اپراتور ماهر هنوز هم بهترین روش برای کنترل هوای اضافی و در نتیجه افزایش کارآیی است.

تولید سلول Zirconium برای شناسایی O2یک سیستم سنجش قابل اعتماد است که بصورت خودکار مقدار هوای اضافی را کنترل می‌کنند و از آن طریق بر تغییر سوخت و پارامترهای هوا کنترل دارد. با استفاده از این کنترل‌کننده ها باز خورد / شناسایی اکسیژن که غالباً کنترل اکسیژن خوانده می‌شود، باعث می‌گردد که مقدار هوای اضافی کمتری مصرف شود.

ساده‌ترین سیستم‌ها از علائم باز خورد برای تنظیم دمپرهای هوای احتراق استفاده می‌کنند و پیچیده ترین سیستم‌ها مستقیماً به یک واحد ریز پردازنده متکی هستند که نسبت هوای سوخت احتراق را تنظیم می‌کند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۷–۵– کنترل دور موتور با استفاده از VSD

در اروپا و ژاپن کنترل های دور متغیر برای موتورها متداول است. آنها در این زمینه برای سرعت فن‌های هوای احتراق بکار می‌روند. با تغییر سرعت آنها (همراه با ورودی برق) برای تنظیم هوای مورد نیاز انرژی الکتریکی را می‌توان در طی دوره بار کم صرفه‌جویی کرد. بصورت معمول جریان ورودی از طریق دمپرها کنترل می‌شود در حالی که موتور با یک سرعت ثابت حرکت می‌کند. در بارهای پایین این امر می‌تواند به یک مصرف الکتریکی بالای ناموزون منجر شود. محرک‌های دور متغیر از نظر اقتصادی در کشورهای در حال توسعه کمتر جذابیت دارند زیرا هزینه‌های برق نسبتاً پایین است و هزینه دستگاه کنترل‌کننده دور بالاست.

۱– ۷–۶– دمپرهای گازهای خروجی

برای نیروگاه‌هایی که در آنها دیگ‌ها یا کوره‌ها پیوسته بخاطر تغییر در بار تعطیل می‌شوند، افت حرارت بعلت اثر دودکش که هوای سرد را از طریق دیگ می‌کشد می‌تواند مهم باشد. این امر بویژه زمانی درست است که یک تعداد از واحدها به یک مرکز مشترک متصل باشند و در حالت بالانس متغیر اقتصادی عمل کنند.

در گذشته مشکلات عمده ای وجود داشت که ناشی از طراحی دمپرها بود که واقعاً در برابر گاز محکم باشند و یک سیستم کنترلی که از آتش دیگ در برابر یک دمپر بسته جلوگیری کند. امروزه انواع دمپرها برای این گونه مسائل طراحی شده‌اند. در مورد دهش اجباری (FD فن) مشعل‌های گازسوز و نفت سوز جایگزین ارزانتری هستند. بویژه برای تعمیرات، ساده می‌باشند این امر متضمن نصب یک دمپر خودکار در محل ورودی فن هوای احتراق است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱– ۷–۷– دیگ‌های بازیافت

دردیگ‌های بازیافت از گاز داغ کوره برای تولید بخار استفاده می‌کنند. در بیشتر موارد خط بخار وجود دارد که از حرارت‌های تلف شده استفاده نموده و بخار تولید می‌شود. این مقدار بخار بسته به نیاز و تقاضا از تلفات حرارتی تأمین می‌گردد.

فصل ۲ – مدیریت انرژی در سیستم‌های تولید و توزیع بخار

۲–۱– مدیریت مصرف انرژی در دیگ‌های بخار (تولید بخار)

مقدمه :

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

بویلرها یا دیگ‌ها وسیله‌ای برای تولید آب گرم یا بخار یعنی تولید انرژی حرارتی می‌باشند که در این قسمت به بررسی بویلرهای بخار و راه‌های صرفه‌جویی در آن می‌پردازیم.

۲-۱-۱ - انواع دیگ‌های بخار

در این قسمت به بررسی دو نوع از این بویلرها می‌پردازیم، یکی Fire tube boilers و دیگری water tube boilers می‌باشد.

الف) Fire tube boilers :

در این نوع بویلرها گازهای احتراق داخل لوله‌ها در جریان بوده و آب پشت لوله‌ها، که در اثر انتقال حرارت آب به بخار تبدیل و از سیستم خارج می‌شود.

که قطر لوله‌ها بین ۱/۲ اینچ تا ۴ اینچ می‌باشد.

تیپ‌های مختلف این نوع بویلرها بسته به جریان گاز داخل لوله بصورت دوپاس، ۳ پاس و چهار پاس می‌باشد که در شکل ۲-۱ آمده است.

ولی در حالت کلی تیپ بویلرهای fire tube بصورت شکل ۲-۲ می‌باشد.

معمولاً ماکزیمم فشار کار این نوع بویلرها ۲۵ بار بوده و دارای ظرفیتی بین ۰/۵ تا ۱۰ تن در ساعت می‌باشند.

ب) Water tube boilers :

این بویلرها همانند بویلرهای fire tube می‌باشند با این تفاوت که آب داخل لوله‌ها در جریان بوده و گازهای داغ در بیرون و در اثر انتقال حرارت آب به بخار تبدیل شده و از آن خارج می‌شود. قطر لوله‌های آب in ۵ تا in ۶ می‌باشد. وقتی که مقدار بخار تولیدی بیش از ۱۰ton/hr

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

با فشار بخار تولیدی بالاتر از bar ۲۰ مورد استفاده باشد حتماً از این نوع بویلرها باید استفاده نمود. نمای کلی این بویلر در شکل ۲-۳آمده است.

۲-۱-۲- استفاده اقتصادی از دیگ‌های بخار (بویلرها) و راه‌های افزایش راندمان

در این قسمت روش‌هایی را که می‌توان توسط آن در سوخت و در نتیجه هزینه بهره‌برداری دیگ‌های بخار صرفه‌جویی نمود و راندمان دیگ را افزایش داد ارائه می‌گردد. در این راستا تلفات حرارتی مختلف معرفی شده و میزان آنها مشخص می‌گردد.

بازده یک دیگ بخار معمولی حدود ۷۵٪ می‌باشد. البته دیگ‌های بخار با طراحی جدید دارای بازده بین ۹۰-۸۰٪ نیز می‌باشند.

۲-۱-۲-۱- تلفات گازهای خروجی (Flue gas losses)

تلفات گازهای خروجی معمولاً میزان بالایی را دارا می‌باشند. عمدتاً برای کاهش آنها باید بر روی عوامل زیر مطالعه گردد.

الف) نسبت سوخت به هوا (Excess air)

برای دست یافتن به راندمان بالای دیگ، باید میزان هوای اضافی بنحوی باشد که احتراق کامل صورت گیرد. معمولاً انرژی گرمایی از طریق هوای اضافه به گازهای خروجی منتقل شده و از دودکش خارج می‌شود. در نتیجه اگر میزان هوای اضافی بیش از حد مجاز باشد تلفات مربوط به گازهای خروجی نیز زیاد شده و موجب افزایش هزینه می‌شود. و اگر میزان دبی هوا کم باشد درصدی از سوخت محترق نشده و راندمان احتراق کاهش یافته و بعلاوه تولید دود می‌کند. بنابراین میزان هوای اضافه باید کاملاً تنظیم شود.

میزان هوای اضافی برای دیگ‌های کوچک با سوخت گاز و سوخت‌های مایع حدود ۱۵٪ و برای بویلرهای بزرگ حدود ۱۰-۵٪ می‌باشد. ولی برای سوخت‌های جامد حدود ۵۰-۱۰٪ می‌باشد.

برای مثال در یک بویلر با اندازه‌گیری درصد هوای اضافی ۴۰٪ و دمای دودکش $۲۲۵^{\circ}C$ می‌باشد با توجه به نمودار ۲-۱ داریم.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

قبل از تنظیم :

هوای اضافی ٪۴۰ = λ

تلفات~~دودکش~~ = ٪۱۶/۹ Loss

$T = ۲۲۵^{\circ}C$

بعد از تنظیم :

λ = ٪۱۰

Loss = ٪۱۴/۱

$T = ۲۲۵^{\circ}C$

یعنی با تنظیم نسبت سوخت به هوا و درصد هوای اضافه (λ) راندمان بویلر به میزان ٪۲/۸ افزایش می‌یابد که با توجه به مصرف سوخت بویلر و ساعات کارکرد می‌توان میزان صرفه‌جویی سوخت را محاسبه نمود.

همچنین با کاهش هوای اضافی قدرت فن‌دمنده کاهش می‌یابد که حداقل کاهش قدرت فن ٪۱۰ می‌باشد.

اگر هوای اضافی پایین‌تر از حد مجاز باشد احتراق ناقص انجام می‌گیرد که باعث می‌شود سوخت نسوخته از دودکش خارج شود که تلفات ناشی از تولید منواکسید کربن در اثر احتراق ناقص از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$Loss\ (Co) = m_{co} \cdot (H.H.V)_{co}\ (KJ)$$

m_{co} : دبی جرمی منواکسید کربن

$(H.H.V)_{co}$: ارزش حرارتی منواکسید کربن

ب) کنترل دمای گازهای خروجی

دمای نرمال برای گازهای خروجی باید حدود $۲۰^{\circ}C$ بالاتر از نقطه شبنم باشد.

دمای نقطه شبنم = $۱۳۰-۱۷۵^{\circ}C$

دمای نرمال گازهای خروجی = دمای نقطه شبنم + $۲۰^{\circ}C$

نمودار ۲-۲ میزان تلفات ناشی از دمای گازهای خروجی را نشان می‌دهد. تأثیر اثر دما بر راندمان بویلر معمولاً بیشتر از هوای اضافی می‌باشد و این ناشی از عدم انتقال حرارت خوب

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

می‌باشد که معمولاًجداره‌ها یا لوله‌ها دوده یا جرم گرفته و عمل انتقال حرارت را به خوبی انجام نمی‌دهد.

در جدول زیر یک بویلر ۲۵ تنی بخار با احتراق خوب و بد با یکدیگر مقایسه و میزان تلفات هر کدام محاسبه شده است.

احتراق خوب و بد		خوب	بد
بخار	T/n	۲۰	۲۰
دمای گازهای خروجی	°C	۲۰۰	۳۰۰
CO_2	٪	۱۲	۱۰
O_2	٪	۷/۵	۹/۵
CO	٪	۰/۰۱	۰/۵
دوده	gr/kg-fuel	۳۰	۲۰

تلفات		خوب	بد
گازهای احتراق	٪	۹/۸	۱۵/۲
رطوبت درگاز خروجی	٪	۰/۷	۱
CO	٪	۰/۰۵	۲/۵
دود	٪	۰/۷	۱/۷
حرارت خاکستر	٪	۲/۵	۲/۵
کل تلفات	٪	۱۴/۸	۲۴/۹

با توجه به جدول فوق تفاوت تلفات احتراق خوب و بد حدود ۱۰/۱ درصد می‌باشد یعنی با یک احتراق کامل می‌توان راندمان بویلر را از حالت بد به خوب به اندازه ۱۰/۱ درصد افزایش داد.

جدول زیر میزان تلفات دودکش را بر حسب درصد CO^2 و دمای گازهای خروجی نشان می‌دهد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

	دمای گازهای خروجی		
درصد CO_2 در گازهای خشک	۱۰۰°C	۲۰۰°C	۳۰۰°C
٪۱۰	۴	۹/۴	۱۴/۹
٪۱۲	۳/۳	۷/۹	۱۲/۶
٪۱۴	۲/۹	۶/۸	۱۰/۹

یعنی اگر در دمای °C ۲۰۰ یک بار CO_2 برابر ۱۲٪ و بار دیگر CO_2 برابر ۱۴٪ باشد اختلاف تلفات برابر ۱/۱ درصد خواهد شد یعنی راندمان بویلر (احتراق) به اندازه ۱/۱ درصد افزایش خواهد یافت و اگر با CO_2 حدود ۱۰٪ و دمای °C ۲۰۰ و°C ۳۰۰ مقایسه کنیم می‌بینیم که اختلاف تلفات حدود ۵/۵٪ خواهد شد.

۲-۱-۲-۲- تلفات تشعشی و جابجایی

این تلفات برای بویلرهای مدرن بسیار پایین و حدود ۲-۱ درصد در ماکزیمم ظرفیت حرارتی می‌باشد ولی برای بویلرهای قدیمی تا ۱۰٪ هم می‌رسد.

که محاسبه این تلفات و اندازه‌گیری آن بسیار مشکل می‌باشد و معمولاً به طریق انرژی بالانس بدست می‌آید و در بار کامل مقدار این تلفات کاهش می‌یابد.

۲-۱-۲-۳- استفاده از سیستم کنترل دور متغیر برای فن‌های بویلر:

با استفاده از این سیستم بر روی فن بویلر حدود ۵۰-۳۰٪ در انرژی الکتریکی فن صرفه‌جویی خواهد شد که با استفاده از نمودار ۲-۳ می‌توان مقدار صرفه‌جویی انرژی الکتریکی را محاسبه نمود.

در نمودار ۲-۳ مقایسه بین استفاده از موتورهای دو سرعته با ۱۰۰٪ و ۷۵٪ سرعت نامی و استفاده از گیربکس هیدرولیکی و همچنین کنترل فرکانس را بر حسب شرایط مختلف دمپر با یکدیگر مقایسه نموده و با استفاده از آن می‌توان مقدار صرفه‌جویی در انرژی الکتریکی فن را محاسبه نمود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲-۱-۲-۴- پیش‌گرمایش هوای احتراق (air pre-heat) :

با افزایش دمای هوای ورودی به دیگ، راندمان آن افزایش می‌یابد. برای اینکار می‌توان از انرژی حرارتی موجود در گازهای خروجی استفاده نمود. به ازای هر $^{\circ}C$ ۲۵ افزایش دمای هوای احتراق راندمان بویلر حدود ۱٪ افزایش می‌یابد.

۲-۱-۲-۵- پیش‌گرمایش آب تغذیه (Feed water pre-heat) **:**

با افزایش دمای آب تغذیه می‌توان راندمان بویلر را افزایش داد که این با نصب یک اکونومایز با استفاده از گازهای داغ خروجی انجام می‌شود که با این کار دمای گازهای خروجی کاهش می‌یابد. در حالت کلی با افزایش $^{\circ}C$۶ دمای آب تغذیه بویلر به اندازه ۱٪ مصرف سوخت بویلر کاهش می‌یابد.

شکل ۲-۴ نصب اکونومایزر را در یک بویلر واتر تیوب جهت افزایش دمای آب تغذیه نشان می‌دهد.

با این عمل دو مزیت برای بویلر بوجود می‌آید. یکی افزایش دمای آب تغذیه و دیگری کاهش دمای گازهای خروجی می‌باشد و با این عمل راندمان بویلر حدود ۵٪ افزایش می‌یابد.

برای مثال:

مصرف سوخت بویلر : ton/hr ۷ (ذغال سنگ)

درصد CO_2 : ۱۱٪

افزایش راندمان :۵٪

میزان صرفه‌جویی سالانه سوخت با نصب اکونومایزر برابر ۳۴۰ton/yr خواهد شد.

۲-۱-۲-۶- نیاز به کنترل TDS و بلو دان دیگ بخار:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

با کارکرد سیستم و بمرور زمان، مقدار TDS انباشته شده درون آب دیگ در اثر تبخیر مداوم افزایش یافته که به منظور افزایش عمر سیستم، بازده بیشتر ،امنیت بالاتر و تعمیرات و نگهداری سیستم، بایستی بشیوه مناسب کاهش یابد. سختی بالای آب در مرحله اول باعث رسوب در سطوح انتقال حرارت و لوله‌های دیگ شده که باعث کاهش نرخ انتقال حرارت و در نتیجه کاهش راندمان سیستم می‌گردد و در نتیجه سرویس و تمیز کردن سریعتر بویلرها را به همراه خواهد داشت.

برای اندازه‌گیری TDS دو روش عمده وجود دارد یکی روش استفاده از چگالی یا دانسیته نسبی آب می‌باشد و دیگر که مناسب‌تر و رایج‌تر می‌باشد استفاده از خاصیت رسانش جریان الکتریسته توسط آب می‌باشد که بسیار راحت‌تر و دقیق‌تر است که بوسیله دستگاه Conductivity meter می‌توان میزان TDS را اندازه گرفت.

بهترین روش کنترل بلودان ، سیستم کنترل اتوماتیک می‌باشد و این کنترلر سیگنال ورودی را به میزان مجاز از قبل تعریف شده مقایسه کرده و بنوبه خود سیگنال مناسب برای باز و بسته کردن شیر کنترل اتوماتیک ارائه می‌نماید و بدین ترتیب میزان بلودان کاهش می‌یابد.

جدول ۲-۱- میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت در اثر کاهش تخلیه آب دیگ

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

همچنین با استفاده از نمودار ۲-۶ می‌توان میزان صرفه‌جویی سوخت بویلر را بوسیله کنترل بلودان بدست آورد.

ولی بوسیله نصب یک **Heat Exchenger** می‌توان از این بلودان بازیافت نموده و جهت گرم کردن آب تغذیه بویلر استفاده نمود که دو مورد آن در شکل‌های ۲-۵ نشان داده شده است.

۲-۱-۲-۷- عملیات دوده‌زدایی

به مرور زمان و بر اثر کارکرد مداوم بویلرها باعث گرفتگی دوده داخل لوله‌های جریان گازهای داغ و جرم داخل لوله‌های آب می‌شود و این عمل باعث می‌شود عمل انتقال حرارت بین جریان سیال و گازهای داغ بخوبی صورت نگیرد و دمای گازهای خروجی بالا رفته و تلفات گازهای خروجی افزایش یابد.

بدین دلیل باید طبق برنامه منظم و دقیق عملیات دوده‌زدایی و تمیزکاری را انجام داد که معمولاً به طروق زیر انجام می‌گیرد.

- تمیز کاری مکانیکی
- دوده‌زدایی بوسیله بخار
- دوده‌زدایی بوسیله فشار هوا
- عملیات تمیزکاری صوتی

عمل دوده‌زدایی و تمیزکاری باعث می‌شود انتقال حرارت بخوبی انجام گرفته و بمیزان ۲-۱/۵٪ در مصرف سوخت بویلر صرفه‌جویی انجام گیرد و باعث می‌شود دمای گازهای خروجی و همچنین دفعات **on-off** بویلر کاهش یابد.

همچنین نمونه‌ای از کاهش دمای گازهای خروجی در اثر تمیزکاری لوله‌ها در نمودار ۲-۸ نشان داده شده که اگر لوله‌ها بخوبی تمیز شوند عمل انتقال حرارت بخوبی انجام گرفته و دمای گازهای خروجی کاهش می‌یابد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲-۱-۲-۸- عملیات تصفیه آب (Water treatment):

تصفیه آب بخصوص برای بویلرهای بخار بدلایل زیر صورت می‌گیرد:

- **جلوگیری از بوجود آمدن جرم در لوله‌ها**
- **جلوگیری از بوجود آمدن جرم در تجهیزات جانبی مثل اکونومایزر**
- **برای کنترل ضریب هدایت در بویلرها**
- **کاهش خوردگی**
- **تولید کیفیت بالای بخار**
- **کاهش یا حذف خوردگی در بویلر به علت نامحلول شدن اکسیژن در آب تغذیه**

با استفاده از نمودار ۲-۹ می‌توان میزان تلفات را محاسبه نمود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲–۲– تراز مصرف و تلفات انرژی در دیگ‌های بخار

مقدمه :

از زمانی که بشر توسط جیمزوات اولین ماشین حرارتی را ساخت روزبروز بفکر توسعهٔ ایده‌های طراحی خویش به کمک امکانات بالقوهٔ زمان بود رشد صنایع به کمک توسعهٔ ماشین‌آلات قدیمی در حقیقت در جوهرهٔ خویش نقش تکامل را یدک می‌کشید. تکامل ماشین‌های پر دردسر دیروز به کمک افزایش بهره‌وری آنها میسر گردیده و هر چه جلوتر می‌رویم بهینه‌سازی مصرف انرژی تنها با افزایش بازده ماشین‌های موجود امکان‌پذیر می‌شود. دیگ بخار بعنوان یک ماشین ترمودینامیکی است که محاسبهٔ آن با دو روش زیر انجام می‌شود:

۱- وضعیت انرژی خروجی نسبت به انرژی داده شده به کورهٔ دیگ مقایسه می‌شود، تا میزان قابلیت انتقال گرما توسط این ماشین را ارزیابی کند. این محاسبه را آنالیز اجمالی می‌گویند.

۲- میزان انرژی تلف شده در طول فرآیند تولید بخار مشخص می‌شود تا علاوه بر محاسبهٔ بازده، امکانات بالقوهٔ صرفه‌جویی و به تبع آن افزایش بازده دیگ بخار امکان پذیر شود این روش را آنالیز تفصیلی می‌گویند.

۲– ۲–۱– بازده حرارتی دیگ بخار

برای بدست آوردن بازده حرارتی در دیگ‌های بخار چنانچه در مقدمه ذکر گردید دو روش وجود دارد:

الف – آنالیز حرارتی دیگ بخار بصورت اجمالی

از رابطه (۱) استفاده می‌شود:

$$\text{بازده دیگ بخار} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

چنانچه می‌دانیم انرژی خروجی از دیگ بخار، انرژی بخار می‌باشد این مقدار انرژی در کورهٔ دیگ از احتراق سوخت به آب داده می‌شود و مقدار آن از رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود:

$$\text{انرژی خروجی} = m_v(H_2-H_1)\ (Kj) \quad (۲)$$

مقادیر H_1 و H_2 با توجه به شرایط کار دیگ‌های بخار یعنی فشار و دما، از جدول‌های ترمودینامیکی برای بخار و آب قابل محاسبه است.

انرژی ورودی به دیگ بخار در دو روش اجمالی، انرژی شیمیایی آزاد شدهٔ سوخت مصرفی است که از رابطهٔ (۳) بدست می‌آید:

$$\text{انرژی ورودی} = m_f \times H.H.V \quad (۳)$$

ب – بازده حرارتی دیگ بخار بصورت تفصیلی

چنانچه قبلاً ملاحظه شد. برای آنالیز اجمالی از انرژی‌های ورودی و خروجی به دیگ بخار استفاده می‌شود:

اما واضح است که تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های دیگ بخار زیاد بوده لذا برای مشخص کردن تک تک آنها جهت آنالیزی با خطای کمتر باید دیگ بخار را بصورت یک حجم کنترل در نظر بگیریم.

برای آنالیز حرارتی تفصیلی کلیهٔ انرژی‌های ورودی و خروجی از مرز سیستم محاسبه می‌شود و با استفاده از رابطه (۴) بازده حرارتی دیگ بدست می‌آید.

$$\text{بازده دیگ بخار} = \frac{\text{انرژی ورودی منهای تلفات}}{\text{انرژی ورودی}} \times ۱۰۰ \quad (۴)$$

پیدا کردن شدت انرژی در مرز کنترل سیستم این حسن را دارد که علاوه بر نشان دادن انرژی‌های خروجی طبق رابطه (۵) امکان افزایش بازده دیگ بخار را بوسیله کاهش تلفات انرژی در دستگاه‌های مربوطه عملی می‌سازد، لذا آنالیز حرارتی تفصیلی دیگ بخار تنها بعنوان محاسبهٔ بازده آن نبوده بلکه بهینه‌سازی مصرف انرژی و صرفه‌جویی‌های بعدی با افزایش بازده دیگ بخار امکان‌پذیر می‌شود:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

انرژی ورودی منهای تلفات = انرژی (Kj) (۵)

۲– ۲–۲– محاسبات بازده حرارتی دیگ‌های بخار به روش مستقیم

۲- ۲-۲-۱- حرارت ورودی از احتراق سوخت مصرفی کوره

برا ی محاسبهٔ مقدار حرارت آزاد شده از احتراق سوخت مصرفی کورهٔ دیگ بخار از رابطهٔ (۶) استفاده می‌شود:

$$H_1 = m_f \times L.H.V \ (kj) \quad (۶)$$

که ارزش حرارتی پایین از رابطه (۷) بدست می‌آید.

$$L.H.V = H.H.V - 2500X \ (kj) \quad (۷)$$

۲- ۲-۲-۲- حرارت ورودی به کوره توسط سوخت

سوخت‌های مایع نفتی برای پودر شدن سریع در هنگام پمپ کردن به سوی مشعل‌های دیگ باید دارای گرانروی پایینی باشند. برای نفت کوره‌ها و عمدتاً مازوت‌های سخت و سنگین پیش‌گرم کردن آنها لازم است معمولاً سوخت‌های سنگین را حداکثر تا ۱۲۵ درجهٔ سانتیگراد گرم می‌کنند.

برای پیدا کردن مقدار انرژی محسوس سوخت‌ها در ورود به کوره از رابطهٔ (۸) استفاده می‌شود:

$$H_2 = m_f \ C_{pf}(t_f - t_a) \ (kj) \quad (۸)$$

۲- ۲-۲-۳- حرارت ورودی به کوره توسط هوای احتراق

برای احتراق سوخت، ورود هوا به کوره امری لازم است میزان هوای مصرفی برای یک کیلوگرم از سوخت و در نتیجه مقدار هوای کل احتراق توسط روابط شیمیایی مشخص می‌شود. اما برای افزایش بازده احتراق و بالا بردن دما شعله لازم است که هوا قبل از ورود به کوره و

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

اختلاط با سوخت تا دمای معینی پیش‌گرم شود. دمای هوا تقریباً تا ۳۰۰ درجهٔ سانتیگراد افزایش می‌یابد. انرژی محسوس هوای ورودی از رابطهٔ (۹) محاسبه می‌شود:

$$H_3 = m_f \ C_{pa} (t_2 - t_a) \ (kj) \quad (۹)$$

۲- ۲-۲-۴- انرژی موجود در آب تغذیه:

آب تغذیه مورد نیاز دیگ بخار قبل از ورود به دیگ توسط مبدل‌های حرارتی و اکونومایزر گرم می‌شود علت این امر دو چیز است.

۱- جلوگیری از تنش‌های حرارتی در متعلقات دیگ بخار

۲- بالا بردن بازده دیگ بخار

مقدار انرژی که توسط آب تغذیه وارد دیگ بخار می‌شود از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$H_4 = 4.18 \ m_w \ t \ (kj) \quad (۱۰)$$

۲- ۲-۲-۵- انرژی ورودی به دیگ بخار توسط بخار باز گرم شده

وقتیکه بخار در آخرین گرمکن دیگ بخار به دمای مطلوب رسید وارد توربین فشار قوی می‌شود و بعد از انبساط در آن جهت افزایش انتالپی، مجدداً به دیگ بخار برگشته و در مبدلی بنام بازگرمکن است.

$$H_5 = m_v H_v \ (kj) \quad (۱۱)$$

۲- ۲-۲-٦- انرژی ورودی به مرز سیستم دیگ بخار از پمپ‌های گردش دهندهٔ آب دیگ

در دیگ‌های بخار نیروگاه‌ها با فشار بیش از ۱۵۰ بار جهت گردش آب احتیاج به پمپ می‌باشد. می‌دانیم که تا ۱۵۰ بار بر اثر گرم شدن آب و دو فازه شدن آن، اختلاف چگالی بین آب ورودی به دیگ و مخلوط دو فازه ایجاد می‌شود، که این اختلاف چگالی نیرویی بنام نیروی ترموسیفون ایجاد می‌کند که

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

باعث گردش طبیعی آب دیگ بخار می‌شود اما هرقدر فشار دیگ بالاتر باشد اختلاف چگالی، و در نتیجه نیروی ترموسیفون کمتر می‌شود.

برای محاسبهٔ انرژی ورودی به مرز سیستم توسط پمپ های گردش دهندهٔ آب دیگ بخار از رابطه (۱۲) استفاده می‌شود:

$$H_6 = 3600\ P_{B.C.P}\ (kj) \quad (۱۲)$$

۲- ۲-۲-۷- انرژی ورودی به مرز سیستم از فن‌های دمندهٔ هوا

انرژی فن‌های تأمین کنندهٔ هوای احتراق که به سیستم منتقل می‌شود از رابطهٔ(۱۳) قابل محاسبه است.

$$H_7 = 3600\ P_{F.D.F}\ (kj) \quad (۱۳)$$

۲- ۲-۲-۸- انرژی ورودی به مرز سیستم توسط فن گردش دهندهٔ مجدد دود

در مسائل عملی احتراق در دیگ‌های بخار نیروگاهی قسمتی از محصولات احتراق جهت کمک به پایان یافتن زنجیره‌های احتراق و کسب انرژی حرارتی بیشینهٔ گونه‌ها و کنترل دمای مبدل‌های حرارتی همرفتی مثل بازگرمکن‌ها، مجدداً بوسیله یک فن به کوره بر می‌گردد:

مقدار انرژی که توسط این فن و همچنین دود ورودی به کوره به سیستم داده می‌شود،از رابطهٔ (۱۴) قابل محاسبه است.

$$H_8 = 3600\ P_{G.R.F} + m_g\ C_{rg}\ (t_g - t_a)\ (kj) \quad (۱۴)$$

۲- ۲-۲-۹- انرژی ورودی به مرز سیستم توسط مواد شیمیایی تزریق شده

این مقدار انرژی از رابطه (۱۵) قابل محاسبه است.

$$H_g = m_g\ H_g\ (kj) \quad (۱۵)$$

۲- ۲-۲-۱۰- مجموع کل انرژی‌های ورودی به مرز سیستم

مجموع کل انرژی‌های ورودی به مرز سیستم از رابطه (۱۶) قابل محاسبه است:

$$H_r = \sum_{i=1}^{9} H_i\ (kj) \quad (۱۶)$$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲-۲-۲-۱۱- انرژی تلف شده بوسیله دود خشک

منظور از دود خشک محصولات احتراق بدون بخار آب دورن آن می‌باشد که شامل O_2 ، N_2، CO_2 ، CO، و ... می‌باشد. برای محاسبهٔ این انرژی از رابطه (۱۷) استفاده می‌کنیم.

$$L_1 = mDg.\ C_{FDg}\,(t_g - t_a)\ \ (kj) \qquad (۱۷)$$

۲-۲-۲-۱۲- انرژی تلف شده بوسیلهٔ کربن نسوخته سوخت مصرفی

این مقدار انرژی از رابطهٔ (۱۸) محاسبه می‌شود:

$$L_2 = mc.\ C_{PDg}\,(t_g - t_a)\ \ (kj) \qquad (۱۸)$$

۲-۲-۲-۱۳- انرژی تلف شده بوسیلهٔ رطوبت موجود در هوای ورودی به کوره

این مقدار انرژی از رابطهٔ (۱۹) محاسبه می‌شود:

$$L_3 = m2w\ (2482{,}3 - 4.18t_a + 192t_g)\ \ (kj) \qquad (۱۹)$$

۲-۲-۲-۱۴- انرژی تلف شده بوسیله احتراق ناقص و تولید مونواکسید کربن

این انرژی از رابطه (۲۰) محاسبه می‌شود:

$$L_4 = m_{co}\,(H.H.V)_{co}\ \ (kj) \qquad (۲۰)$$

۲-۲-۲-۱۵- انرژی تلف شده بوسیلهٔ خاکستر موجود در سوخت

بعضی از سوخت‌ها مثل زغال سنگ و مازوت دارای خاکستر هستند که موجب اتلاف حرارت در دیگ بخار می‌شوند مقدار اتلاف فوق از رابطهٔ (۲۱) محاسبه می‌شود:

$$L_5 = m_{Ash}\ C_r\ D_g\,(t_g - t_a)\ \ (kj) \qquad (۲۱)$$

۲-۲-۲-۱۶- انرژی تلف شده بوسیلهٔ عملیات دوده‌زدایی

برای تمیز کردن مبدل‌های و دیگ‌های بخار از اجرام محصولات احتراق در هر شیفت بهره‌برداری توسط دوده‌زدایی، عملیات دوده‌زدایی با آب پرفشار و گرم انجام می‌شود.

این عمل ، دوده‌ها را از روی سطوح تبادل گرمای مبدل‌ها پاک کرده و آهنگ انتقال گرما را بیشتر می‌کند. مقدار انرژی تلف شده از رابطهٔ (۲۲) محاسبه می‌شود:

$$L_6 = m_{HW}\,C_{PHW}\,(t_g - t_{Hw})\ \ (kj) \qquad (۲۲)$$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲-۲-۲-۱۷- انرژی تلف شده در اثر تخلیه آب دیگ بخار (Blow down)

بر اثر گردش مکرر سیال عامل در چرخهٔ دیگ بخار آب سخت می‌شود و املاح جامد آن افزایش می‌یابد. این املاح در صورت دفع نشدن در مبدل‌های حرارتی رسوب کرده و باعث کاهش ضریب انتقال گرما و خورندگی شیمیایی می‌شوند. ممکن است املاح همراه بخار به سمت توربین فشار قوی رفته باعث آسیب پره‌های توربین شود لذا در بهره‌برداری توسط عمل تخلیه آب مقداری از آب دیگ را از درام بطور پیوسته تخلیه می‌کنند تا املاح از سیستم دفع شود.

مقدار انرژی تلف شده توسط این عمل از رابطهٔ (۲۳) محاسبه می‌شود.

$$L_7 = m_{B.D}\, C_{P.BD}\, (t_{B.D} - t_a)\ \ (kj) \quad (۲۳)$$

۲-۲-۲-۱۸- انرژی تلف شده توسط هیدروکربورهای نسوخته

این مقدار انرژی از رابطهٔ (۲۴) محاسبه می‌شود:

$$L_8 = m_{u.h.c}\, D_g\, (t_g - t_a)\ \ (kj) \quad (۲۴)$$

۲-۲-۲-۱۹- انرژی تلف شده بوسیله همرفت و تابش

بر اثر نشتی دیواره‌های کوره و صد در صد نبودن عایق‌بندی کورهٔ دیگ‌ها، معمولاً مقداری انرژی حرارتی از کوره‌ها به صورت تابش و همرفت تلف می‌شود. یک رابطهٔ دقیق و مطمئن عملی برای محاسبهٔ این تلفات در دست نیست، سازندگان دیگ‌های بخار مقدار این تلفات را یک درصد کل تلفات کوره در نظر می‌گیرند.

$$L_9 = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{8} L_i\ (kj) \quad (۲۵)$$

۲-۲-۲-۲۰- مجموع کل انرژی تلف شده در دیگ‌های بخار

رابطه ۲۶ مجموع کل انرژی تلف شده را نشان می‌دهد.

$$L_r = \sum_{i=1}^{9} H_i\ \ (kj) \quad (۲۶)$$

۲-۲-۲-۲۱- بازده دیگ بخار

بعد از محاسبهٔ انرژی‌های ورودی و تلفات دیگ بخار با استفاده از رابطهٔ (۲۷) می‌توان بازده دیگ بخار را بدست آورد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

$$\eta_{B} = \frac{\sum_{i=1}^{9} H_i - \sum_{i=1}^{9} L_i}{\sum_{i=1}^{9} H_i} \times ۱۰۰ \quad (۲۷)$$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول ۲-۴- علائم و نمادهای به کار رفته در انرژی بالانس

نماد	واحد	شرح
CP^t	Kj/kg.k	گرمای ویژه سوخت
CP^a	Kj/kg.k	گرمای ویژه هوای احتراق
CP_g	Kj/kg.k	گرمای ویژه محصولات احتراق
C_pD_g	Kj/kg.k	گرمای ویژه دود خشک
C_pH_w	Kj/kg.k	گرمای ویژه آب داغ
C_p.B.D	Kj/kg.k	گرمای ویژه آب تخلیه شده از دیگ
H	Kj/kg	آنتالپی
H.H.BV	Kj/kg	ارزش حرارتی بالا
(H.H.V) CO_2	Kj/kg	ارزش حرارتی بالای دی اکسید کربن
H_T	Kj	آنتالپی کلی
H_2	Kj/kg	آنتالپی بخار فوق گرم
H_1	Kj/kg	آنتالپی آب داغ
H_v	Kj/kg	آنتالپی بخار داغ
H_S	Kj/kg	آنالپی مواد شیمیایی
L.H.V	Kj/kg	ارزش حرارتی پایین
L_T	Kj	تلفات کل
m_v	Kg/hr	آهنگ جرمی بخار داغ
m_f	Kg/hr	آهنگ جرمی سوخت
m_a	Kg/hr	آهنگ جرمی هوا
M_5	Kg/hr	آهنگ جرمی آب تغذیه
M_5	Kg/hr	آهنگ جرمی مواد شیمیایی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول ۲-۵- **مثالی از انرژی بالانس در دیگ‌های بخار**

انرژی ورودی	Kcal/kg.fuel	٪	انرژی خروجی	Kcal/kg.fuel	٪
۱- ارزش حرارتی سوخت	۹/۷۲۰	۹۹/۸	۱-انرژی بخار اشباع	۷۸۲۰	۸۰/۳
۲- حرارت محسوس سوخت	۲۰	۰/۲	۲- انرژی دریافتی بخار سوپرهیت	۶۵۰	۶/۷
۳- حرارت محسوس هوای احتراق	۰	۰	۳- انرژی دریافتی اکونومایزر	" <۴۶۸ >"	"۴/۸"
۴- حرارت محسوس آب تغذیه	۰	۰	۴- انرژی گازهای خشک احتراق	۳۵۳	۳/۵
۵- انرژی ورودی از بخار بازیافتی	"۳۵۵ "	"۳/۶ "	۵- انرژی بخار برای گرمایش سوخت	۶۱	۰/۶
			۶- تلفات حرارتی ، بخار بازیافتی	۳۴۲	۳/۵
			۷- تلفات حرارتی بدلیل ناقص بودن احتراق	۰	۰
			۸- تلفات تشعشعی، جابجایی و سایر	۳۳۲	۳/۴
کل	۹۷۴۰	۱۰۰	کل	۹۷۴۰	۱۰۰

با توجه به جدول ۲-۵ راندمان بویلر برابر است با : **٪۸۷** = **۱۰۰** ×

$$\eta = \frac{8470}{9740}$$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲-۳- بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع بخار

۲-۳-۱- کلکتورهای اصلی بخار و اتصال بهینه چند بویلر با یکدیگر

در مواردی که نیاز به بخار به مقدار زیاد باشد باید از چند بویلر بطور همزمان استفاده نمود و برای استفاده از بخار این بویلرها، نیاز است که ابتدا کلیه بخار بویلرها به یک کلکتور اصلی وصل و از آنجا بطرف مصرف‌کننده هدایت شود. در این حالت باید این اتصال به نحوی باشد که تمام بویلرها در یک شرایط بار کار کنند تا باعث نشود که یکی از بویلرها در بار کامل یا بالاتر و دیگری در ۲۰ درصد بار کامل باشد که این باعث می‌شود به یکی از بویلرها فشار وارد شود. در شکل ۲-۸ اتصال نادرست و در شکل ۲-۹ اتصال بهینه چهار بویلر نشان داده شده است.

ضمناً علاوه بر رعایت چیدمان کلی کلکتورهای بخار، بمنظور اطمینان از خروج بخار تولیدی از کلکتور بطرف مصرف‌کننده بنحو مطلوب و با بهترین کیفیت انجام گیرند باید به موارد زیر توجه کرد:

الف – بخار خروجی از دیگ‌ها و کلکتور حتی‌المقدور خشک و عاری از رطوبت باشد.

ب- مرحله **Warm-up** و راه‌اندازی کاملاً کنترل شده و تدریجی صورت گیرد.

ج- از امکان تحت فشار قرار گرفتن تصادفی و ناگهانی یک دیگ توسط بقیه دیگ‌ها ممانعت بعمل آید.

د- توزیع بخار به داخل سایت بنحو مناسب صورت گیرد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲– ۳–۲– استفاده از شیرهای کنترل بخار (Control Valves)

جهت کنترل دما و فشار بخار نیازمند به استفاده از شیرهای کنترل می‌باشد تا با ایجاد افت فشار متناسب و محدود کردن عبور جریان، باعث تغییر دبی به میزان دلخواه گردند.

استفاده از شیرهای کنترل باعث ثابت نگه‌داشتن دما، فشار و یا میزان جریان یکنواخت و در نتیجه صرفه‌جویی اقتصادی می‌گردد.

انواع شیرهای کنترل عبارتند از:

- شیرهای کنترل دستی
- شیرهای کنترل ترموستاتیک
- شیرهای کنترل از نوع پایلوت دار
- شیرهای کنترل الکتریکی
- شیرهای کنترل نیوماتیکی

مطلب بعدی انتخاب شیرهای کنترل بخار می‌باشد. اگر با قطر بزرگتر از حد باشد باعث ایجاد نوسان در پارامترهای مورد نظر (فشار یا دما) شده و در نتیجه منجر به کنترل ضعیف خواهد شد و همچنین خوردگی و فرسایش قسمت‌های داخلی شیر تشدید خواهد شد. اگر قطر کوچکتر از حد باشد، قادر به کنترل و عبور حداکثر بار نمی‌باشد و از طرفی باعث طولانی شدن زمان راه‌اندازی سیستم و کاهش راندمان کلی مجموعه خواهد شد.

بهترین حالت برای انتخاب شیر وقتی است که بتواند در حالت ۹۰-۸۵٪ باز، عمل کنترل را انجام دهد. ضمناً قبل از شیرها حتماً باید از سپریتور و صافی استفاده نمود تا از جمع شدن آب داخل آنها جلوگیری گردد.

۲– ۳–۳– شیرهای فشار شکن

امروزه اکثر دیگ‌های بخار به منظور کار در فشارهای نسبتاً بالا طراحی می‌شوند در حالی که در بیشتر موتورخانه‌ها،مصرف‌کننده‌هایی با فشار کاری کمتر از فشار ماکزیمم دیگ‌ها وجود دارند. کارکرد دیگ با فشار کمتر از فشار طراحی منجر به کاهش بازده و نیز افزایش احتمال ورود آب به داخل سیستم خواهد شد و به همین دلیل دیگ‌ها باید با فشار ماکزیمم

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

طراحی کار نمایند و در صورت لازم برای مصرف‌کننده‌های فشار پایین، با استفاده از شیرهای فشارشکن، فشار مناسب را تأمین نمود. ضمناً از آنجایی که در فشارهای پایین‌تر، میزان انرژی نهان بخار بیشتر از فشارهای بالاتر است، امکان انتقال حرارت بیشتر در مصرف‌کننده‌های فشار پایین میسر می‌باشد. همچنین کاهش فشار بخار باعث کاهش میزان فلاش بخار در خروجی مصرف‌کننده‌ها و مجدداً افزایش راندمان خواهد شد. اساس کار تمامی شیرهای تقلیل فشار بخار برپایه عبور جریان از روزنه‌ای با قطر کوچک می‌باشد که در واقع حد فاصل قسمت‌های Plug و Seat بوده و هر چه این اندازه کوچکتر باشد، فشار بخار بیشتر کاسته خواهد شد.

انواع این شیرها عبارتند از:

- شیرهای فشار شکن با عملکرد مستقیم
- شیرهای فشار شکن از نوع پایلوت دار
- شیرهای فشار شکن نئوماتیکی

مرحله بعد انتخاب مناسب شیرهای فشار شکن می‌باشد که در این رابطه اولین قدم دقت در محل استفاده از شیر و اطلاع از نحوه مصرف بخار می‌باشد. در بارهای کوچک که افت بسیار زیادی مورد نظر نیست، بهترین انتخاب شیر با عملکرد مستقیم می‌باشد. در مصارف بیشتر بخار و به منظور کنترل بسیار دقیق، شیرهای از نوع پایلوت دار می‌تواند بهترین انتخاب باشد.

۲– ۳–۴– تجهیزات سیستم توزیع بخار

در توزیع بخار ابتدا باید کیفیت بخار تولیدی برای مصرف‌کننده مناسب باشد و همچنین کم کردن تلفات خطوط توزیع بخار قبل از اینکه بخار به مرحله انتهای مسیر برسد بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

از جمله تلفاتی که می‌توان در سیستم توزیع به آن اشاره نمود عبارتند از:

- طراحی لوله‌های انتقال بخار
- عدم عایقکاری لوله‌ها و تلفات تشعشعی
- تلفات فلاش بخار

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- عدم برگشت آب کندانس

۲– ۳–۵– طراحی بهینه خطوط توزیع بخار (piping design)

در طراحی خطوط توزیع بخار سه نکته بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

الف) انتخاب سایز (قطر) مناسب لوله‌ها بر حسب سرعت بخار

سرعت بخار برای فشارهای مختلف برابر است با:

$P < ۴bar \longrightarrow V = ۲۰–۲۵ M/s$

$P > ۴hars \longrightarrow V = ۲۵–۴۰ M/s$

در حالت کلی برای محاسبه سرعت بخار در لوله‌ها از رابطه زیر استفاده می‌شود.

ب – رعایت فاصله مناسب

در طراحی سیستم توزیع بخار باید مصرف‌کننده‌ها تا منبع تولید بخار کمترین فاصله را داشته باشند. یعنی کوتاهترین مسیر باشد تا از تلفات مسیر کاسته شود.

ج – عایقکاری

در اثرعدم عایق کاری یا عایق نامناسب تلفات تشعشعی از لوله‌ها بسیار بالا می‌باشد در عایقکاری لوله‌ها باید با توجه به دما و فشار بخار موجود، جنس عایق و ضخامت عایق مناسب انتخاب شود

برای کاهش تلفات باید اولاً کوتاه‌ترین مسیر تا مصرف‌کننده را انتخاب نمود ثانیاً اندازه لوله‌ها را تا آنجا که امکان‌پذیر است کوچکتر انتخاب کنیم.

در جدول زیر تلفات حرارتی در لوله‌ها بدون عایق و با عایق با توجه به قطر، دما و ضخامت عایق آمده است.

جدول ۲–۶– تلفات حرارتی در لوله‌های بدون عایق و با عایق بر حسب قطر لوله، دما و ضخامت عایق

قطر لوله (mm)	دمای سطح لوله (°C)	ضخامت عایق (mm)	تلفات حرارتی (w/m)	
			بدون عایق	با عایق
۱۰۰	۹۰	۳۸	۲۹۰	۶۷
	۱۵۰	۵۰	۷۷۰	۱۱۵
	۲۰۰	۶۴	۱۴۴۰	۱۴۴

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱۵۰	۹۰	۳۸	۴۱۰	۹۰
	۱۵۰	۵۰	۱۲۵۰	۱۷۰
	۲۰۰	۶۴	۱۹۲۰	۱۸۵
۲۰۰	۹۰	۳۸	۵۳۰	۱۱۰
	۱۵۰	۵۰	۱۴۴۰	۱۹۵
	۲۰۰	۶۴	۲۶۴۰	۲۴۰

برای مثال اگر لوله‌ای به قطر mm ۱۰۰ و به طول m ۶۰ با دمای °C ۲۰۰ بدون عایق داشته باشیم تلفات حرارتی در اثر عدم عایقکاری با فرض کارکرد ۴۰۰۰ ساعت در سال و راندمان ۸۰ درصد بویلر برابر است با:

$$\text{loss} = \frac{(1440-144) * 60 * 40\,00}{0/8} = ۳۸۸/۸۰۰/۰۰۰\ \text{w/yr} \equiv ۱۳۲۰\ \text{Mj/yr}$$

در نتیجه در لوله‌کشی سیستم بخار باید تمام خطوط، شیرها، فلنج‌ها و ... کاملاً عایقکاری شده تا از تلفات تشعشعی ناشی از عدم عایقکاری جلوگیری شود.

مثال دیگر از عایقکاری در یک کارخانه قند می‌باشد که در جدول ۲-۷ پارامترهای اندازه‌گیری شده از قسمت های مختلف کارخانه آمده است.

جدول ۲-۷- پارامترها و نقاط اندازه‌گیری شده

منطقه اندازه‌گیری	متوسط دما °C	حدود متراژ (m^2)
کلکتور اصلی بخار در واحدهای دیگ بخار و شیرآلات و اتصالات آنها	۳۰۰	۳۰

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

سطح خارجی ترومل نقاله خشک کنی	۳۵۰	۱۵۰
کلکتور بخار واحد تصفیه	۱۲۰	۳۰
کلکتور آب کندانس واحد تصفیه	۱۱۰	۳۰
بدنه فیلترهای واحد تصفیه (۸ عدد)	۹۵	۱۲۰
لوله‌های بخار واحد تصفیه	۱۲۰	۲۰۰
لوله‌های کندانس واحد تصفیه	۱۱۰	۱۰۰
لوله‌های بخار واحد چغندری	۱۱۰	۲۰۰
لوله‌های کندانس واحد چغندری	۱۰۰	۱۲۰
لوله‌های بخار واحد اواپراسیون	۱۲۰	۶۰
لوله‌های آب کندانس و شربت بدنه‌های اواپراتور	۱۱۰	۱۶۰
لوله‌های بخار ورودی به پن‌های پخت واحد چغندری	۱۱۰	۶۰
لوله‌های بخار ورودی به پن‌های پخت واحد چغندری	۱۳۰	۶۰
بدنه اکونومایزرهای بویلرهای II و IV و I	۲۵۰	۶۰
سایر	۱۰۰	۲۰۰

با توجه به اندازه‌گیری‌های بعمل آمده مشخص می‌شود که

سطوح داغ بالای $^{\circ}C$ ۳۰۰ حدوداً ۱۸۰ مترمربع

سطوح داغ بین $^{\circ}C$ ۳۰۰-۲۰۰ حدوداً ۶۰ مترمربع

سطوح داغ $^{\circ}C$ ۱۱۰ حدوداً ۱۳۴۰ متر مربع

میزان تلفات ناشی از تشعشع و جابجایی آزاد و با توجه به موقعیت سطوح داغ برابر است با

سطوح داغ با دمای بالای $^{\circ}C$ ۳۰۰ تقریباً KW/m^2 ۶/۵ یا به عبارت دیگر $Lit/daym^2$ ۱۵

سطوح داغ با دمای بین $^{\circ}C$ ۳۰۰-۲۰۰ تقریباً KW/m^2 ۴/۵ یا به عبارت دیگر $Lit/daym^2$ ۱۰

سطوح داغ با دمای حدود $^{\circ}C$ ۱۱۰ تقریباً KW/m^2 ۱/۵ یا به عبارت دیگر $Lit/daym^2$ ۳/۴

به عبارت دیگر با توجه به متراژهای مربوط به سطوح داغ این میزان تلفا ت برابر

Lit/day ۷۸۰۰= تلفات روزانه سوخت (مازوت)

با در نظر گرفتن این مطلب که این تلفات در حقیقت تلفات مربوط به بخاری است که با راندمان دیگ بخار تولید شده است. میزان واقعی تلفات از این مقدار نیز بیشتر خواهد شد

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

به عبارت دیگر با در نظر گرفتن متوسط راندمان دیگ‌های بخار برابر ۷۱٪ سهم واقعی این میزان تلفات برابر خواهد بود با :

تلفات واقعی ناشی از عدم عایق‌کاری =۱۱۰۰۰ Lit/day

که این میزان مازوت تقریباً برابر ۴ تن بخار در ساعت می‌باشد به عبارت دیگر عدم وجود عایق مناسب در فرآیند تولید باعث بالا رفتن ظرفیت تولید بخار می‌شود. با توجه به اینکه بعضی از بخش ها تنها در دوره چغندری فعالیت دارند متوسط روزهای کاری کارخانه در دو دوره چغندری و شکر خام حدوداً برابر ۲۰۰ روز در نظر گرفته شده است.

تلفات سالیانه ناشی از عدم عایق‌کاری =۲۲۰۰۰۰۰ Lit/day (مازوت)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲– ۳–۶– محاسبه میزان پاشش مستقیم بخار (Flash Steam) :

یکی از راه‌های کاهش تلفات در سیستم توزیع بخار جلوگیری از فلاش بخار و یا بازیافت آن می‌باشد، چون دارای انرژی بالا برای بازیافت می‌باشد و همچنین کیفیت (خشکی) بخار مصرفی بالا می‌رود و یکی از راه‌های بازیافت آن استفاده از فلاش بخار برای پیش گرمایش آب در واحدهای فشار پایین می‌باشد.

مقدار فلاش بخار تابعی از فشار بخار می‌باشد یعنی هر چه فشار بالاتر رود فلاش بیشتر خواهد شد.

۲–۳–۷– نشتی‌های بخار

یکی از آشکارترین منبع تلفات در سیستم توزیع، نشتی بخار از شیرهای معیوب، اتصالات و فلانج‌ها می‌باشد. این نشتی‌ها که براحتی قابل تشخیص می‌باشند باید برطرف گردند زیرا یک نشتی کوچک می‌تواند انرژی زیادی را تلف نماید. به عنوان مثال در یک سیستم با

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

فشار بخار ۷ bar با سوراخی به اندازه ۰/۸mm ، بیش از ۱۵۰۰ لیتر سوخت مایع در سال تلف می‌شود.

با استفاده از نمودار ۲-۱۱ می‌توان مقدار نشتی بخار را محاسبه نمود.

برای مثال در یک لوله با فشار بخار ۱۰bar با سوراخی به اندازه ۶/۴ mm مقدار نشتی بخار از نمودار ۲-۱۱ برابر ۱۲۰kg/hr می‌باشد که اگر از این لوله در سال ۲۵۰۰ ساعت بخار عبور کند مقدار تلفات بخار از این سوراخ در سال برابر ۹۰۰ton خواهد شد. که مقدار بسیار زیادی می‌باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲–۴– تلــه‌های بخار

مقدمــه :

تله بخار شیر اتوماتیکی است که مانع از خروج بخار از سیستم شده و در صورت لزوم آب و یا گازهای نامحلول موجود در سیستم را تخلیه می‌نماید. تله‌های بخار بصورت موازی با سیستم نصب شده و وظیفه تخلیه کندانس موجود در خطوط را دارا می‌باشند!

۲– ۴–۱– لزوم بکارگیری تله بخار:

در گذشته‌های دور، کندانس موجود در خطوط بخار به غلط نادیده انگاشته می‌شد ولی با پیشرفت علم و تکنولوژی ارزش واقعی تله‌های بخار معلوم شده است. کندانس در واقع آب خالص و تقطیر شده می‌باشد که با صرف هزینه زیادی، عملیات شیمیایی خاص به منظور برطرف کردن سختی موجود در آب بر روی آن صورت گرفته است و بایستی به طریق مقتضی جمع‌آوری و استفاده مجدد گردد. ضمناً دمای کندانس در حد قابل ملاحظه‌ای بوده که هزینه سوخت را دربردارد.

از طرفی آب موجود در خطوط توزیع بخار، باعث خورده شدن لوله‌ها می‌شود و ضمناً اگر میزان آب زیاد باشد، به علت سرعت بالای بخار احتمال ضربه شدید به شیرآلات و در نتیجه صدمه دیدن آنها و حتی از هم پاشیدن سیستم در برخی نقاط وجود خواهد داشت!

ضمناً،آب بعنوان عایقی در برابر انتقال حرارت محسوب می‌شود که باعث کاهش نرخ انتقال حرارت در مصرف‌کننده‌ها و مبدل‌های حرارتی شده و در نتیجه کاهش راندمان کل سیستم را در پی خواهد داشت. وجود هوا و گازهای نامحلول در سیستم نیز به صورت مشابه باعث کاهش نرخ انتقال حرارت به میزان زیاد می‌گردد. مقاومت حرارتی که یک لایه از آهن به ضخامت ۴/۳ فوت ایجاد می‌کند برابر مقاومت لایه‌ای از آب به ضخامت ۱ اینچ و یا معادل لایه‌ای از هوا به ضخامت ۰/۰۴ اینچ می‌باشد. با دقت در اعداد بالا لزوم برداشت سریع هوا و آب از سیستم مشخص می‌گردد. از طرفی وجود هوا در سیستم باعث کاهش سطح مقطع مفید برای

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

عبور بخار می‌شود و باعث تولید صدا نیز خواهد شد. هوا معمولاً در مبدل‌های حرارتی و نقاط مرتفع سیستم و انتهای مسیرهای لوله‌کشی انباشته می‌شود. مسئله دیگر اینست که هوا بوسیله کندانس جذب می‌شود و باعث کاهش PH کندانس می‌گردد (تولید اسید کربنیک) که به نوبه خود باعث خوردگی لوله‌ها و مصرف‌کننده‌ها و اجزاء مختلف سیستم می‌گردد. اگر چه تله‌های بخار وظیفه خروج هوا از سیستم خصوصاً هنگام راه‌اندازی را نیز به عهده دارند ولی به منظور تخلیه مناسب هوا بایستی از شیرهای تخلیه هوا در مناطق مناسب استفاده نمود.

۲-۴-۲- انواع تله‌های بخار:

به طور کلی می‌توان تله‌های بخار را به سه دسته مکانیکی، ترموستاتیک و ترمودینامیک تقسیم‌بندی نمود که بایستی از هر گروه در مکان مناسب با توجه به نوع و محل نصب تراپ استفاده نمود. در زیر به طور اجمال به خصوصیات انواع تله‌های بخار و محل مناسب نصب اشاره می‌گردد.

۳-۴-۲-۱- تله بخار مکانیکی:

از پر استفاده‌ترین انواع تله‌ها می‌باشند که با استفاده از تفاوت چگالی بین بخار و کندانس عمل می‌نمایند. بنابراین عواملی مثل دمای سیال و یا سرعت سیال در این تله‌ها تأثیرگذار نمی‌باشند.

الف) تله بخار مکانیکی از نوع **Ball float** :

اجزاء اصلی این تله‌ها از یک توپ شناور و مکانیزم اهرم و شیر متصل تشکیل شده است. هنگام ورود کندانس به تله، توپ مذکور در آب غوطه‌ور شده به طرف بالا حرکت می‌کند و شیر اصلی خروجی تراپ را باز می‌نماید که اجازه خروج هوا از تراپ را می‌دهد.

این نوع تله‌ها برای استفاده در مناطقی که نرخ انتقال حرارت زیاد و در نتیجه جریان پیوسته‌ای از کندانس وجود دا رد (نظیر، مبدل‌های حرارتی، آبگرم‌کن‌ها، چیلرها، یونیت هیترها، کویل حرارتی دستگاه‌های هوارسان و ...) مناسب می‌باشند. منحنی کارکرد تله‌های فوق، کاملاً

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

منطبق با منحنی بار اشباع بوده و بدون توجه به دمای کندانس، آن را تخلیه می‌نمایند. این تله‌ها با توجه به شیر ترموستاتیک داخلی، قابلیت تخلیه هوای بسیار عالی در هنگام راه‌اندازی دارند و نیز دارای سیستم **Steam lock Releasing** می‌باشند که هنگام گیر افتادن توده‌ای از بخار در پشت تله، به طور دستی می‌توان بخار مذکور را تخلیه نمود. مقاومت عالی در برابر ضربه چکش و ظرفیت عبور کندانس زیاد به نسبت اندازه کوچکشان ازدیگر مزایای این نوع تله‌ها می‌باشند. هنگام انتخاب این تله‌ها بایستی به اختلاف فشار دو سر تله توجه نمود. چرا که اجزاء اصلی و خصوصاً اندازه **Orrifice** تخلیه کندانس با توجه به اختلاف فشار دو سر تله متفاوت خواهد بود.

ب) تله بخار مکانیکی از نوع **Inverted Bucket**:

این دسته از تله‌های بخار نیز تفاوت وزن مخصوص بین کندانس و بخار استفاده می‌نمایند. اساس کار با استفاده از یک سطل وارونه در داخل تراپ می‌باشد که هنگام ورود کندانس به داخل تراپ، در اثر وزن خود و غوطه‌ور شدن در آب به پایین می‌افتد و شیر خروجی تراپ را به منظور تخلیه کندانس باز می‌نماید و هنگام ورود بخار، با توجه به جمع شدن بخار در زیر سطل ، به طرف بالا حرکت می‌نماید و شیر خروجی تراپ را می‌بندد. این نوع از تله‌ها دارای ساختار داخلی بسیار محکم بوده و قابلیت تحمل فشارهای بالا (تا ۱۰۰ بار) و ضربه چکش را دارا بوده و جهت استفاده در مدار سوپرهیت نیزمناسب می‌باشند. این نوع از تله‌ها دارای منحنی کارکرد مطابق با منحنی اشباع بخار می‌باشند و بدون توجه به دمای سیال، کندانس را عبور خواهد داد. حساسیت تله **Inverted Bucket** به یخ زدگی، از نکاتی است که باید در هنگام انتخاب مورد توجه قرار گیرد و نیز این که به علت ساختار داخلی این نوع تله‌ها از قابلیت تخلیه هوای ضعیف‌تری نسبت به دیگر تله‌ها برخوردار می‌باشند و در صورت لزوم استفاده از آنها در مناطقی که نیاز به تخلیه سریع هوا دارند، بایستی از شیرهواگیر در نزدیکی آن استفاده نمود. از این نوع تله‌ها در کاربردهایی نظیر کلکتورهای اصلی توزیع بخار، مخازن گرم کننده سوخت،

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

یونیت هیترها، خشک‌کن‌ها ، پرس‌های لاستیک، خشک شویی‌ها، رادیاتورهای بخار و ... می‌توان استفاده نمود.

۲– ۴–۲–۲– تله بخار از نوع ترموستاتیک

این دسته از تله‌ها، با استفاده از تشخیص دمای سیال ورودی عمل می‌نمایند و منحنی کارکرد آنها همواره پایین‌تر از منحنی بخار اشباع می‌باشد. این تراپ‌ها به سه دسته Liquid Expansion، Ballanced Pressare و Bimetallic دسته‌بندی می‌شوند.

الف - تله بخار ترموستاتیک از نوع **Liquid Expansion**:

بمنظور تخلیه کندانس سرد در هنگام **shutdown** و قطع سیستم کاملاً مناسب می‌باشند و بایستی دقت شود که در دماهای بیش از ۱۰۰ درجه سانتیگراد بکار نروند. دارای قابلیت تخلیه هوای بسیار عالی در هنگام راه‌اندازی می‌باشند به علت ساختار داخلی، این تله‌ها، در اثر ازدیاد فشار که در نتیجه منجر به افزایش دما خواهد شد بسته شده و ممکن است کندانس را به خوبی عبور ندهند و هرگز نباید در کاربردهایی که احتیاج به برداشت سریع آب از منطقه بخار دارند بکار روند. اساس کار تله‌های فوق با استفاده از کپسول حاوی مایع قابل انقباض و انبساط و دمای جوش کمتر از آب می‌باشد.

ب- تله بخار ترموستاتیک از نوع **Ballanced Pressure**

این نوع تله‌ها دارای کپسول کوچک محتوی مایع با دمای جوش پایین‌تر از آب می‌باشند. هنگامی که کندانس سرد و یا هوا وارد تراپ شود. کپسول فوق کوچک و جمع می‌گردد و شیر خروجی تراپ را باز می‌نماید که منجر به خروج کندانس خواهد شد. در صورت ورود بخار، به علت دمای بالای بخار، کپسول فوق منبسط شده و مانع خروج بخار خواهد شد. در اثر انتقال حرارت تراپ با محیط، کپسول مذکور مجدداً سرد شده و شیر خروجی را باز می‌نماید. تراپ مذکور طوری طراحی شده است که به فشار سیال نیز واکنش نشان می‌دهد به طوری که در اثر ازدیاد فشار، زمان و دمای عملکرد تراپ نیز تغییر خواهد کرد و بدین صورت تراپ خود را با تغییرات فشار در سیستم هماهنگ می‌نماید. این تراپ‌ها کوچک، سبک و دارای قابلیت عبور

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

کندانس به میزان زیاد نسبت به اندازه شان می‌باشند قابلیت تخلیه هوای خوب در هنگام راه‌اندازی سیستم را دارا بوده و حتی در مناطق سرد و در مواقع خاموشی سیستم تقریباً غیرممکن است که یخ بزنند. این تله‌ها قابلیت تحمل بخار سوپرهیت را دارند. دارای نگهداری بسیار ساده بوده و می‌توان شیر و کپسول را به راحتی و بدون جدا کردن تراپ از خط تعویض نمود. از موارد استفاده این تله‌ها می‌توان به ظروف گرم‌کننده **(Boilipan)** نظیر صنایع غذایی، ژاکت‌های بخار، اتوکلاوها و استرلیزه‌کننده‌ها در تجهیزات بیمارستانی، خشک‌کن‌ها، رادیاتورهای بخار، خطوط اصلی توزیع بخار، سپریتورها، خطوط **Tracer** و ... اشاره نمود.

ج - تله بخار ترموستاتیک از نوع **Bimettalic** :

این نوع تله‌ها نیز با استفاده از تفاوت دما بین کندانس و بخار کار می‌نماید. اساس کار با استفاده از دو فلز با ضریب انتقال حرارت متفاوت می‌باشد که از دو سر به هم جوش داده شده‌اند. این تله‌ها دارای خط واکنش دما ثابت هستند که به منظور تطبیق آنها با منحنی اشباع، از دو یا چند المان در یک تله استفاده می‌گردد. این کار باعث تقویت تله شده و باعث خواهد شد تا نیروی حاصل برای باز و بسته شدن تراپ زیادتر گردد. هنگام ورودی کندانس سرد به تله، المان‌های فوق در حالت عادی و صاف قرار دارند و شیر خروجی تراپ باز می‌باشد، به محض رسیدن کندانس داغ یا بخار، المان‌های فوق به حالت منحنی درآمده که منجر به بسته شدن شیر خروجی تراپ می‌شود.

قابلیت تخلیه هوای خوب حین راه‌اندازی سیستم، مقاومت در برابر ضربه چکش و کندانس خورنده بخار با فشار بالا ... از مزایای این تله‌ها می‌باشند ضمن اینکه می‌توانند در محدوده گسترده‌ای از فشار بدون نیاز به تغییر در قطر **orrifice** کار نمایند. این تله‌ها بعنوان شیر یکطرفه نیز عمل کرده و در صورت برگشت کندانس بسته خواهند شد و نگهداری و تعمیرات بسیار آسان را نیز دارا می‌باشند به علت این کار این تله‌ها زیر دمای بخار اشباع کار می‌کنند باید حتماً در انتهای یک پایه خنک‌کننده نصب شوند (مانند انواع دیگر تله‌های ترموستاتیک) وگرنه کندانس را بخوبی عبور نداده و باعث **wate logging** می‌شود. این تله‌ها در مواردی که احتیاج به برداشت سریع کندانس از سیستم باشد مناسب نبوده و در برابر تغییرات بار و یا فشار سریع عمل نمیکند. نسبت به ناخالص‌ها و مواد خارجی داخل بخار بسیار

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

حساس بوده و قبل از آنها حتماً بایستی از صافی استفاده نمود. موارد استفاده این نوع تله تقریباً مشابه تله‌های **Ballanced Pressure** می‌باشد.

۲– ۴–۲–۳– تله بخار نوع ترمودینامیک (Thermodynamic)

این نوع از تله‌ها با استفاده از خاصیت سرعت سیال کار می‌نمایند. هنگام ورود سیال با دمای پایین دیسک متحرکی که در خروجی تراپ و در قسمت فوقانی قرارداد غوطه‌ور و اجازه خروج کندانس را بدست می‌دهد. با رسیدن بخار و یا کندانس دما بالا، به علت عبور سیال از یک گلوگاه و افزایش سرعت عبور، مقداری از کندانس به بخار تبدیل شده و پدیده فلاش روی می‌دهد که با توجه به تفاوت سطح مقطع در قسمت بالا و پایین دیسک، نیروی رو به پایین به دیسک بیشتر شده و تراپ بسته می‌شود تا اینکه بخار مجدداً کندانش شده و سیکل فوق از سرگرفته شود. تکرار سیکل‌ها به دمای بخار و شرایط محیط بستگی دارد. این نوع تراپها بین ۲۰ تا ۴۰ ثانیه بسته مانده و مجدداً باز خواهند شد. در فشارهای خیلی بالا و یا در مناطق سرد، به منظور کاهش آهنگ باز و بسته شدن تله، بایستی تله‌ها با عایق مناسب پوشیده شوند. این نوع تله‌ها می‌توانند بین حداقل و حداکثر ظرفیتشان بدون هیچ تغییر و تنظیمی کار نمایند، کوچک، ساده، سبک و دارای تعمیرات آسان هستند. قابلیت استفاده در مدار سوپرهیت با فشارهای بسیار بالا را دارا بوده و در برابر ضربات چکش و یا ارتعاشات سیستم و نیز یخزدگی مقاوم هستند. صدای کلیک هنگام کارتراپ که نشان‌دهنده باز و بسته شدن تراپ می‌باشد امکان کنترل وضعیت کاری آنرا به راحتی بدست می‌دهد. در هنگام استفاده از این نوع تله باید دقت شود که اختلاف فشار بین دو سر تله کم نباشد چرا که سرعت بخار در زیر دیسک کم شده و کارکرد تله دچار اخلال خواهد شد. حداقل فشار ورودی به این تله‌ها barg ۰/۲۵ می‌باشد. دیسک متحرک بعنوان شیر یکطرفه نیز عمل می‌نماید و نیاز به نصب شیر یکطرفه نمی‌باشد. باید دقت نمود که اندازه تراپ بزرگتر از حد مناسب نباشد چرا که تعداد سیکل‌های باز و بسته شدن زیاد شده باعث فرسایش دیسک متحرک خواهد شد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

از موارد استفاده این نوع تله‌ها می‌توان به ظروف گرم‌کننده، گرم‌کننده‌های مخازن سوخت، خطوط **Tracer**، ژاکت‌های بخار، تجهیزات خشکشوئی، پرس‌ها، خطوط اصلی توزیع بخار در سایت‌ها، کلکتورهای فشار بالا و ... اشاره نمود.

انواع دیگر از تله‌ها نیز نظیر **Labyrent** و **Impulse** نیز وجود دارد که به علت جلوگیری از طولانی شدن مبحث، از پرداختن به آنها خودداری می‌شود.

۲– ۴–۳– محل نصب تله‌های بخار:

در نقاطی از سیستم‌های توزیع بخار که احتمال کندانس وجود دارد، تله‌های بخار باید نصب گردند تا کندانس حاصل را خارج نمایند. پاره‌ای از این نقاط به شرح زیر می‌باشند:

- خروج مبدل‌های حرارتی و تجهیزاتی که از بخار به عنوان عامل انتقال حرارت استفاده می‌نمایند. (نظیر منابع آبگرم مصرفی، ظروف گرم‌کننده، مبدل‌های حرارتی، چیلرهای ابزربشن، کویل حرارتی هوارسان‌ها، رادیاتورهای بخار، یونیت هیترهای بخار و ...)
- ورودی شیرهای تقلیل فشار و شیرهای کنترل دما به منظور جلوگیری از ورود کندانس با سرعت بالا به داخل شیر و در نتیجه ایجاد صدمه به شیر.
- انتهای خطوط توزیع بخار.
- کلکتورهای اصلی توزیع بخار.
- خروجی خطوط **Tracer** .
- پایین‌ترین نقطه رایزرهای بخار و حلقه‌های انبساط
- فواصل حدود ۳۵ متر در روی خطوط مستقیم توزیع بخار.
- خروجی سپریتورهای موجود در خطوط بخار.

۲– ۴–۴– رعایت نکات نصب تله‌های بخار در خطوط برگشت بخار تقطیرشده

- کلیه خطوط اصلی توزیع بخار دارای شیب منفی (رو به پایین) باندازه یک متر در طول ۲۵۰ متر، در جهت حرکت بخار باشند. در خطوط طولانی انتقال بخار که تراز لوله بمقدار زیادی پایین می‌آید، می‌توان از رایزرهای موضعی بخار همراه با تراپ نصب شده در پایین رایزر استفاده نمود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- در مناطقی که بعلت وضعیت سایت و یا عوامل دیگر ناجاراً لوله بایستی با شیب معکوس (رو به بالا) اجرا شود، نقاط تخلیه بایستی با فواصل نزدیکتر (هر ۱۵ متر) در نظر گرفته شود و قطر لوله بخار بزرگتر انتخاب می‌گردد. این امر باعث کاهش سرعت بخار شده و به کندانس موجود در قسمت زیرین لوله اجازه خواهد داد تا برخلاف جهت حرکت بخار جریان پیدا کرده و توسط تله‌ها به خارج از لوله انتقال پیدا نماید.
- شیب لوله کندانس به طرف تله بخار حدود ۱/۱۲۰ در نظر گرفته شود.
- کلیه انشعاب‌های خطوط بخار از قسمت فوقانی لوله گرفته شوند تا از ورودی کندانس به داخل خطوط فرعی توزیع بخار جلوگیری بعمل آید.

- کاهش قطر لوله‌های بخار از قسمت فوقانی لوله انجام گیرد و قسمت زیرین لوله صاف باشد در صورت کاهش قطر لوله از قسمت تحتانی، به علت مانع در برابر حرکت کندانس، مقداری از کندانس در پشت محل تبدیل جمع شده و ایجاد مشکل خواهد نمود.
- نصب صافی‌های بخار قبل از شیرهای کنترل و شیرهای فشار شکن بصورت افقی انجام گیرد. اگر صافی‌ها بصورت عمودی نصب گردند. در زمان خاموشی سیستم مقداری از کندانس در داخل صافی‌ها جمع خواهد شد و در زمان راه‌اندازی مجدد سیستم، سرعت بالای بخار باعث خواهدشد تا کندانس با شدت به طرف شیر حرکت کرده و ایجاد ضربه و صدمه در شیر نماید.
- قبل از تله‌های بخار، صافی نصب گردد تا از ورود ذرات و ناخالصی‌های موجود در خط، بداخل تراپ جلوگیری بعمل آید. (بجز تله‌هایی که دارای صافی داخلی هستند) تله های بخار دارای اجزا متحرک کوچکی هستند که توسط اجسام و ذرات کوچک براحتی گرفته شده از کار خواهند افتاد.
- به منظور با خبر بودن از وضعیت کاری تله‌های بخار، در ورودی کلیه تله‌ها از sight Glass و یا ترجیحاً از تجهیزات مونیتوریگ تله‌های بخار Steam trap monitoring استفاد شود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- در خروجی تله‌های بخار که دارای شیر یکطرفه داخلی نیستند و به علت **Back Pressure** یا فشار زیاد در خروجی تراپ (خط کندانس)، احتمال برگشت کندانس به داخل تله وجود دارد، حتماً بایستی از **Check valve** استفاده نمود. **Back pressure** ممکن است به علت فاصله زیاد عمودی خط کندانس نسبت به خروجی تراپ، فشار زیاد در خط کندانس، افزایش ناگهانی بار و یا کاهش فشار بخار ورودی به تراپ روی دهد. اختلاف فشار هر چه بیشتر در دو سر تراپ به عملکرد بهتر تراپ و ظرفیت بیشتر عبور کندانس کمک خواهد نمود. در مواردی که فشار خروجی تراپ برابر یا نزدیک به فشار ورودی است (کمتر از ۰/۱ بار)، می‌توان از سیستم پمپهای مکانیکی استفاده نمود که بدون نیاز به برق و یا انرژی جداگانه، با استفاده از خط کوچک بخار مجزای ورودی به تراپ، کندانس را به ارتفاع لازم پمپاژ می‌نماید.
- شیرهای قطع و وصل مناسب از نوع کف فلزی یا توپکی در دو طرف مجموعه تراپ نصب گردند.
- حتی‌المقدور از بکار بردن **Bypass** در مجموعه تراپ خودداری شود. علت اصلی استفاده از **Pypass**، باز کردن شیر در زمان راه‌اندازی سیستم به منظور کمک به تخلیه سریع کندانس و سرعت بخشیدن به علملیات **Warm up** می‌باشد. در حالیکه عملاً ثابت شده است پس از گذشت مدتی از کارکرد سیستم، قسمت‌های داخلی شیر ممکن است دچار صدمه شده و به نشت بخار منجر شود. در این صورت مقدار زیادی از بخار زنده بدون اطلاع و کنترل اوپراتور به داخل خط کندانس نشت نموده که اتلاف هزینه و مسائل بعدی را بدنبال خواهد داشت.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

همانطور که ذکر شد به منظور تخلیه کندانس در طول خطوط توزیع بخار، بایستی در فواصل حدود ۳۵ متر، فضای مناسب جهت جمع‌آوری کندانس بهمراه مجموعه تله بخار در نظر گرفته شود که به (Pocket) معروف می‌باشد. از آنجایی که بخار دارای سرعت زیاد بوده و کندانس موجود در خطوط بر اثر وزن خود در قسمت پایین لوله در حال حرکت است، باید فضای مناسب جهت جمع‌آوری کندانس و انتقال آن به تله بخار فراهم شود، اگر انشعاب تله بخار، با قطر ناکافی مستقیماً از خط توریع بخار گرفته شود، تنها مقدار بسیار ناچیزی از کندانس خارج خواهد گردید زیرا سرعت بخار اجازه ورود کندانس به داخل انشعاب تراپ را نخواهد داد. همچنین اگر ارتفاع پاکت کوچک باشد،کندانس ورودی به پاکت سریعاً توسط بخار به خارج محفظه رانده خواهد شد. بنابراین در خطوط اصلی توزیع بخار و کلکتورهای بخار،Pocket با ابعاد مناسب پیش‌بینی شود.

ارتفاع پاکت	قطر پاکت	قطر لوله توزیع بخار
18"	هم‌اندازه قطر لوله توزیع بخار	تا "6
18"	6"	" 6 الی "12
۱/۵ برابر قطر لوله توزیع بخار	نصب قطر لوله توزیع بخار	بزرگتر از "12

۲-۴-۵- انتخاب صحیح اندازه تله‌های بخار:

ظرفیت تله‌های بخار به اندازه اریفیس، دمای کندانس و اختلاف فشار دو سر تله بستگی دارد. تراپ‌ها در اختلاف فشار ثابت، کندانس سرد را راحت‌تر از کندانس داغ عبور می‌دهند (بعلت فلاش بخار در خروجی و ایجاد فشار برگشتی) و در دمای ثابت، اختلاف فشار بیشتر در دو سر تراپ منجر به گذر بیشتر جریان خواهد شد. میزان کندانس برای زمان

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

راه‌اندازی سیستم در نظر گرفته می‌شود که معمولاً حدود ۲ برابر ظرفیت در حالت عادی کارکرد سیستم می‌باشد.

علت این امر سرد بودن لوله‌ها و تجهیزات در هنگام راه‌اندازی است که منجر به تشکیل کندانس بیشتر می‌شود و از طرفی بعلت کاهش فشار بخار، ظرفیت عبور کندانس تله‌ها در هنگام راه‌اندازی کمتر از حالت عادی می‌باشد. بنابراین در نقاطی که از شیرهای کنترل استفاده شده است، بعلت افت فشار بیشتر حین راه‌اندازی، ضریب اطمینان تا سه برابر افزایش پیدا خواهد کرد. ضرایب اطمینان جهت محاسبه میزان کندانس هنگام راه‌اندازی برای کاربردهای مختلف طبق استاندارد کارخانه Spirax sarco در جدول زیر آورده شده است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

کاربرد	سیستم معمولی	سیستم مجهز به شیر کنترل دما
خطوط اصلی بخار	۲	-
هیترهای مخازن ذخیره	۲	-
یونیت هیترها	۲	۳
کویل‌های حرارتی هوا	۲	۳
کویل‌های حرارتی غوطه‌ور (Low level drain)	۲	-
کویل‌های حرارتی غوطه‌ور (Siphon drain)	۳	-
خشک‌کن‌های استوانه‌ای	۳	-
خطوط بخار گرمکن (Tracing line)	۲	-
پرس‌های غلطکی (Platen Presses)	۲	-

به منظور اندازه‌گذاری تله‌های بخار موارد زیر باید مشخص گردند:

الف) در نظر گرفتن بار کندانس با اعمال ضرایب اطمینان لازم (جدول ۲-۸)

ب) فشار بخار ورودی به تله (بعد از گذر از شیرهای کنترل یا تجهیزات)

ج) موارد ایجاد فشار برگشتی (Back Pressure) در خط کندانس مانند:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- **انتقال کندانس به تانک دی اریتور تحت فشار، ارتفاع عمودی خط کندانس نسبت به خروجی تراپ، افزایش فشار منطقه‌ای ناشی از تخلیه تعداد زیادی تله نزدیک به هم به داخل خط لوله کندانس کوچکتر از حد معمول.**

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲-۴-۶- محاسبه بار حرارتی بخار تقطیرشده

میزان کندانس حاصل از تجهیزات مختلف را می‌توان توسط فرمول‌های زیر محاسبه نمود:

- گرمایش آب توسط بخار (مبدل‌های حرارتی،آبگرم‌کن‌ها و ...)

$$\text{Condensate (Lb/hr)} = \frac{1.1 \times GPM \times \Delta T(^\circ F)}{2}$$

- گرمایش روغن توسط بخار:

$$\text{Condensate (Lb/hr)} = \frac{1.1 \times GPM \times \Delta T(^\circ F)}{4}$$

- گرمایش هوا توسط کویل بخار:

$$\text{Condensate (Lb/hr)} = \frac{GPM \times \Delta T(^\circ F)}{800}$$

(در مواردیکه بخار مستقیماً بداخل آب تزریق می‌گردد. ضریب ۱,۱ حذف شود)

۲-۴-۶-۱- محاسبه بار کندانس لوله‌ها هنگام راه‌اندازی سیستم:

راه‌اندازی سیستم به دو صورت ممکن است انجام گیرد:

۱- راه‌اندازی به کمک اوپراتور

۲- راه‌اندازی اتوماتیک

در روش اول، اوپراتور تله‌های بخار را **Bypass** نموده و به کمک باز کردن شیرهای **Bypass**، اجازه خروج کندانس را می‌دهد و در نتیجه تله‌های بخار می‌توانند با ظرفیت کمتری انتخاب شوند. در این روش تله‌های بخار باید بر اساس ظرفیتی معادل دو برابر مقدار کندانس سیستم در حالت عادی (بعنوان ضریب اطمینان) و نیز با توجه به فشار ورودی به تله (خط بخار) و فشار خروجی تله (خط کندانس) انتخاب گردند. میزان کندانس در حالت کاری سیستم توسط جدول برآورد می‌گردد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در روش دوم که معمولتر و مناسب می‌باشد، تخلیه کندانس هنگام راه‌اندازی از طریق تله‌های بخار در زمان معین صورت می‌گیرد. از آنجائیکه میزان کندانس و فشار ورودی به تله‌ها در هر لحظه هنگام راه‌اندازی تغییر می‌نماید تخمین آن در هر لحظه کار مشکلی می‌باشد. اندازه‌گذاری تله با داشتن میزان کندانس در هنگام راه‌اندازی و اعمال ضریب اطمینان اختلاف فشار دو سر تله انجام خواهد شد.

۲-۴-۷- نظارت و ردیابی عملکرد تله‌های بخار

امروزه استفاده مؤثر و بهینه از بخار در صنایع، موتورخانه‌ها و سایت‌های بخار از مهمترین اهداف این مراکز می‌باشد این امر مستلزم کارکرد صحیح و هماهنگی بین اجزا تشکیل‌دهنده سیستم و در نتیجه کل سیستم می‌باشد بطوریکه انرژی با حداکثر بازده و بدون اتلاف در سرتاسر مجموعه توزیع گردد.

یکی از اساسی‌ترین اجزاء هر سیستم بخار که باعث جریان صحیح بخار و افزایش راندمان می‌گردد تله بخار است که کندانس داغ را از سیستم جمع‌آوری کرده و برای استفاده مجدد به دیگ ارسال می‌نماید.

با وجودیکه بیش از صد سال از تولید اولین تله بخار می‌گذرد و تکنولوژی ساخت این تله‌ها بمرور زمان بهبود یافته است. وقفه‌های ناخواسته و ناگهانی حین کار تله‌ها دیده می‌شود و اولین چیزی که در این موارد لازم است فهمیده شود علت از کار افتادن تله می‌باشد که بایستی به سرعت انجام گیرد. چرا که یک تله بخار خراب معادل کاهش راندمان سیستم و از دست دادن پول می‌باشد.

از عمده‌ترین مسائلی که در تله‌ها حین کارکرد با آن مواجه می‌شوند، بلوکه شدن تله و نشت بخار از تله می‌باشد در هنگام بلوکه شدن تله بخار، توده‌ای از بخار در پشت و داخل تله تشکیل شده و مانع از عبور کندانس به داخل تله می‌گردد و در کل باعث باقی ماندن آب در سیستم ، کاهش راندمان و کاهش عمر اجزا موتورخانه خواهد شد. نشت بخار نیز همانطور که واضح است باعث اتلاف انرژی و کاهش راندمان و ایجاد خطر می‌گردد.

با تعیین سریع و صحیح علت از کار افتادن تله بخار می‌توان به اهداف زیر نائل شد:

- جلوگیری از اتلاف انرژی
- بهبود عملکرد سیستم

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- بهبود سطح ایمنی در کل سیستم
- کاهش زمان و هزینه تولید
- کاهش اتلافات و نشتی‌های موتورخانه
- کاهش صدمات زیست محیطی
- کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری

با توضیحات مذکور دیده می‌شود که هر سیستم بخار می‌بایست دارای امکانات مونیتورینگ تله‌های بخار باشد تا بتوان به اهداف بالا دست یافت و این امر می‌تواند بصورت دستی، اتوماتیک، محلی و یا کنترل از راه دور صورت گیرد .

۲-۴-۸- محاسبه هزینه نشست بخار از تله‌ها

نشت بخار از لحاظ مالی و زیست محیطی هزینه ساز است و بنابراین توجه خاصی لازم است تا از کارکرد صحیح سیستم با حداقل خسارت به محیط زیست اطمینان حاصل شود. برای مثال، هر لیتر سوخت سنگین که برای جبران نشتی بخار سوزانده می‌شود حدود سه کیلوگرم گاز دی‌اکسید کربن به اتمسفر تخلیه می‌نماید.

تله‌های بخار برای پوشش دادن شرایط مختلف کاری دارای اندازه‌های مختلف می‌باشند که اندازه آنها به اختلاف فشار دو سر تله و میزان کندانس عبوری بستگی دارد. میزان نشتی بخار به اندازه تله و میزان فشار کاری شبکه وابسته است و هزینه نشت بخار نیز به اندازه و تعداد تله‌های معیوب و زمان کارکرد سیستم مربوط خواهد بود.

بطور مثال یک سایت بخار را در نظر بگیرید که دارای دویست تله بخار می‌باشد و سالیانه ده درصد از تله‌ها دارای نشت بخار می‌باشند قطر متوسط تله‌ها **20 mm** بوده و فشار ورودی به تله‌ها **14 bar** می‌باشد ساعات کاری سایت ۲۴ ساعته و ۳۵۰ روز در سال می‌باشد:

تعداد تله‌های دارای نشتی در طول سال :	10% * 200=20
میزان نشتی بخار از هر تله (از جدول) :	53 kg/hr

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

میزان نشتی بخار در طول سال :	20 ×53 ×(350 × 24) =8900 TON

اگر هزینه کلی تولید بخار برای این سایت حدوداً برابر۲۰،۰۰۰ ریال بازای هر تن بخار باشد، هزینه نشت بخار از تله‌ها رقمی معادل ۱۷۸ میلیون ریال خواهد بود.

همچنین میزان دی اکسید کربن آزاد شده به اتمسفر از سوختن سوخت برای جبران نشتی بخار مذکور حدود 3000 TON می‌باشد معاهده KYOTO به منظور جلوگیری از صدمات زیست محیطی تعیین شده است و موافقت‌های بین‌المللی برای جرایم نیروگاه‌های با راندمان پایین به عمل آمده است.

در ضمن برای جبران بخار نشتی بایستی هزینه زیادی بمنظور تهیه آب مقطر خالص صورت گیرد.

۲-۴-۹- مسدود شدن تله‌های بخار

در صورت از کار افتادن تله‌ها، آب موجود در خطوط بخار بطور کامل برداشته نشده و در نتیجه بازده سیستم بطور مؤثر کاهش می‌یابد که هزینه آن با توجه به نوع فرایند متفاوت است. ضمناً خطرات زیادی نیز از لحاظ ایمنی بهمراه خواهد آمد که میزان هزینه آن غیرقابل پیش بینی می‌باشد.

بمنظور کاهش هزینه‌های سوخت و هزینه‌های اضافی ناشی از نشت بخار که ذکر گردید و نیز بمنظور افزایش راندمان فرایند، چهار هدف مهم در مورد تله‌های بخار می‌بایست دنبال گردد:

۱- از کار افتادن تله بمحض رخ دادن ، مشخص گردد.

۲- از کار افتادن تله بطور صحیح مشخص گردد (انتخاب غلط تله بخار در حال کار، آسانتر از انتخاب صحیح تله بخار معیوب است)

۳- امکان رفع خرابی تله بمحض مشخص شدن عیب آن.

۴- سیستم مونیتورینگ که بتواند اهداف بالا را بطور دقیق، مرتب و پیوسته دنبال نماید.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

انرژی حرارتی سوخت
٪۹۹/۸

حرارت محسوس سوخت
٪۰/۲

انرژی ورودی از بخار بازیافتی
٪۳/۶

انرژی بخار اشباع
٪۸۰/۳

انرژی دریافتی بخار سوپرهیت
٪۶/۷

انرژی دریافتی اکونومایزر
٪۹۹/۸

انرژی گازهای خشک احتراق
٪۳/۵

انرژی بخار برای گرمایش سوخت
٪۰/۶

تلفات حرارتی بخار بازیافتی
٪۳/۵

تلفات تشعشعی، جابجایی و سایر
٪۳/۴

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

فصل سوم:

روشها و تجهیزات اندازه گیری انرژی حرارتی

فصل ۳– روشها و تجهیزات اندازه گیری انرژی حرارتی

۳-۱- آشنایی با دستگاه‌های ممیزی انرژی

اولین گام در مدیریت مصرف انرژی، شناخت کامل سیستم‌های مورد نظر از نقطه نظر مصرف انرژی با هدف شناسایی زمینه‌هایی است که امکان صرفه‌جویی در آنها وجود دارد بی‌آنکه خللی در فرآیند تولید وارد آید. به این منظور لازم است تا تصویر دقیقی از مصارف انرژی و نحوه عمل تجهیزات انرژی بَر داشته باشیم تا بدانیم چه مقدار انرژی، به چه صورت و با چه هزینه‌ای مورد استفاده قرار گرفته و همچنین بتوانیم نحوه عملکرد دستگاه‌ها را

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

با حالت استاندارد مقایسه کنیم و در نهایت با تمهیداتی خاص. کارایی مستقیم را بالا برده و به تبع آن از مصرف انرژی کاسته و سیستم را از این نظر بهینه نماییم.

شناخت دستگاه‌های ممیزی انرژی و کاربرد آنها می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری انرژی در کارخانجات داشته باشد. از جمله شاخص‌های انتخاب در خرید این تجهیزات قابلیت حمل دستی، سهولت نصب در خط تولید و راه‌اندازی و همچنین عدم ایجاد اخلال در خط تولید بوده است.

مزیت‌های استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری قابل حمل عبارتند از:

- **استفاده مکرر از یک وسیله اندازه‌گیری در موقعیت‌های مختلف**
- **استفاده مشترک از یک وسیله اندازه‌گیری در بخش‌های مختلف یک فرآیند**
- **جهت کنترل و بازبینی اندازه‌گیری ثابت و اطمینان از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط آنها**

مهمترین دستگاه‌های اندازه‌گیری و ممیزی انرژی که در حال حاضر رایج می‌باشند و مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳-۲-معرفی انواع دستگاه های اندازه گیری حرارتی

- آنالیزور احتراق(Testo 350)

- دبی سنج آلتراسونیک (ultrasonic flowmeter)

- دما سنج مادون قرمز(infrared thermometer)

- جمع کننده داده ها(data logger testo 454)

- طیف سنج(spectrophotometer)

- هدایت سنج و PHمتر

۳-۲-۱ - دستگاه آنالیزور احتراق

دستگاه testo 350 یک آنالیزور احتراق میباشد که دارای رنج اندازه گیری وسیعی برای کنترل فرایندها در کوره های صنعتی و بویلرها و حتی در زمینه تعمیرات و نگهداری آنها میباشد. و میتواند مقدار دقیق NO2,No,Co,Co2,SO2 ودرصد هوای اضافی را نشان بدهد.

۳-۲-۱-

- بویل

- تنظیم مشعلهای صنعتی و خانگی جهت اپتیمم کردن راندمان احتراق

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- نصب جهت انجام ممیزی زیست محیطی داخلی

- تعیین فشار و سرعت گازهای خروجی

۳-۲-۱-۲- مشخصات فنی آنالیزور احتراق

SPECIFICATIONS	
Measuring Range	**-40 to 980 °C (-40 to 1800 °F)**
Accuracy	**±1° (0 to 100 °C/32 to 212 °F) and ±0.5% of m.v. (measuring range)**
Draft/pressure Measurement	
Measuring Range	**±20" H2O**
O2 Measurement	
Measuring Range	**0 to 21% vol.**
Accuracy	**±0.2% vol.**
CO2 Calculation	
Display Range	**0 to CO2max**
CO Measurement (without H2 compensation)	
Measuring Range	**0 to 20,000 ppm.**
Accuracy	**±20 ppm (to 400 ppm) and ±5% of m.v. (to 2,000 ppm) and ±10% m.v. (to 20,000 ppm)**
Measuring Range	**0 to 40,000 ppm**
Accuracy	**±50 ppm (to 1,000 ppm) & ±5% of m.v. (1,000 to 10,000 ppm) & ±10% m.v. (> 10,000 ppm)**
CO Measurement (w H2 comp.)	
Measuring Range	**0 to 10,000 ppm.**
Accuracy	**±20 ppm (to 400 ppm) & ±5% of m.v. (to 2,000 ppm) & ±10% m.v. (to 10,000 ppm)**

NO Measurement	
Measuring Range	**0 to 3,000 ppm.**

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

Accuracy	**±5 ppm (to 100 ppm) & ±5% of m.v. (to 2,000 ppm) & ±10% m.v. (to 3,000 ppm)**
NO2 Measurement	
Measuring Range	**0 to 500 ppm.**
Accuracy	**±10 ppm (to 100 ppm) & ±5% of m.v. (> 100 ppm)**
SO2 Measurment	
Measuring Range	**0 to 5,000 ppm.**
Accuracy	**±10 ppm (to 400 ppm) & ±5% of m.v. (to 3,000 ppm) & ±10% m.v. (to 5,000 ppm)**
Humidity Measurement	
Measuring Range	**0 to 100%RH.**
Velocity Measurement	
Measuring Range	**200 to 9,999 fpm**
Differential Pressure Measurement	
Measuring Range	**±40" H2max &±0.04" H2max0 (0 to 8" H2max0) & ±5% of m.v. (8 to 40" H2max0)**
Storage Temperature:	**-20 to 50 °C (-4 to 122 °F)**
Warranty	
Measuring instrument	**24 months**
Probes	**12 months**
Heated Umbilical	**6 months**
O2 cell	**18 months**
CO, NO, NO2 SO2 cells	**6 months**

۳-۲-۲- دستگاه دبی سنج مافوق صوت

دستگاه اندازه‌گیری به روش آلتراسونیک یکی از ابزارهای معمول جهت اندازه‌گیری موقت دبی سیالات (مایعات) نیوتنی می‌باشد .

کاربرد:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

قابل استفاده برای انواع لوله های مختلف

قابل استفاده برای انواع مایعات (نیوتنی)

مزایا:

- اندازه گیری دبی سیالات بدون هیچگونه تداخل در مسیر جریان مایعات

- اندازه گیری بدون توقف فرایند

- نصب آسان و سریع جهت اندازه گیری

- دامنه وسیع اندازه گیری (0.001m/s-99m/s)

- قابلیت اندازه گیری بدون نیاز به دانستن فشار مایعات

انواع پراب:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

الف : پراب 1584 I

این پراب جهت اندازه‌گیری لوله‌های به قطر ۱۵ میلی‌متر تا ۱۰۰ میلی متر قابل استفاده می‌باشد ب : پراب 1595

این نوع پراب جهت اندازه‌گیری لوله‌هایی به قطر ۸۰ میلیمتر تا ۲۵۰۰ میلیمتر قابل اندازه‌گیری می‌باشد . از مزیتهای این پراب اندازه‌گیری در شرایط نامناسب لوله‌ها از جهت وجود رسوبات و سختی موجود در سیالات می‌باشد .

ج : پراب 1594

این پراب جهت اندازه‌گیری لوله‌هایی به قطر ۸ میلیمتر تا ۲۵ میلیمتر می‌باشد استفاده از این پراب جهت اندازه‌گیری در شرایط حساس و لوله‌های با قطر پائین سودمند خواهد بود .

۳–۲–۲–۱– اساس اندازه گیری د ستگاه Ultra Flux

این دستگاه بر اساس میزان سرعت صوت در سیالات و اختلاف در زمان رفت و برگشت موج ، سرعت سیال را اندازه‌گیری کرده و در نهایت دبی سیال جاری را نمایش خواهد داد. که میزان سرعت از رابطه زیر بدست می آید:

$$V=(L^2/2d).\{\Delta T/(T_{AB}-T_{BA})\}$$

در واقع :

V = سرعت سیال

L = طول مسیر صوت

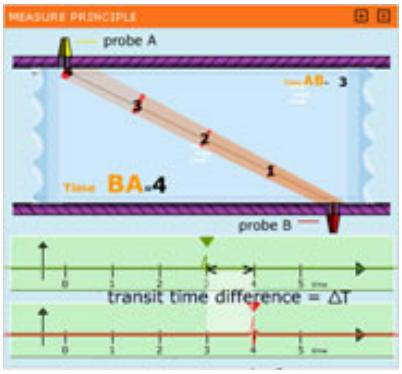
www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

d = فاصله بین دو پراب

TAB = زمان رفت صوت

TBA = زمان برگشت صوت



بطور کلی این دستگاه یکی از آخرین تکنولوژی روشهای اندازه‌گیری دبی سیالات به روش غیر مخرب می‌باشد ولی جهت دستیابی به دقت بالا در تعیین دبی سیالات انتخاب پراب مناسب و دقت در محل اندازه‌گیری بسیار مهم می‌باشد .

۳-۲-۳- دماسنج مادون قرمز(Infrared thermometer)

این دستگاه از نوع 3i از انواع دماسنج مادون قرمز با رنج دمایی (30C°- 1200 °C -

)

می باشد. یکی از کاربردهای معمول این ابزار جهت استفاده در فرآیندهای دما بالا (صنایع فولاد) و بهینه کردن دمای ماکزیمم که از نزدیک و به راحتی قابل اندازه‌گیری نباشد بسیار سودمند خواهد بود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

دماسنجهای سری ۳i دارای دو سری می باشد:

الف)نوع لیزری

ب)نوع دوربین دار

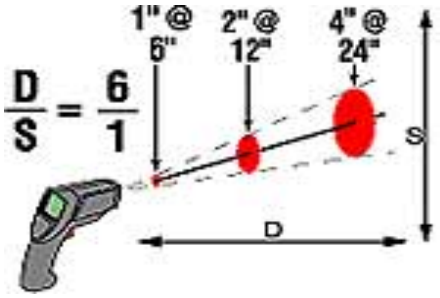
در واقع کار برد عمدهٔ آن جهت نظارت ، تعمیرات و نگهداری و بازرسی‌های ماهانه در صنایع مختلف به منظور تعیین دمای مورد نظر استفاده می شود .

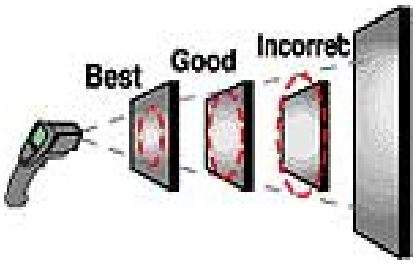
www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

نکات مهم در اندازه‌گیری دما بوسیله دماسنج مادون قرمز

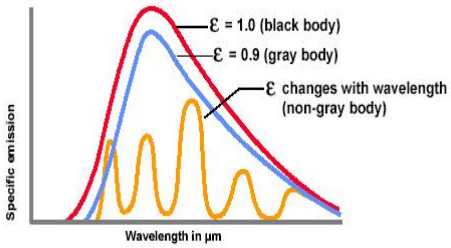
- دقت در تعیین نسبت فاصله به سطح چشم مورد نظر
- شرایط محیطی اندازه‌گیری از قبیل (میزان بخار ، گرد و غبار ، میدان مغناطیسی ، ارتعاشات و...)
- توجه به میزان دمای محیط سطح مورد نظر



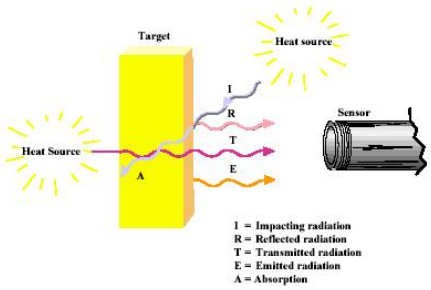


اساس کار دستگاه ترمومتر :

این دستگاه با توجه به تمرکز کردن روی جسم مورد نظر و میزان دریافت انرژی ناشی از اشعه مادون قرمز که از جسم ساطع می‌شود اندازه‌گیری دمای جسم را تعیین می‌نماید .



Specific emission at different emissivities

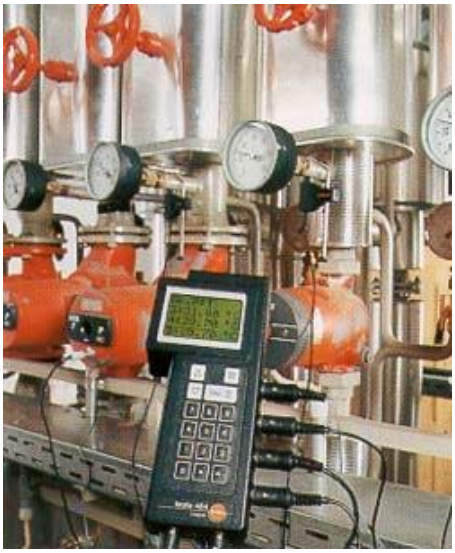


۳-۲-۴- جمع کننده اطلاعات (Data logger 454)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

این دستگاه میتواند پارامترهایی از قبیل درجه حرارت،رطوبت نسبی،سرعت سِیال،فشاروافت فشـار را اندازه گیری و ذخیره کند.
با توجه به پرابهای مورد استفاده ، این دستگاه میتواند بصورت همزمان اطلاعات مورد نیاز را اندازه گیری نماید.



۳-۲-۵- دستگاه اسپکتروفتومتر

از این دستگاه جهت اندازه گیری میزان غلظت یونهای نیترات(No3)؛ فسفات(Po4)؛ سولفات(So4)؛ اهن کل ؛ مس ؛ کروم ؛ منگنز و... را در ابهای مصرفی استفاده میکند.

اساس اندازه گیری دستگاه اسپکتروفتومتر

این دستگاه بصورت میکروپروسسوری بوده و از نور تک رنگ جهت اندازه گیری نورسنجی در آزمایشگاه و حتی در محل نمونه برداری قابل استفاده است.

این دستگاه توانایی اندازه گیری ۱۲۰ آزمایش نورسنجی مختلف را داشته و در ضمن جهت انجام آزمایشات دیگر از معرفها به شرح زیر استفاده میشود.

۱- آمپول- از نوع شیشه با جنس عالی بوده و به ازای هر نمونه از آزمایش یکی از این آمپولها که حاوی معرف مورد نظر میباشد استفاده می شود.

۲- کپسول پلاستیکی پودر- به ازای هر آزمایش پودر مربوطه انتخاب و در نمونه آزمایش کاملا حل می شود.

۳- بسته پودر- در بسته های فلزی نگهداری می شود پس از انتخاب بسته مناسب آن را کاملا داخل نمونه های آزمایش حل می کنند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳–۳– پارامترهای قابل اندازه‌گیری در بویلرها و کوره‌ها

در فصول گذشته در خصوص اهمیت اندازه‌گیری پارامترهای مختلف در بویلرها و کوره‌ها مطالبی عنوان شده است با توجه به اهمیت موضوع مثال‌هایی در جهت روشن شدن مطلب با توجه به اندازه‌گیری‌های عملی در کارخانجات مختلف آورده شده است.

۳–۳–۱ – اندازه‌گیری دما سطوح داغ و محاسبه تلفات تشعشعی

اصولاً با توجه به حجم بالای سطح حرارتی داغ و جابجایی هوا یا بخار در بخش‌های مختلف یک کارخانه استفاده از عایق مناسب یکی از روش‌های کاهش میزان تلفات

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

سوخت فسیلی می‌باشد. میزان تلفات حرارتی از سطوح داغ در جداول مختلف درکتاب‌های انرژی آورده شده است در اینجا به ذکر مثالی در این خصوص می‌پردازیم.

مثال: در یک کوره دمای اندازه‌گیری شده در جداره‌ها برابر ۲۰۰ °C و دمای سقف آن ۲۵۰ °C می‌باشد. در حالیکه ابعاد کوره ۶m × ۲m × ۲m باشد میزان صرفه‌جویی انرژی ناشی از عایق‌کای برای اینکه دمای سطوح به ۵۰ °C برسد چه مقدار می‌باشد؟

میزان تلفات انرژی در دمای ۲۵۰ °C = ۲۱/۵ $MJ / m^2.hr$

میزان تلفات انرژی در دمای ۲۰۰ °C = ۱۱/۶ $MJ / m^2.hr$

میزان تلفات انرژی در دمای ۵۰ °C = ۱/۷ $MJ / m^2.hr$

مساحت سقف = ۲ × ۶ = ۱۲m^2

مساحت جداره‌ها = = (۲×۶×۲)+ (۲×۲×۲) =۳۲ m^2

تلفات حرارتی قبل از عایق‌کاری = ۲۱/۵ × ۱۲ + ۱۱/۶ × ۳۲ = ۶۹۲/۲ MJ/hr

تلفات حرارتی بعد از عایق‌کاری مجدد = ۱۳ × (۱۲ + ۳۲) = ۷۴/۸ MJ/hr

صرفه‌جویی انرژی = ۶۹۲/۲ – ۷۴/۸ =۶۱۷ MJ/hr

با توجه به ارزش حرارتی گاز مصرفی برابر ۳۹/۲ Mj/Nm^3 خواهیم داشت.

میزان صرفه‌جویی سوخت = ۶۱۷ Mj/hr / ۳۹/۲ = ۱۵/۷ Nm^3/hr

با در نظر گرفتن ۶۰۰۰ ساعت کارکرد کوره در سال و مبلغ ۱۵۰ ریال به ازای هر متر مکعب گاز طبیعی خواهیم داشت.

میزان صرفه‌جویی هزینه = ۱۴/۰۰۰/۰۰۰ Rls/year

۳–۳–۲– اندازه گیری درجه حرارت گازهای خروجی (Flue gas temperature)

همانگونه که قبلاً نیز اشاره شده است اندازه‌گیری و کنترل درجه حرارت گازهای خروجی در دودکش بویلرها و کوره‌ها نقش مهمی در کاهش تلفات دودکش دارد. با توجه به روابط مربوط به انرژی مشاهد می‌شود که بالا بودن دمای دودکش رابطه مستقیمی با میزان تلفات آن دارد، در

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

صورتی که نسبت سوخت به هوا (AF ratio) کنترل نشده باشد، این افزایش دما تشدیدکننده تلفات خواهد بود.

مثال: اندازه‌گیری در یک بویلر صنعتی واتر تیوپ در یک پالایشگاه گاز نشان می‌دهد که درجه حرارت گازهای خروجی برابر ۲۹۵ °C می‌باشد سوخت مصرفی این بویلر گاز طبیعی و به میزان ۵۴۵۴ m^3/hr می‌باشد در صورت تنظیم مشعل و کاهش دمای دودکش به ۲۰۰°C میزان صرفه‌جویی سوخت را محاسبه نمایید، ضمناً حجم گازهای حاصل از احتراق در دودکش برابر ۷۳۱۰۰ m^3/hr اندازه‌گیری شده است؟

راه حل:

میزان تلفات دودکش $Q = \dot{m}\ C_p\ \Delta T$

که در آن: $\dot{m}$ **دبی جرم گازهای حاصل از احتراق و** C_p **گرمای ویژه و** ΔT **اختلاف درجه حرارت می‌باشد.**

$V = ۷۳۱۰۰\ Nm^3/hr$

جرم حجمی گازهای حاصل از احتراق $\rho = ۱/۳\ kg/Nm^3$

$Cp = ۱/۲\ Kj/kg\ °k$

تلفات دودکش در دمای ۲۹۵ °C $= ۳۳/۶۴ \times ۱۰^۶\ Kj/hr$

تلفات دودکش در دمای ۲۰۰ °C $= ۲۲/۸ \times ۱۰^۶\ Kj/hr$

میزان کاهش تلفات $= ۱۰/۸۴ \times ۱۰^۶\ Kj/hr$

با توجه به ارزش حرارتی گاز مصرفی در بویلر برابر ۳۹/۲ Mj/Nm^3 خواهیم داشت:

کاهش تلفات سوخت $= ۲۷۶/۵\ Nm^3/hr$

که با توجه به سوخت مصرفی این کاهش تلفات برابر ۵٪ سوخت مصرفی می‌باشد.

با در نظر گرفتن ۳۰۰ روز کاری برای این بویلر خواهیم داشت.

کاهش تلفات سوخت $= ۱/۹۸۰/۰۰۰\ Nm^3/year$

ارزش ریالی صرفه‌جویی شده $= ۲۹۷/۰۰۰/۰۰۰ Rls/year$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳-۳-۳-اندازه‌گیری‌هوای(ورودی)به سیستم و تنظیم نسبت سوخت به هوا (Exess Air)

وجود هوای اضافی در احتراق یکی از مهمترین پارامترهای اتلاف انرژی در دودکش می‌باشد به عبارت دیگر اگر میزان هوای اضافی بیش از میزان استاندارد مورد نیاز باشد (که در جدول زیر برای بویلرها آورده شده است) به معنی مصرف انرژی جهت گرم نمودن هوای مازاد بدون دخالت در احتراق تا دمای دودکش و خروج آن از دودکش می‌باشد. همچنین علاوه بر کاهش راندمان حرارتی بدلیل استفاده از حجم بالاتر هوای ورودی توان الکتریکی فن‌های بویلر نیز افزایش خواهد یافت.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول زیر میزان هوای اضافی مورد نیاز برای بویلرها با سوخت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

سوخت	حداقل هوای اضافی	حداکثر هوای اضافی
گاز طبیعی	٪۱۰	٪۱۵
گازوئیل	٪۱۲/۵	٪۲۰
مازوت	٪۲۰	٪۲۵
زغال سنگ	٪۳۰	٪۵۰

این میزان برای بویلرهای معمولی بدون تجهیزات کمکی جهت کاهش هوای اضافی می‌باشد.

مثال: با توجه به مثال مربوط به بخش گذشته، آنالیز احتراق در این بویلر پالایشگاهی نشان می‌دهد میزان هوای اضافی موجود در گازهای حاصل از احتراق برابر ٪۲۴/۴ می‌باشد. در صورتی که با تنظیم مشعل میزان هوای اضافی را به ٪۱۵ کاهش دهید، میزان صرفه‌جویی سوخت را با در نظر گرفتن دمای دودکش ۲۹۵°C حساب کنید.

λ = ٪۲۴/۴ حجم گازهای خروجی از دودکش = ۷۳۱۰۰ Nm^3/hr

λ = ٪۱۵ حجم گازهای خروجی از دودکش = ۶۷۶۰۰ Nm^3/hr

کاهش دبی حجمی گازهای احتراق = ۵۵۰۰ Nm^3/hr

میزان کاهش تلفات دودکش = ۲/۵ × ۱۰^۶ Kg/hr

که با در نظر گرفتن ارزش حرارتی گاز :

میزان صرفه‌جویی سوخت = ۶۳/۸ Nm^3/hr

که این میزان برابر ٪۱/۱۶ از سوخت مصرفی بویلر می‌باشد.

میزان صرفه‌جویی سالیانه سوخت = ۴۶۰۰۰۰ Nm^3/yr

ارزش ریالی صرفه‌جویی سالیانه = ۶۹× ۱۰^۶ Rls/yr

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳-۳-۴- آنالیز گازهای خروجی از دودکش

یکی از مهمترین موارد اندازه‌گیری در کوره‌ها و بویلرها، آنالیز گازهای خروجی از دودکش می‌باشد پارامترهای قابل اندازه‌گیری در آنالیزورهای احتراق شامل O_2٪ ، CO_2٪ ، PPm Co ، PPm No_x ، PPm So_2 و همچنین دمای گازهای خروجی و میزان هوای اضافی است.

در خصوص کنترل میزان هوای اضافی و اندازه‌گیری دمای دودکش در بخش‌های قبل توضیحاتی ارائه شده است.

وجود هوای اضافی و بالا بودن دمای شعله باعث بوجود آمدن NO_x در دودکش و همچنین وجود گوگرد در سوخت مورد استفاده نیز باعث بوجود آمدن SO_2 در گازهای حاصل از احتراق می‌شود با توجه به عامل خوردگی این گاز در دماهای پایین در زمان تنظیم مشعل و ... باید به دمای دودکش توجه شود تا از نقطه شبنم اسیدی پایین‌تر نباشد.

وجود CO در گازهای حاصل از احتراق به معنی احتراق ناقص و تلفات انرژی می‌باشد که در بخش مربوط به احتراق توضیحاتی داده شده است در مثال زیر با توجه اندازه‌گیری انجام شده تأثیر وجود CO و احتراق ناقص در میزان تلفات انرژی مشخص می‌شود.

مثال : اندازه‌گیری در یک کوره هافمن پخت آجر نشان می‌دهد که میزان CO خروجی از دودکش برابر ۳۸۵ ppm می‌باشد با توجه به اندازه‌گیری دبی حجمی گازهای دودکش که برابر ۲۱۶۰۰ m^3/hr می‌باشد میزان دبی جرمی CO و همچنین تلفات انرژی ناشی از وجود CO در گازهای دودکش را محاسبه کنید؟

راه حل:

CO = ۳۸۵ PPm

حجم گازهای خروجی دودکش = ۲۱۶۰۰ M^3/hr

دمای گازهای خروجی = ۷۶ °C

ارزش حرارتی CO = ۱۰/۲ MJ/kg

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

$$\text{درصد حجمی CO} = \frac{385}{10000} = \text{٪ ۰/۰۳۸۵}$$

درصد حجمی CO × حجم گازهای خروجی در حالت استاندارد = حجم CO خروجی از دودکش

= ۱۶۹۰۰ × ٪۰/۰۳۸۵ = ۶/۵ Nm^3/hr =۷/۸ Kg/hr

که با توجه به ارزش حرارتی CO :

تلفات ناشی از بدسوزی = ۷/۸ × ۱۰/۲ = ۸۰ MJ/hr = ۲/۲ Lit/hr

با فرض ۳۰۰ روز کاری :

تلفات سالیانه انرژی = ۱۵۸۰۰ Lit/yr

www.Parsbook.Org

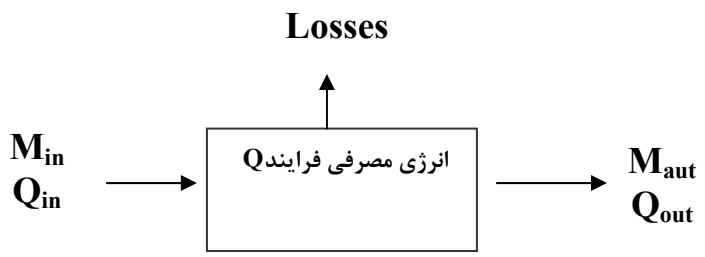
www.Parsbook.Org

۳-۴- موازنه جرم و انرژی

موازنه انرژی در واقع رابطه‌ای است بین انرژی‌های ورودی و خروجی به یک سیستم (حجم کنترل) که تحت شرایط طبیعی کار می‌کند.

اولین قدم در موازنه انرژی تعیین مواد و جرم ورودی به یک سیستم و خروجی از آن می‌باشد در حقیقت موازنه جرم و اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌ها یک پیش‌نیاز جهت انجام بالانس انرژی می‌باشد. مهترین نکته‌ای که باید در یک موازنه جرم و انرژی رعایت شود. پایداری سیستم در زمان اندازه‌گیری است، به طوری که در شرایط تعادل میزان جرم ورودی به یک سیستم، برابر جرم خروجی از آن می‌باشد.

درشکل زیر شماتیک موزانه جرم و انرژی نشان داده شده است.



$$Q_{in} = Q_{out} + Q + Losses$$

در این رابطه بسته به نوع فرایند (گرمازا ، گرماگیر) مقدار Q می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

مهمترین فوایدی که از موازنه حجم جرم و انرژی بدست می‌آید عبارتند از:

۱) محاسبه مقدار واقعی انرژی که در فرایند مصرف می‌شود.

۲) نظارت منظم بر راندمان و عملکرد تجهیزات

۳) بررسی اثرات ناشی از تعویض تجهیزات و تغییر نوع فرآیند روی انرژی بری سیستم.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴) تعیین اولویت برنامه‌ریزی‌های کارائی انرژی در سیستم

۵) جمع‌آوری اطلاعات به منظور انجام مطالعات بهبود کارایی شامل اطلاعات ، تغییرات یا جایگزینی با یک سیستم جدید

۶) رسیدن به هدف اصلی که همان حداکثر تولید با حداقل مصرف انرژی ممکن می‌باشد.

به منظور روشن شدن موضوع مثالی از موازنه جرم و انرژی در یک کوره کارخانه سیمان ارائه شده است.

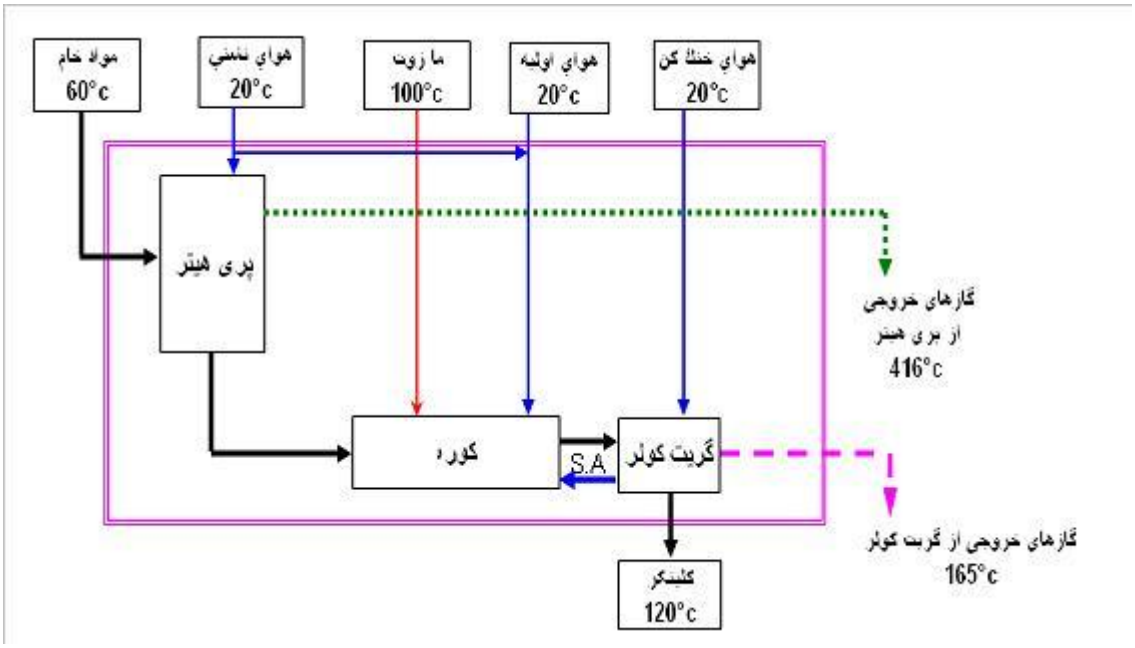
www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳-۴-۱-انتخاب حجم کنترل (Control Volume) در سیستمهای انرژی

اولین مسئله‌ای که در محاسبات بالانس جرم و انرژی باید مد نظر قرار گیرد انتخاب حجم کنترل می باشد. در کارخانه‌های سیمان معمولاً با توجه به پیوستگی و نحوه عمل سیستم کوره، حجم کنترل در نظر گرفته شده برای محاسبات شامل سیستم‌های خنک‌کن کلینکر، پخت، کلساینر و پری‌هیتر می‌باشد به عبارت دیگر حجم کنترل در نظر گرفته شده (Kiln System) با سیستم کوره می‌باشد.

درشکل (۳-۱) حجم کنترل در نظر گرفته شده همراه با دمای مواد ورودی و خروجی آن مشخص می باشد.



شکل : (۳-۱) دیاگرام شماتیک سیستم کوره

برای انجام محاسبات موازنه جرم و انرژی باید ابتدا ورودی‌ها و خروجی‌ها در حجم کنترل مشخص و سپس محاسبات آن انجام گیرد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳-۴-۲- موازنه جرم : (Mass Balance)

همانگونه که ذکر شد برای موازنه جرم ابتدا حجم کنترل مشخص شده و سپس توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری میزان ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم در نظر گرفته شده مشخص می‌گردد. موازنه جرم در حالت آسیاب مواد روشن یعنی در حالتی که سیستم روال طبیعی خود را دارد انجام شده است.

۳-۴-۲-۱- جرم ورودی به سیستم : (Mass , Input)

الف) جرم هوای ورودی توسط فن‌های گریت کولر

میزان دبی هوای ورودی به گریت کولر توسط فن‌ها برابر $۳۰۷۰۰۰ m^3/hr$ می‌باشد.

با در نظر گرفتن جرم حجمی هوا ، $۱/۲۹ kg/m^3$ داریم:

$\dot{m}_{I1} = ۳۰۷۰۰۰ \times ۱/۲۹ = ۳۹۶/۶ Ton/hr$ جرم ورودی هوای خنک کن

ب) جرم هوای ورودی اولیه در مشعل‌های کوره و کلساینر (Primary Air)

میزان دبی هوای اولیه ورودی به مشعل‌های کوره و کلساینر عبارتند از:

$۹۸۰۰ m^3/hr$: هوای اولیه برای مشعل کوره

$۲۱۰۰ m^3/hr$: هوای اولیه برای کلساینر

با توجه به جرم حجمی هوای محیط $۱/۲۹ Kg/m^3$ داریم :

$\dot{m}_{I2} = ۹۸۰۰ \times ۱/۲۹ = ۱۲/۶ Ton/hr$ هوای اولیه مشعل کوره

$\dot{m}_{I3} = ۲۱۰۰ \times ۱/۲۹ = ۲/۷ Ton/hr$ هوای کلساینر

ج) جرم سوخت ورودی به سیستم

سوخت مصرفی در کوره از نوع مازوت (Heavy Oil) بوده که در دو نقطه کوره و کلساینر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$۳۴۴۰ Lit/hr$ = مصرف سوخت در کوره

$۴۱۰۰ Lit/hr$ = مصرف سوخت در کلساینر

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

با توجه به جرم حجمی مازوت در دمای ۱۰۰ درجه ورودی به سرمشعل‌ها برابر kg/litr ۰/۸۹ خواهیم داشت:

کوره $\dot{m}_{14}$ = ۳۴۴۰ × ۰/۸۹ = ۳۰۶۱/۶ kg/hr = ۳/۰۶۱۶ Ton/hr

کلساینر $\dot{m}_{15}$ = ۴۱۰۰ × ۰/۸۹ =۳۶۴۹ kg/hr = ۳/۶۴۹Ton/hr

د) جرم مواد خام ورودی به سیستم

جرم مواد خام ورودی به سیستم پری‌هیتر از طریق اطاق کنترل و در زمان اندازه‌گیری گرفته شده است.

$\dot{m}_{16}$ = ۱۴۰ Ton/hr

۳-۴-۲-۲- جرم خروجی از سیستم (Mass , Out put)

الف) جرم گازهای داغ (Flue Gas) خروجی از پری‌هیتر

با توجه به ابعاد (قطر) داکت خروجی از پری‌هیتر برابر D = ۲/۷m و همچنین اندازه‌گیری سرعت در خروجی از پری‌هیتر توسط پیتوت تیوب می‌توان دبی حجمی گازهای خروجی از پری‌هیتر را محاسبه و با توجه به جرم حجمی گازهای مورد نظر دبی جرمی آن را محاسبه نمود.

سرعت اندازه‌گیری شده در داکت بعد از فن پری‌هیتر = ۲۱ m/s

دبی حجمی = ۴۳۲۸۸۶ m^3/hr

قطر داکت قبل از دوراهی فن پری‌هیتر D = ۲/۷ m

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

حال با در نظر گرفتن جرم حجمی گازهای حاصل از احتراق در دمای ۳۱۰ °C (دمای خروجی از پری‌هیتر) برابر ۰/۶۶ kg/m^3 خواهیم داشت.

$\dot{m}_{O1}$ = ۴۳۲۸۸۶ × ۰/۶۶ = ۲۸۵/۶۹۵ Ton/hr

ب) جرم گازهای داغ خروجی از خنک‌کن گریت کولر

حجمی گازهای داغ خروجی از گریت کولر به سمت دودکش توسط اندازه‌گیری انجام شده در داکت بدست آمده است.

جرم حجمی گازهای داغ (هوای داغ) در دمای ۱۳۲ درجه برابر ۰/۹۳ کیلوگرم متر مکعب می‌باشد بنابراین خواهیم داشت :

دبی جرم گازهای خروجی از گریت $\dot{m}_{O2}$ = ۲۷۰۰۰۰m^3/hr × ۰/۹۳= ۲۵۱/۲۵ Ton/hr

ج)جرم غبار خروجی از سیستم کوره و پری‌هیتر

از اطاق کنترل میزان ورودی مواد خام و همچنین میزان کلینکر خروجی محاسبه و برابر

مواد خام ورودی = ۱۴۰Ton/hr

کلینکر خروجی = ۸۱Ton/hr

گرفته شد.

با توجه به میزان تلفات ناشی از تغییر فرم (Lost of ignition) برابر ۰/۳۶ تا ۰/۳۵ خواهیم داشت.

اختلاف جرم مواد خام کلینکر = ۱۴۰−۸۱ = ۵۹ Ton/hr

Lost of ignition = ۱۴۰ (۰/۳۶) = ۵۰/۴ Ton/hr

میزان غبار خروجی از پری‌هیتر $\dot{m}_{O3}$ = ۵۹ −۵۰/۴ = ۶/۸ Ton/hr

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

د) جرم کلینکر خروجی از سیستم کوره

با توجه به اعداد گرفته شده از اطاق کنترل، دبی جرمی خروجی از کوره برای کلینکر برابر ۸۱ تن در ساعت می‌باشد.

$\dot{m}_{O4} = ۸۱\ \text{Ton/hr}$

*محاسبه هوای نشتی

حال با داشتن تمامی جرم‌های ورودی و خروجی در سیستم کوره می‌توان توسط موازنه جرم میزان هوای نشتی به سیستم کوره را محاسبه نمود.

جرم خروجی از سیستم = نشتی هوا + جرم ورودی به سیستم

$$m_{+} \dot{m}_{I3} + \dot{m}_{I4} + \dot{m}_{I5} + \dot{m}_{I6} + \text{leak} = \dot{m}_{O1} + \dot{m}_{O2} + \dot{m}_{O3} + \dot{m}_{O4}$$

$$\dot{m}_{I1} + \dot{m}_{I2}$$

$\Longrightarrow$ میزان نشتی هوا = ۶۷/۹۳۵ Ton/hr

این میزان نشتی شامل نشتی هوا در سیستم‌های کوره، کلساینر و پری‌هیتر بعلاوه میزان هوای ناشی از انتقال مواد به پری‌هیتر (Airlift) یا به عبارت دیگر هوای ترانسپورت می‌باشد.

جدول شماره (۳-۱) نتایج موازنه جرم در یک سیستم کوره نمونه را نشان می‌دهد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول (۳-۱) : موازنه جرم در کوره

ردیف	دبی جرم	ورودی (T/h) Input	خروجی (T/h) Output
I_1	ورودی هوا به خنک‌کن کلینکر	۳۹۶/۶	
I_2	هوای اولیه مشعل کوره	۱۲/۶	
I_3	هوای اولیه مشعل کلساینر	۲/۷	
I_4	سوخت مازوت کوره	۳/۰۶۱۶	
I_5	سوخت مازوت کلساینر	۳/۶۴۹	
I_6	مواد خام ورودی به پری‌هیتر	۱۴۰	
O_1	گازهای داغ خروجی از پری‌هیتر		۲۸۵/۶۹۵
O_2	گازهای داغ خروجی از گریت کولر		۲۵۱/۲۵
O_3	غبار خروجی از پری‌هیتر		۸/۶
O_4	کلینکر تولیدی		۸۱
	نتیجه اولیه	۵۵۸/۶۱۰	۶۲۶/۵۴۵
I_7	هوای نشتی و ترانسپورت مواد اولیه	۶۷/۹۳۵	
	نتیجه نهایی	۶۲۶/۵۴۵	۶۲۶/۵۴۵

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳-۴-۳- موازنه انرژی (Energy Balance)

پس از موازنه جرم و اندازه‌گیری جرم‌های ورودی و خروجی به سیستم کوره در حجم کنترل مشخص شده، اینک با درنظر گرفتن انرژی آنها می‌توان به موازنه انرژی پرداخت و میزان انرژی‌های که بصورت تلفات می‌باشد را مشخص نمود.

۳-۴-۳-۱- انرژی ورودی به سیستم (Energy, Input)

الف – انرژی هوای ورودی توسط فن‌های گریت کولر

با توجه به جدول (۱) میزان دبی جرمی هوای ورودی توسط فن های گیت کولر برابر ۳۹۶/۶ T/h می‌باشد. با در نظر گرفتن دمای صفر درجه سلسیوس به عنوان مبنای محاسبات و ضریب گرمای ویژه هوا خواهیم داشت.

C_p = ۰/۲۳۷ Kcal/kg°C

$\dot{m}_{I1}$ = ۳۹۶/۶ T/hr

ΔT = ۲۰°C

$\longrightarrow E_{I1} = ۰/۲۳۷ \times ۳۹۶/۶ \times ۲۰ = ۱۸۷۹/۹$ Mal/hr

E_{I1} = ۹۷ KJ/kg.cl

ب – انرژی هوای اولیه مشعل کوره و کلساینر

میزان دبی جرمی با توجه به اعداد جدول (۳-۱) برای هوای اولیه مشعل‌های کوره و کلساینر برابر است با :

۱۲/۶ T/hr $\quad E_{I2}$ = ۵۹/۷۲ Mcal /hr $\longrightarrow E_{I2}$ = ۳/۰۵ KJ/kg.cl

$\dot{m}_{I2}$ =

C_p = ۰/۲۳۷ Kcal/kg°c

۲۰ °C $\quad E_{I3}$ = ۱۲/۷۹۸Mcal /hr $\longrightarrow E_{I3}$ = ۰/۶۶ KJ/kg.cl

ΔT =

$\dot{m}_{I3}$ = ۲/۷ T/hr

ج – انرژی محسوس و احتراق سوخت مازوت در کوره

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

برای مازوت ورودی به سیستم دو نوع انرژی در نظر می‌گیریم. انرژی محسوس مازوت که ناشی از دمای مازوت ۱۰۰ °C می‌باشد و همچنین انرژی شیمیایی حاصل از احتراق.

E_{H14} = ۸/۳۷ KJ/kg.cl E_{I14} = ۱۶۲/۲۶ Mcal/hr = ۳/۰۶۱۶T/hr

$m°_{I4}$

C_P = ۰/۵۳ Kcal/kg$^{°C}$

E_{H14} = ۱۵۸۱/۵۱۶ KJ/kg.cl E_{2I4} = ۳۰۶۴۶/۶۱۶ Mcal/hr ۱۰۰ °C

$\triangle T$ =

L.H.V = ۱۰۰۱۰ Kcal.Kg

<u>د – انرژی محسوس و ناشی از احتراق سوخت مازوت در کلسباینر</u>

مطابق قسمت قبل داریم:

E_{H15} = ۹/۹۸ KJ/kg.cl E_{1I5} = ۱۹۳/۳۹۷ Mcal/hr = ۳/۶۴۹T/hr

$m°_{I5}$

C_P = ۰/۵۳ Kcal/kg$^{°C}$

E_{H15} = ۱۸۸۴/۹۴ KJ/kg.cl E_{2I5} = ۳۶۵۲/۴۹ Mcal/hr = ۱۰۰ °C

$\triangle T$

L.H.V = ۱۰۰۱۰ Kcal.kg

هـ – انرژی محسوس ناشی از مواد خام ورودی به پری‌هیتر

مواد خام از آسیاب مواد با دمای ۸۰ °C وارد پری هیتر می‌شود بنابراین انرژی موجود آن عبارتست از :

$\dot{m}_{16}$= ۱۴۰T/hr

E_{H6} = ۱۲۱/۳۷ KJ/Kg.cl E_{I6} = ۲۳۵۲ Mcal/hr Kcal.kg$^{°C}$

C_p = ۰/۲۱

$\triangle T$ = ۸۰ °C

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

و – انرژی ورودی از طریق هوای نشتی و ترانسپورت

$\dot{m}_{I7}$ = ۶۷/۹۳۵ T/hr

Kcal/kg°c E_{I7} = ۳۲۲/۰۱ Mcal /hr E_{I7} = ۱۶/۶۱ KJ/Kg.cl

C_p = ۰/۲۳۷

$\triangle T$ = ۲۰ °C

۳–۴–۳–۲– انرژی خروجی از سیستم (Qutput و Energy)

الف – انرژی ناشی از خروج گازهای داغ از پری‌هیتر

گازهای حاصل از احتراق در کوره و کلساینر با درجه حرارت ۳۱۰ درجه از پری‌هیتر خارج می‌شود، با توجه به دبی جرم گازهای حاصل از احتراق از جدول (۳–۱) خواهیم داشت:

$\dot{m}_{O1}$ = ۲۸۵/۶۹۵ T/hr

Kcal/kg°c E_{O1} = ۱۹۹۲۷/۲۳ Mcal /hr E_{O1} = ۱۰۲۸/۳۴ KJ/Kg.cl

C_p = ۰/۲۲۵

$\triangle T$ = ۳۱۰ °C

ب – گازهای داغ خروجی از گریت کولر به سمت دودکش

گازهای خروجی از گریت کولر با درجه حرارت ۱۳۲ درجه سیلسیوس و دبی جرمی مطابق جدول (۳–۱) از دودکش خارج می‌شوند.

$\dot{m}_{O2}$ = ۲۵۱/۲۵T/hr

Kcal/kg°c E_{O2} = ۷۹۵۹/۶ Mcal /hr E_{O2} = ۴۱۰/۷۵ KJ/Kg.cl

C_p = ۰/۲۴

$\triangle T$ = ۱۳۲°C

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ج – غبار خروجی از پری‌هیتر

غبار خروجی از پری‌هیتر با دمای ۳۱۰ درجه از سیستم خارج می‌گردد با توجه به جدول (۱) و دبی جرم غبار خواهیم داشت.

$\dot{m}_{O3}$ = ۸/۶ T/hr

E_{O3} = ۲۸/۸۲KJ/Kg.cl E_{O3} = ۵۵۸/۵۲ Mcal /hr ۰/۲۱

C_p =

$\triangle T$ = ۳۱۰ °C

د – انرژی ناشی از کلینکر خروجی از گریت کولر

با توجه به اینکه برای تبدیل مواد خام به کلینکر و عملیات پخت آن در حدود ۴۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی حرارتی نیاز داریم (Reaction Heat) و همچنین گرمای محسوس کلینکر داغ خروجی خواهیم داشت:

$\dot{m}_{O4}$ =۸۱ T/hr

E_{1O2} = ۷۹/۴۲ KJ/Kg.cl E_{1O2} = ۷۹۵۹/۶ Mcal /hr Kcal/kg°c

C_p = ۰/۱۹

$\triangle T$ = ۱۰۰°C

E_{2O2} = ۱۸۸۱ KJ/kg.cl E_{2O2} = ۳۶۴۵۰ Mcal/hr = ۴۵۰ Kcal/kg.cl

Reaction Heat

* محاسبهٔ تلفات در سیستم

حال، با محاسبه انرژی‌های ورودی و خروجی می‌توان توسط موازنه انرژی میزان تلفات در سیستم را محاسبه نمود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

تلفات فوق ناشی از تلفات تشعشعی و جابجایی از کوره و بدنه پری‌هیتر و بدنه گریت کولر و همچنین سایر تلفات می‌باشد.

تلفات + انرژی خروجی = انرژی ورودی به سیستم

$$E_{I1} + E_{I2} + E_{I3} + E_{1I4} + E_{2I4} + E_{1I5} + E_{2I5} + E_{I6} = E_{O1} + E_{O2} + E_{O3} + E_{O4} + \text{Losses}$$

تلفات = ۵۷۲۰/۸۴۱ Mcal/hr

= ۲۹۵/۲۲ Kj/kg.cl

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول (۳-۲) : موازنه انرژی در سیستم کوره

ردیف	مواد مختلف اندازه‌گیری	انرژی ورودی		انرژی خروجی	
		Mcal/hr	KJ/kg.cl	Mcal/hr	KJ/kg.cl
I_1	انرژی هوای ورودی توسط فن‌های گریت کولر	۱۸۷۹/۹	۹۷		
I_2	انرژی هوای اولیه مشعل کوره	۵۹/۷۲	۳/۰۵		
I_3	انرژی هوای اولیه مشعل کلساینر	۱۲/۷۹۸	۰/۶۶		
I_4	انرژی محسوس در سوخت مازوت کوره	۱۶۲/۲۶	۸/۳۷		
	انرژی ناشی از احتراق مازوت کوره	۳۰۶۴۶/۶۱۶	۱۵۸۱/۵۱۶		
I_5	انرژی محسوس در سوخت مازوت کلساینر	۱۹۳/۲۹۷	۹/۹۸		
	انرژی ناشی از احتراق مازوت کلساینر	۳۶۵۲۶/۴۹	۱۸۸۴/۹۴		
I_6	انرژی محسوس ناشی از ورود مواد خام	۲۲۵۲	۱۲۱/۳۷		
I_7	انرژی ورودی از طریق هوا نشتی و ترانسپورت	۳۲۲/۰۱	۱۶/۶۱		
O_1	انرژی گازهای داغ خروجی از پری‌هیتر			۱۹۹۲۷/۲۳	۱۰۲۸/۳۴
O_2	انرژی خروجی از دودکش گریت کولر			۷۹۵۹/۶	۴۱۰/۷۵
O_3	انرژی محسوس در غبار خروجی از پری‌هیتر			۵۵۸	۲۸/۸۲
O_4	انرژی محسوس موجود در کلینکر خروجی			۱۵۳۹	۷۹/۴۲
	انرژی پخت کلینکر (Reaction)			۳۶۴۵۰	۱۸۸۱
	نتیجه	۷۲۱۵۵/۱۰	۳۷۲۳/۵۶	۶۶۴۳۴/۳۵	۳۴۲۸/۳۴
O_5	تلفات انتقال حرارتی و سایر تلفات			۵۷۲۰/۸۴	۲۹۵/۲۲
	نتیجه نهایی	۷۲۱۵۵/۱۹	۳۷۲۳/۵۶	۷۲۱۵۵/۱۹	۳۷۲۳/۵۴

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

فصل چهارم:

سیستمهای مدرن صرفه جویی انرژی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

فصل ۴– سیستمهای مدرن صرفه جویی انرژی

۴–۱ – بازیافت انرژی :

جهت جلوگیری از رشد بی‌رویه مصرف انرژی و حفظ ذخائر ملی در زمینه انرژی باید توجه بیشتری به بازیافت انرژی‌های تلف شده نمود. با اجرای پروژه‌های بازیافت انرژی در صنایع علاوه بر کاهش مصرف سوخت و افزایش راندمان دستگاه‌ها، از تولید آلاینده‌های محیط زیست نیز کاسته خواهد شد که در نتیجه به حفظ محیط زیست کمک خواهد کرد بازیافت انرژی از هدر رفتن منابع انرژی در کشور جلوگیری و طول عمر این منابع را افزایش خواهد داد.

افزایش روزافزون قیمت انرژی و هزینه‌های تولید، جلوگیری از مصرف بی‌رویه انرژی، کاهش آلاینده‌های گازی و پدیده‌های گلخانه‌ای از جمله دلایلی هستند که اهمیت بازیافت انرژی را نشان می‌دهند.

۴–۱–۱– منابع اتلاف انرژی:

منابع اتلاف انرژی حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی را از لحاظ درجه حرارت می‌توان به سه بخش تقسیم نمود. در جدول(۴–۱) این طبقه‌بندی و چگونگی استفاده از آن در بخش‌های گوناگون را نشان می‌دهد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول (۴-۱) الگوهای بازیافت انرژی

منابع تلفات گرمایی	درجه حرارت پایین پایین‌تر از ۲۰۰ °C	درجه حرارت متوسط ۲۰۰° - ۶۵۰ °C	درجه حرارت ۶۵۰ °C به بالا
نمونه‌های موجود در صنعت	- خروجی از خنک‌کن کمپرسورها - مبدل‌های تقطیر مایعات و بخار گاز - کوره‌های تنش‌گیری - دودکش دیگ‌های بخار - و...	- خروجی از دیگ‌های بخار - دودکش واحدهای نیروگاه گازی - موتورهای درونسوز (دیزل) - کارخانه‌های سیمان - خشک‌کن‌ها - فرآیندهای پتروشیمی - و ...	- کوره‌های ذوب فلزات (کرم، نیکل، روی، فولاد و ...) - کوره‌های پیشگرم فولاد - رکتی فایرهای تولید ئیدروژن - زباله سوزها - و... .
موارد استفاده توسط بازیافت انرژی	- تأمین آب گرم مصرفی - گرمایش و سرمایش واحدهای مسکونی - گرمایش و سرمایش واحدهای صنعتی - و... .	- تولید بخار مورد نیاز فرآیند - تولید برق وبخار در سیستم CHP - استفاده مستقیم از حرارت موجود در خشک‌کن‌ها و .... . - استفاده مجدد از گازهای داغ - و ... * بارزترین مثال (نیروگاه‌های سیکل ترکیبی)	- استفاده مستقیم در فرآیندهای خشک‌کن - تولید برق و بخار CHP - پیشگرمکن هوای احتراق - استفاه مجدد از گازهای داغ - و... .

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴-۱-۲- عوامل مؤثر در انتخاب یک سیستم بازیافت انرژی

جهت انتخاب بهینه یک سیستم بازیافت انرژی باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- درجه حرارت و مقدار منبع تلف شده
- ترکیب شیمیایی سیال منبع تلف شده
- کمترین درجه حرارت ممکن که می‌توان سیال را سرد نمود (نقطه شبنم)
- درجه حرارت سیال سرد که انرژی تلف شده به آن منتقل می‌گردد
- ترکیب شیمیایی سیال سرد
- حداکثر درجه حرارت ممکن که در آن سیال سرد پایدار بماند.

۴-۲- تجهیزات بازیافت انرژی حرارتی :

بطور کلی انتقال انرژی از منبع اتلاف انرژی به گیرنده این انرژی بدو صورت مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌شود. اگر ترکیب شیمیایی دو سیال یکسان بوده و اختلاط دو گاز امکان‌پذیر باشد. دو سیال سرد و گرم بطور مستقیم با هم در تماس بوده و انتقال انرژی صورت می‌پذیرد مانند خشک‌کن‌ها

در سیستم‌های غیرمستقیم بازیافت انرژی از یک وسیله جهت انتقال انرژی از منبع تلف شده به گیرنده استفاده می‌شود. در این روش سیستم‌های زیر اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- ریژنراتورها (Regenerators)
- ریکوپراتورها (Recuperators)
- لوله‌های گرمایی (Heat pipes)
- دیگ‌های بازیافت انرژی (Waste Heat Boilers)
- کوره‌های سوخت ضایعات (Incinerators)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴-۲-۱- ریژنراتورها (Regenerators)

ریژنراتورها نوعی از مبدل‌هیا حرارتی با بستر فشرده هستند که جهت انتقال حرارت بین دو گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دستگاه‌ها به دو نوع بستر ثابت و بستر دوار تقسیم‌بندی می‌شوند: در نوع بستر ثابت دو سیال گرم و سرد در جهت مخالف یکدیگر دردو پریود زمانی متفاوت وارد بستر ثابت شده و در پریود اول سیال گرم حرارت خود را در بستر ذخیره نموده و این انرژی در پریود زمانی متفاوت وارد بستر ثابت شده بعد به سیال سرد منتقل می‌گردد. شکل (۴-۱) شمال کلی یک ریژنراتور با بستر ثابت را نشان می‌دهد.

شکل (۴-۱) ریژنراتور با بستر ثابت

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ریژنراتورهای با بستر ثابت در صنایع شیشه، آلومینیوم و صنایع دیگر انرژی بر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در کوره‌های ذوب شیشه گازهای داغ خروجی از روی مواد مذاب کانالی که با آجرهای نسوز پر شده‌اند عبور کرده و انرژی خود را به آن منتقل می‌نماید. در پریود بعد هوای ورودی به محفظه احتراق پس از عبور از این کانال توسط آن گرم می‌شود. راندمان این مبدل‌ها توسط دو رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{راندمان پریود گرم } n_b = \frac{(GC_pP)_h (t_{hi} - t_{ho})}{(GC_PP)_{\min} (t_{hi} - t_{ci})}$$

$$\text{راندمان پریود گرم } n_c = \frac{(GC_pP)_c (t_{co} - t_{ci})}{(GC_PP)_{\min} (t_{hi} - t_{ci})}$$

که در آن :

η = راندمان ریژنراتور

G = دبی جرمی گاز

C_p = ظرفیت حرارتی گاز

t_{ci} = درجه حرارت ورودی گاز سرد

t_{co} = درجه حرارت خروجی گاز سرد

t_{hi} = درجه حرارت ورودی گاز گرم

t_{ho} = درجه حرارت خروجی گاز گرم

min = کمترین مقدار $(GC_pP)_h$ و $(GC_pP)_c$

p = پریود گردش سیال

همانطور که از دو رابطه فوق مشخص می‌گردد راندمان ریژنراتورها بستگی به دبی جریان گاز و زمان گردش سیال سرد و گرم دارد که با تنظیم این دو پارامتر می‌توان بیشترین راندمان در مبدل را بدست آورد.

۴-۲-۱-۱- ریژنراتورهای دوار:

در این نوع مبدل دو سیال سرد و گرم در جهت مخالف از یک بستر دوار عبور می‌نمایند. در این حالت دیسک دوار با گردش ثابت سیال گرم و سرد را بطور متناوب از خود عبور می‌دهد و انتقال گرما را از سیال گرم به سیال سرد انجام می‌دهد. این نوع از ریژنراتور که بنام چرخ‌های حرارتی و یا پیش‌گرمکن هوا نیز نامیده می‌شوند، بیشتر در نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. (شکل (Heat Wheels) ۴-۲)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

شکل (۴-۲) – ریژنراتور دوار

۴-۲-۲- ریکوپراتورها (Recuperators)

یک ریکوپراتور نوعی از مبدل حرارتی است که در آن انتقال حرارت بین دو گاز انجام می‌شود. کاربرد اصلی آن در پیش‌گرمکن‌های هوا در دیگ‌های بخار و کوره‌های حرارتی می‌باشد. نوع ساده این مبدل بصورت دو لوله در داخل یکدیگر می‌باشند که در خروجی کوره‌ها نصب می‌گردد و گاز داغ از داخل و هوای سرد از جداره خارجی بین دو لوله عبور می‌کند و درجه حرارت آن افزایش می‌یابد. سه نوع ریکوپراتور بنام جابجایی، تشعشع – و جابجایی، می‌باشند. از مزایای استفاده از ریکوپراتورها می‌توان موارد زیر را نام برد:

- کاهش مصرف سوخت
- کاهش مصرف هوای اضافی جهت احتراق
- امکان استفاده از دمای بیشتر شعله
- افزایش سرعت احتراق
- کاهش اکسیداسیون در دودکش
- جلوگیری از احتراق ناقص سخت

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴-۲-۳- لوله‌های گرمایی (Heat Pipes)

یک لوله گرمایی یک لوله سربسته و خلاء می‌باشد که حاوی مقداری مایع می‌باشد و در اثر گرما و سرما بترتیب در داخل آن عمل تبخیر و تقطیر بصورت مداوم صورت می‌گیرد و بدین ترتیب انتقال گرما از سیال گرم به سیال سرد، صورت می‌گیرد. هر لوله گرمایی از سه قسمت تشکیل می‌گردد:

- لوله سربسته (Container)
- سیال داخل لوله (Fluid)
- فتیله (Wick)

شکل (۴-۴) ساختمان یک لوله گرمایی را نشان می‌دهد:

جنس لوله، سیال داخل و فتیله باید با هم همخوانی داشته باشد تا لوله گرمایی بتواند بصورت مداوم عمل نماید در غیر اینصورت پس از مدتی عملیات تبخیر – تقطیر در داخل لوله متوقف می‌گردد. شرایط سیال داخلی لوله بشرح زیر می‌باشد:

- همخوانی جنس سیال با جنس لوله و فتیله
- پایداری حرارتی سیال
- نفوذپذیری سیال در لوله و فتیله
- فشار بخار متعادل
- گرمای نهان تبخیر زیاد
- ضریب هدایت حرارتی زیاد
- ویسکوزینه کم مایع و بخار
- کشش سطحی زیاد
- نقطه انجماد قابل قبول
- قیمت مناسب

نامیده می‌شود که بصورت (Merit)پارامتری که خاصیت سیال داخل لوله گرمائی را تعیین می کند عدد مریت زیر تعریف می‌شود:

$$\mathbf{M} = \rho\lambda\delta / \mu$$

که در آن:

δ کشش سطحی مایع

ρ دانستیه مایع

λ گرمای نهان تبخیر مایع

$\mathbf{M}$ ویسکوزیته مایع

فتیـــلـــه(Wick)

فتیله جهت برگشت دادن سیال داخل لوله از قسمت تقطیر به قسمت تبخیر در دیواره داخلی لوله قرار داده می‌شود. فتیله باید دارای ضخامت و سوراخ‌های مناسب باشد تا این عمل بسرعت انجام گردد و خللی در کار لوله گرمایی پدید نیاید. همچنین فتیله باید با ظرف و سیال همخوانی داشته باشد و خاصیت جذب آب را نیز دارا باشد.

کاربرد لوله‌های گرمایی در صنایع جهت بازیافت انرژی تلف شده می‌باشد و می‌تواند جهت کنترل دما در راکتورهای تولید متان از دی‌اکسید کربن و هیدروژن بکار می‌روند. لوله‌های گرمایی همچنین در خنک کردن

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

تجهیزات الکتریکی و در سفینه‌های فضایی کاربرد فراوانی دارد. امروزه از لوله‌های گرمایی جهت انتقال گرمای داخل زمین به سطح زمین، ذوب کردن برف و یخ جاده‌ها استفاده می‌شود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴-۲-۴- زباله سوزها (Incinerators)

زباله‌سوزها نوعی از کوره‌های سوخت مایعات هستند که جهت کاهش حجم ضایعات جامد یا سوزاندن مایعات و گازهای قابل احتراق و بدون مصرف فرآیندهای صنعتی، بکار می‌روند. زباله‌سوزها در سال‌های اخیر کاربرد وسیعی در کشورهای صنعتی داشته و اغلب در موارد زیر بکار می‌روند:

- جهت از بین بردن گازهای سمی و آلاینده جهت جلوگیری از آلودگی محیط زیست
- جهت سوزاندن مایعات بدون مصرف و بازیابی مواد باارزش معدنی
- جهت از بین بردن ضایعات جامد مخصوصاً زباله‌های شهری درکشورهایی که مشکل خاک

کردن و از بین بردن لوله‌ها را دارند. شکل (۲-۹) دو نوع از زباله‌سوزها را نشان می‌دهد.

یکی از دستاوردهای استفاده از زباله‌سوزها تولید انرژی حرارتی با ارزش توسط احتراق مواد زائد می‌باشد. (جدول ۴-۲) میزان انرژی حاصل از احتراق مواد مختلف را بر اساس معادل لیتر سوخت بازای هر تن ضایعات نشان می‌دهد.

جدول (۴-۲) میزان انرژی حاصل از احتراق مواد جامد

مواد	میزان انرژی تولیدی (معادل لیتر سوخت بازای هر تن)
کاغذ (با ۱۵٪ رطوبت)	۲۸۶
چوب (با ۲۰٪ رطوبت)	۳۲۳
بی وی سی	۵۲۴
زغالسنگ	۶۵۶
پلی استرین	۸۷۰
لاستیک	۹۵۵

از مواد مصرف زباله‌سوزها جهت سوزاندن زباله‌های بیمارستانی می‌باشد که بعلت شیوع بیماری‌های واگیردار از بین بردن این ضایعات بطور معمول مجاز نمی‌باشد. میزان تقریبی انرژی حاصل از این مواد ۱۷/۴ می‌باشد. یکی از مشکلات استفاده از زباله‌سوزها از بین بردن آلودگی گازهای آلاینده خروجی از Mj/kg محفظه احتراق به محیط می‌باشد که سهم عمده‌ای در هزینه‌های ساخت و نصب زباله‌سوزها خواهد داشت لذا با توجه به قوانین جدید محیط زیست باید استفاده از این دستگاه‌ها با دقت و نظارت صورت پذیرد.

۴-۲-۵-دیگ‌های بخار بازیاب حرارت (Waste Heat Recovergy Boilers)

دیگ‌های بخار بازیاب حرارت نوع دیگری از تجهیزات بازیافت انرژی می‌باشند که انرژی حاصل از گازهای احتراق را بازیابی می‌نمایند. دو نوع از این دستگاه‌ها در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- دیگ‌های بخار بازیافت گرمای حاصل از گازهای احتراق
- دیگ‌های بخار بازیافت گرمای حاصل از سیال فرایند

نوع خاصی از این سیستم در واحدهای اولفین صنایع پتروشیمی استفاده می‌گردد. در این نوع که یک مبدل حرارتی پوسته و لوله می‌باشد از انرژی گازهای حاصل از شکست حرارتی تولید بخار با فشار بالا استفاده می‌نماید. بویلرهای بخار بازیافت حرارت همچنین بهمراه زباله‌سوزها یک فرایند کامل بازیافت انرژی را تشکیل می‌دهند و گازهای خروجی از محفظه احتراق پس از تبادل انرژی با قسمت‌های مختلف بخش جابجایی کوره، وارد مبدل‌های بازیافت حرارت شده و انرژی بازیابی شده را صرف تولید بخار با فشار بالا می‌کند (۱۲۰-۵۰ بار) شکل (۴-۵) شمای کلی یک دیگ بخار بازیاب حرارت را نشان می دهد.

۴-۳- نمونه هایی از بکارگیری سیستمهای بازیافت انرژی

۴-۳-۱- بازیافت حرارت از کوره‌های عملیات حرارتی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

با توجه به عملکرد سیستم کوره‌های عملیات حرارتی و بالا بودن درجه حرارت خروجی دودکش امکان استفاده از حرارت خروجی یا بازیافت حرارت جهت مقاصد مختلف وجود دارد.

جدول زیر دمای خروجی گازهای حاصل از احتراق در کوره‌های عملیات حرارتی و دبی گازهای حاصل از احتراق را پس از تنظیم نسبت سوخت به هوا نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است اعداد فوق در بار کامل در نظر گرفته شده است.

	دمای گازهای خروجی	دبی‌گازهای خروجی حال حاضر	دبی گازهای خروجی بعد از تنظیم سوخت به هوا
کوره عملیات حرارتی شماره I	°C ۳۵۳	Nm^3/hr۲۶۲۰	Nm^3/hr۱۲۸۰
کوره عملیات حرارتی شماره II	°C۷۶۲	Nm^3/hr۴۴۰	Nm^3/hr۴۴۰
کوره عملیات حرارتی شماره III	°C۴۰۰	Nm^3/hr۱۳۳۰	Nm^3/hr۷۷۰
کوره عملیات حرارتی شماره V I	°C۷۹۶	Nm^3/hr۸۳۰	Nm^3/hr۵۲۰
جمع	۵۰۰ متوسط	Nm^3/hr۵۲۲۰	Nm^3/hr۳۰۱۰

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

به منظور محاسبه بار حرارتی موجود در گازهای حاصل از احتراق با توجه به دبی‌گازهای خروجی پس از ۲۰۰ در نظر گرفته شده $^{\circ}C$تنظیم نسبت سوخت به هوا ، دمای گازهای خروجی بعد از استفاده از سیستم بازیافت است.

جدول زیر حرارت موجود در گازهای خروجی و پتانسیل بازیافت حرارت با در نظر گرفتن دمای ۲۰۰ پس از بازیافت و راندمان ۷۰٪ سیستم بازیافت را نشان می‌دهد.$^{\circ}C$

	کل حرارت موجود در گازهای خروجی(Mj/hr)	پتانسیل قابل بازیافت با راندمان ٪۷۰(Mj/hr)
Iکوره عملیات حرارتی شماره	۶۴۰	۲۰۰
IIکوره عملیات حرارتی شماره	۴۹۰	۲۹۰
IIIکوره عملیات حرارتی شماره	۴۴۰	۱۶۰
IVکوره عملیات حرارتی شماره	۶۰۰	۳۲۰
جمع	۲۱۷۰	۹۷۰

بنابراین در صورت استفاده از سیستم بازیافت حرارت از کوره‌های عملیات حرارتی که می‌توان به منظرو پیش‌گرمایش قراضه، تولید آب گرم مصرفی کارخانه و یا پیش‌گرم نمودن هوای سر مشعل ها، می‌تواند به میزان ۲۹ خواهد شد.Nm^3/hr ۹۷۰ از تلفات انرژی کاسته شود که با توجه به ارزش حرارتی گاز مصرفی برابر MJ/hr با در نظر گرفتن ۱۸ ساعت کارکرد کوره‌ها در بار کامل ۲۵۳ روز کاری

۱۳۲۰۰۰ = صرفه‌جویی سوخت ناشی از بازیافت حرارت$Nm^3/Year$

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴-۳-۲- بازیافت حرارت از دودکش دیگهای بخار در صنایع قند و شکر

یکی از روش‌های متداول در کارخانجات قند جهت بالا بردن راندمان انرژی بازیافت حرارت از کوره‌های به واحد IV و IIIبخار جهت استفاده در تفاله خشک‌کنی می باشد. در این کارخانه با توجه به نزدیکی بویلرهای تفاله خشک کنی استفاده از گازهای دودکش این دو بویلر مورد مطالعه قرار گرفته است.

۴۰ در نظر گرفته °Cجدول زیر دبی‌گازهای دودکش به همراه دمای مربوط را نشان می‌دهد. دمای محیط شده است.

	دبی گازهای دودکش	دمای گازها	انرژی موجود (Mj/hr)
IIIبویلر	Nm^3/hr۴۸۰۰۰	°C۲۳۰	۱۳۰۰۰
IVبویلر	Nm^3/hr۴۶۷۰۰	۲۱۸	۱۱۹۰۰
جمع	۹۴۷۰۰	-	۲۴۹۰۰

با در نظر گرفتن کارکرد غیر یکنواخت بویلرها و به دنبال آن کاهش گازهای دودکش در بدترین شرایط، راندمان ۷۰٪ برای بازیافت در نظر گرفته می‌شود:

۱۷۴۳۰ = انرژی قابل بازیافتMj/hr ۴۸۰ = Lit/hr

با توجه به ۱۲۰ روز کاری برای دوره چغندری میزان سالیانه صرفه‌جویی

۱۳۸۳۰۰۰ = سوخت سالیانه صرفه‌جویی شده Lit/year

۲۱۰۰۰۰۰۰ = صرفه‌جویی ریالیRial/year

با توجه به بررسی انجام شده میزان سرمایه‌گذاری در حدود ۱۱۰۰۰۰۰۰ تومان می باشد که بازگشت سرمایه‌ای در حدود ۵ سال خواهد داشت. با در نظر گرفتن اینکه کارخانه در آینده نزدیک برنامه گازسوز کردن واحدهای خود را دارد این سرمایه‌گذاری به مراتب کمتر شده و زمان بازگشت سرمایه به حدود ۲ تا ۳ سال خواهد رسید.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴-۴- سیستمهای تولید مشترک برق و حرارت

۴-۴-۱- تولید همزمان برق و حرارت (CHP) چیست ؟

معمولاً برق مورد نیاز واحدهای صنعتی، ساختمان‌های تجاری و ساختمان‌های مسکونی از نیروگاه‌های عمده کشور تأمین می‌شود. در حالیکه 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 است. 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، بویژه در سال‌های اخیر، فناوری تولید مشترک برق و حرارت ، که بهره‌وری بالایی را در مصرف انرژی بدنبال دارد، به سایر مولدهای تولید قدرت (مکانیکی یا الکتریکی) گسترش داده شد. بعبارت دیگر امروزه می‌توان با پیشرفت‌های صورت گرفته، هر سیستم مولد قدرتی با هر اندازه و کاربرد را بصورت یک واحد مشترک طراحی نمود. به این ترتیب علاوه بر تولید توان الکتریکی یا مکانیکی توسط دستگاه، امکان استحصال حرارت اتلافی مولد یا موتور بصورت انرژی گرمایی قابل استفاده وجود دارد.

امروزه بدلیل 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 بجای اصطلاح دیر آشنای **Cogeneration** از عنوان " سیستم ترکیبی حرارت و قدرت" **Combined Heat & power (CHP)** استفاده می‌شود.

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

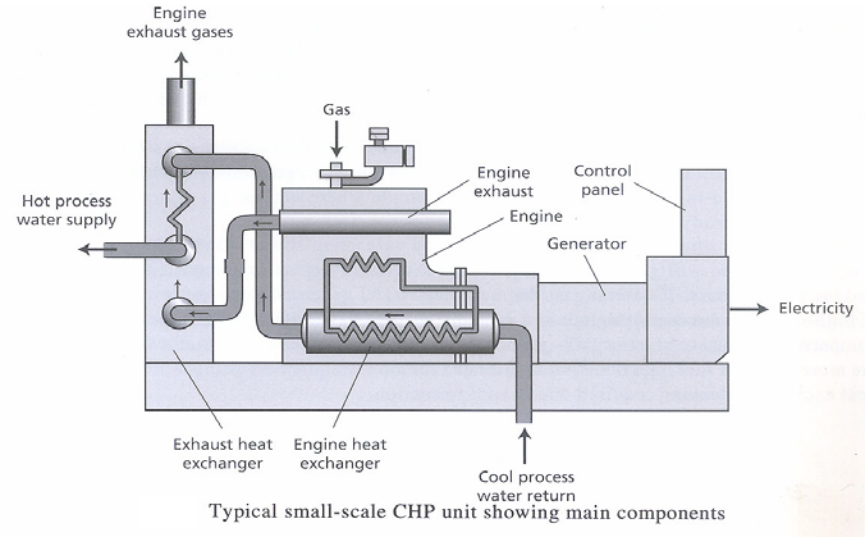
همانطور که گفته شد سیستم‌های **CHP** غالباً برای تولید برق و حرارت بصورت همزمان طراحی می‌شود. یک محرک اولیه (موتور یا توربین) انرژی شیمیایی سوخت را آزاد نموده و به توان مکانیکی در محور خروجی تبدیل می‌کند. در این موارد، محور محرک با یک ژنراتور کوپل شده و توان الکتریکی تولید می‌شود، از طرف دیگر، حداکثر راندمان موجود برای محرک اولیه دستگاه و مولد کمتر از ۵۰٪ است و این به معنی اتلاف بیش از نیمی از انرژی سوخت بصورت حرارت می‌باشد.

در این نوع سیستم، منابع اتلاف این حرارت، که عبارتند از گازهای خروجی از محرک اولیه، سیکل خنک‌کن و روغن روغنکاری ،شناسایی شده و با قرار دادن مبدل‌های حرارتی، گرمای اتلافی بشکل حرارت با دمای بالا (حرارت قابل استفاده) بازیافت می‌شود. با فراهم شدن امکان

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

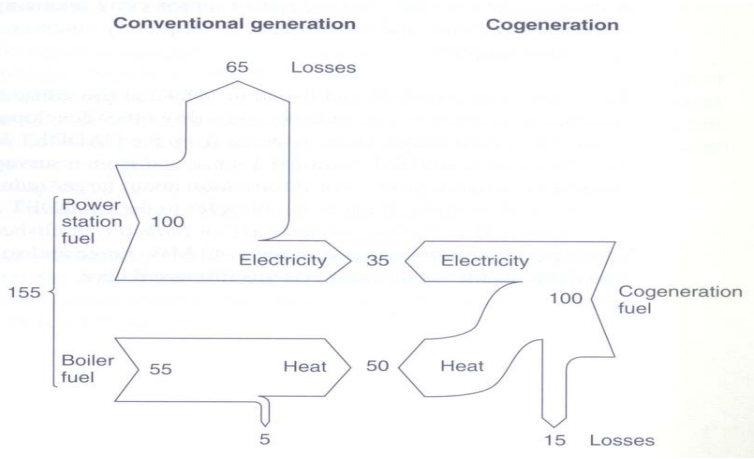
استحصال حرارت اتلافی در سیستم تولید مشترک برق و حرارت خصوصیات منحصر بفرد این سیستم بدست می‌آید.



Typical small-scale CHP unit showing main components

شکل ۴-۶- نوعی سیستم تولید مشترک برق و حرارت که مؤلفه‌های اصلی را نشان می‌دهد

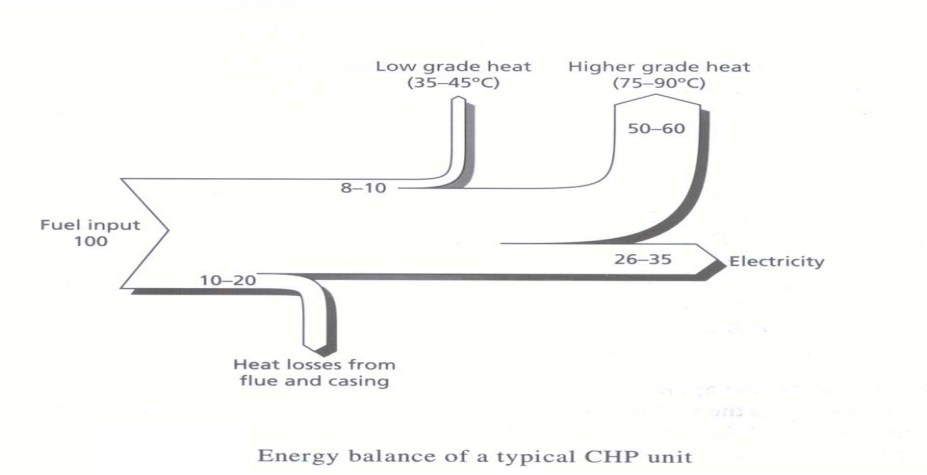
دستگاه CHP بیشترین بهره‌وری در مصرف انرژی سوخت را دارد. به گونه‌ای که متوسط راندمان یک مولد برق در حدود ۳۵٪ و متوسط راندمان یک بویلر ۹۰٪ است. در حالیکه یک سیستم CHP با تولید هر دوی این محصولات راندمانی بیش از ۸۵٪ دارد. یعنی راندمان الکتریکی آن حدود ۳۵٪ و راندمان حرارتی (منظور از راندمان حرارتی عبارتست از انرژی حرارتی تولید شده به انرژی سوخت مصرفی) ۵۰٪ است. از طرف دیگر در مقایسه با سیستم‌های تولید برق و تولید حرارت متشابه رایج که بصورت مجزا هستند، حدود ۳۵٪ سوخت کمتری مصرف می‌کند.



شکل ۴-۷- مقایسه یک واحد CHP با نوع متداول

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org



Energy balance of a typical CHP unit

شکل ۴-۸- بالانس انرژی یک واحد تولید مشترک برق و حرارت

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

کاهش در مصرف سوخت، هزینه سوخت مصرفی را در سبد اقتصادی واحد کاهش می‌دهد. همچنین از دید ملی، این صرفه‌جویی در مصرف سوخت می‌تواند چه از طریق صادرات و چه از طریق فراهم آمدن شرایطی برای استفاده‌های سودمندتر از سوخت فسیلی مزیت محسوب شود. بعلاوه استفاده هر چه کمتر از سوخت‌های فسیلی باعث کاهش آلاینده‌های محیط زیست می‌شود. سیستم‌های **CHP** نه تنها توسط فیلترهایی از آزاد شدن آلاینده‌هایی مانند NO_x ، CO_2 ،CO و **UHC** جلوگیری می‌کند، بلکه کاهش ۳۵ درصدی سوخت در این دستگاه‌ها نقش بزرگی در کم شدن تولید آنها دارد.

سیستم **CHP** در زمینه‌های مختلف صنعتی و کشاورزی (بویژه گلخانه‌ها)، تجاری**(commercial)** و مسکونی **(residential)** استفاده می‌شود و بنابراین اندازه‌های متنوعی از آن وجود دارد.

اندازه سیستم **CHP** بر حسب توان الکتریکی تولیدی آن بیان می‌شود و در یک طبقه‌بندی رایج در سه طیف عمده تقسیم‌بندی می‌شود.

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

گرچه بطور قطع نمی‌توان زمینه استفاده **CHP** ها را بر این تقسیم‌بندی منطبق دانست اما عموماً اندازه‌های بیش از چند مگاوات را در بخش صنعت، کمتر از ^{Mwe} ۱ را در بخش تجاری و اندازه‌های کوچک را در مصارف خانگی استفاده می‌کنند. البته مجدداً لازم به یادآوری است که استفاده از **CHP** تنها در تولید برق و آب داغ یا بخار کم فشار محدود می‌شود و اتفاقاً در اندازه‌های بزرگتر آن از توان محور برای بکار انداختن کمپرسورهای چیلر، یخچال‌های صنعتی و یا هوای فشرده و از حرارت استحصالی برای گرمایش محیط بطور مستقیم، چیلرهای جذبی و حرارت مورد نیاز فرآیندهای صنعتی مانند خشک‌کن استفاده می‌شود.

بعد از بحران نفت در سال ۱۹۷۳ و افزایش قیمت نفت، کشورهای صنعتی با مشکل بزرگی مواجه شدند و راهکارهای جدیدی را برای رهایی از وابستگی به سوختهای فسیلی و صرفه‌جوئی 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 بکار بردند. از جملهٔ این فعالیتها می‌توان به مواردی همچون افزایش تولید زغال سنگ، استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعهٔ نیروگاههای هسته‌ای، صرفه‌جوئی در مصرف انرژی، عایقهای

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

حرارتی پیشرفته، افزایش کارآیی منابع حرارتی (بویلرها و. . .)، زباله‌سوزها 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 و بهبود می‌بخشد. البته حرارت بدست آمده بایستی کیفیت، مقدار و دمای بالا و کافی را برای آب گرم موردنیاز خانگی، تجاری و ساختمانهای عمومی یا بخار مورد نیاز صنایع را جهت فرآیندهای آن تأمین نماید. بنابراین دو کاربرد مهم برای حرارت سودمند وجود دارد :

۱ – گرمایش ناحیه یا بخش خاص (تجاری، مسکونی) **(CHP/DH)**

(Combined Heat and Power / District Heating)

۲ – استفاده در صنعت جهت فرآیندها **(CHP/IND)**

(Combined Heat and Power / for Industry)

که این مباحث در همان سال‌های ۱۹۷۳ و بطور کلی در دهه ۷۰ شکل جدی‌تری به خودگرفت و گامهای بلند و متعددی در این زمینه‌ها برداشته شد. البته مورد دوم از استقبال بیشتری (در کشورهای توسعه یافته) برخوردار بود.

حالت اول مربوط می‌شود به شبکه گرمایش ناحیه‌ای که حرارت تغذیه توسط آب داغ در دمای بین $80^{\circ}C$ - $150^{\circ}C$ صورت می‌پذیرد. در حالت دوم **(CHP/IND)** بخار داغ یا گازهای داغ (خروجی از توربین گاز یا بخار) گرمای مورد تقاضا را برآورده می‌نمایند.

در تعریف تولید مشترک حرارت و توان و استفاده از حرارت مفید، موارد زیر شامل این حرارت سودمند نمی‌گردد :

- آب گرمی که از کندانسور نیروگاه خارج شده و مصرف آن در بخش کشاورزی و استخر پرورش ماهی می‌باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- **زباله‌ها و آشغالهایی که بعنوان سوخت در نیروگاههای زباله سوز مورد مصرف قرار گرفته و تولید توان الکتریکی می‌نماید.**

اساساً تبدیل و تغییر نیروگاههای موجود یا طراحی نیروگاههای جدید CHP جهت فراهم آوردن و تولید حرارت مازاد به شکل سودمند و مفید در دمایی بالاتر از نیروگاههای مرسوم مورد نظر می‌باشد.

اگر چه تعداد زیادی طرحهای تولید مشترک حرارت و توان و استفاده از حرارت جهت فرآیندها (CHP/IND) در آمریکا و انگلستان وجود دارد و از نیروگاههای ویژه و خاص خود استفاده می‌کنند، اما کاربرد آن (CHP/DH) نسبتاً محدود می‌باشد. اما در چند کشور اروپایی تولید مشترک توان و حرارت برای کاربرد در گرمایش ناحیه‌ای کاربرد و استفادهٔ وسیع‌تری دارد.

در این فصل مفاهیم اساسی CHP بعنوان یک تکنولوژی بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح می‌شود. مزایای سیستم CHP برشمرده می‌شود و سیستمهایی که CHP در آن قابل اجرا و به صرفه می‌باشد، مطرح می‌شوند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴-۴-۲- تولید همزمان برق و حرارت (Cogeneration)

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

Cogeneration یا تولید همزمان می‌گویند.

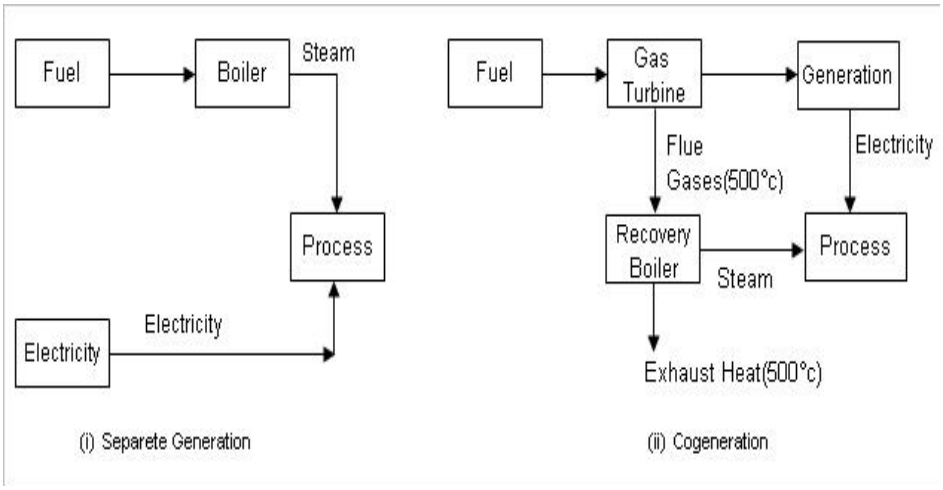
دو شکل مختلف انرژی عبارتست از :

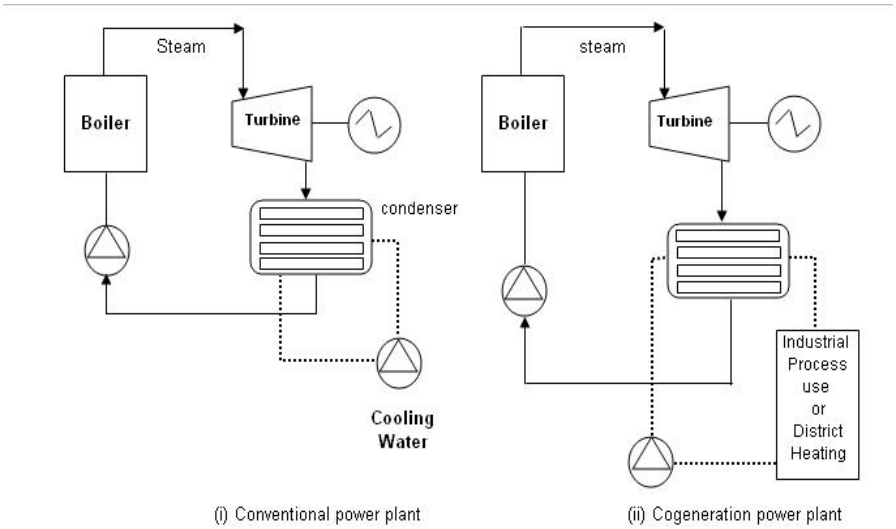
- انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی
- انرژی مکانیکی و انرژی حرارتی

کاربرد آن در بعضی از صنایع می‌باشد که همزمان به انرژی الکتریکی و بخار فشار پائین جهت فرآیند نیاز دارند. تفاوت بین سیستم تولید مشترک **(CHP)** و سیستم تولید مجزا و متداول در شکل شماره (۴-۹) نشان داده شده است. همچنین در شکل شماره (۴-۱۰) دو نیروگاه متداول و تولید مشترک مشخص شده است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org





شکل ۴–۱۰ – نمودار شماتیک نیروگاه تولید مشترک و متداول

مثال : کارخانه‌ای MW ۱۱/۷ انرژی نیاز دارد، که شامل ۱۰/۷۵ تن بخار فشار پائین و MW ۴/۷ انرژی الکتریکی می‌باشد. انرژی اولیه مورد نیاز برای یک سیستم تولید متداول، MW ۲۱/۷ می‌باشد. در حالیکه سیستم تولید مشترک، انرژی مورد نیاز کارخانه را تنها با MW ۱۵/۹ اولیه تأمین می‌نماید. بنابراین کارآیی کلی سیستم مجزای متداول ۵۴٪ درصد می‌باشد. در

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

حالیکه سیستم تولید مشترک راندمانی حدود ۷۴٪ دارد که مشخصات سیستم متداول بصورت جدول شماره (۱) می‌باشد.

۴-۴-۳- موارد کاربرد تولید مشترک برق و حرارت

در واحدهایی که بطور همزمان به حرارت و توان نیاز دارند، پتانسیل ایجاد تولید مشترک وجود دارد. البته در صورتیکه سیستم مصرف انرژی خصوصیات زیر را داشته باشد، صرفه‌جوئی قابل توجهی در هزینه انرژی بدست آمده و سیستم تولید مشترک جذاب‌تر و مقرون به صرفه‌تر خواهد بود.

مشخصات یک سیستم ایده‌آل برای نصب و اجرای تولید مشترک :

- نیاز حتمی به توان الکتریکی
- افزونی موارد استفاده انرژی حرارتی نسبت به انرژی الکتریکی
- الگوهای بار پایدار و ثابت انرژی حرارتی و الکتریکی.
- طولانی بودن ساعات بهره‌برداری فرآیند.
- قیمت بالای برق شبکه یا عدم دسترسی به شبکه.

انرژی حرارتی مورد نیاز به منظور اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد :

خشک کردن، پیشگرم نمودن، تولید بخار فرآیند، محرک تجهیزات بازیافت حرارت و تولید آب سرد، آب گرم، سیال داغ و غیره.

بعضی از دامنه‌های کاربرد کاملاً مؤثر سیستم تولید مشترک عبارتند از :

الف – تولید مشترک در Utility

- سرمایش و گرمایش منطقه‌ای

ب – تولید مشترک در صنعت

- صنایع غذایی
- صنایع دارو سازی
- صنایع کاغذ و مقوا

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- پالایشگاه و پتروشیمی
- صنایع نساجی
- صنایع فولاد
- صنایع سیمان
- صنعت شیشه
- صنعت سرامیک

ج – تولید مشترک در مؤسسات خانگی و تجاری

- بیمارستان
- دانشگاه
- هتل

همچنین برای تأمین برق و نیاز گرمایشی واحدهای مسکونی مانند آپارتمان‌ها، برج‌ها و حتی برای واحدهای مسکونی تک خانوار می‌توان از آن استفاده کرد. بعبارت ساده‌تر سیستم **CHP** برای واحدهایی که نیاز توأمان به برق و حرارت داشته باشند، مفید است.

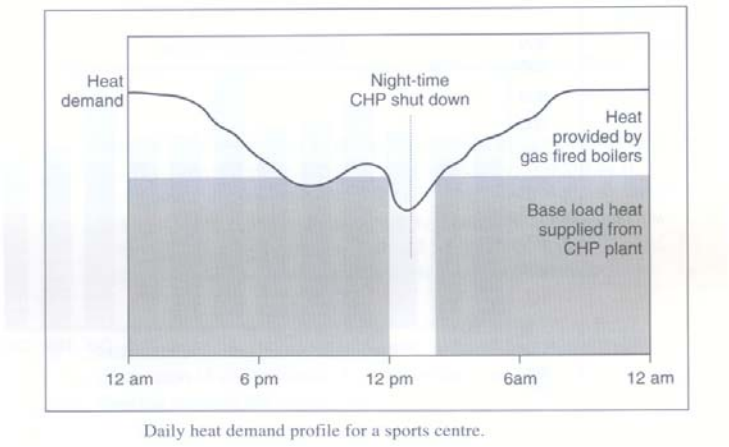
لذا برای ترویج فرهنگ استفاده از **CHP** شرکت‌های سازنده نیز برای جلب رضایت مشتریان و ساده‌تر شدن عرضه و خرید و نصب سیستم‌های **CHP** کوچکتر از ۱ Mwe آنها را بصورت پکیج شده **(packaqed)** تولید می‌کنند. به این ترتیب علاوه بر اطمینان مشتریان از سلامت دستگاه هنگام خرید، هزینه نصب و تعمیر و نگهداری آن نیز کاهش می‌یابد.

دانستن نیاز واقعی واحد مصرف‌کننده به برق و حرارت در انتخاب درست اندازه**CHP** و نحوه استفاده از آن تأثیر فراوانی دارد. یک سیستم **CHP** مطلوب به گونه‌ای است که حداقل ۴۵۰۰ ساعت در طول سال فعال باشد . (برای اندازه‌های **Mini CHP** تا ۳۰۰۰ ساعت نیز قابل قبول است.) و تا جایی که ممکن است روشن بودن آن مداوم باشد و پی در پی قطع و وصل نشود. این معیار اولیه در انتخاب اندازه **CHP** به گونه‌ای مؤثر است که عدم رعایت آن هزینه‌های مضاعفی را چه برای خرید دستگاه و چه برای تعمیر و نگهداری بر کاربر تحمیل می‌کند.

معمولاً سیستم **CHP** به تنهایی کاربرد ندارد، یعنی برای تأمین تمام نیاز واحد تنها **CHP** در نظر گرفته نمی‌شود. از نظر تولید برق در زمانهایی از **CHP** استفاده می‌شود که هزینه برق تولیدی در مقایسه با برق خریداری شده از شبکه مقرون به صرفه باشد. (لذا گاهی در برخی از ساعات شبانه‌روز خرید برق از شبکه مقرون به صرفه‌تر خواهد بود) .

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

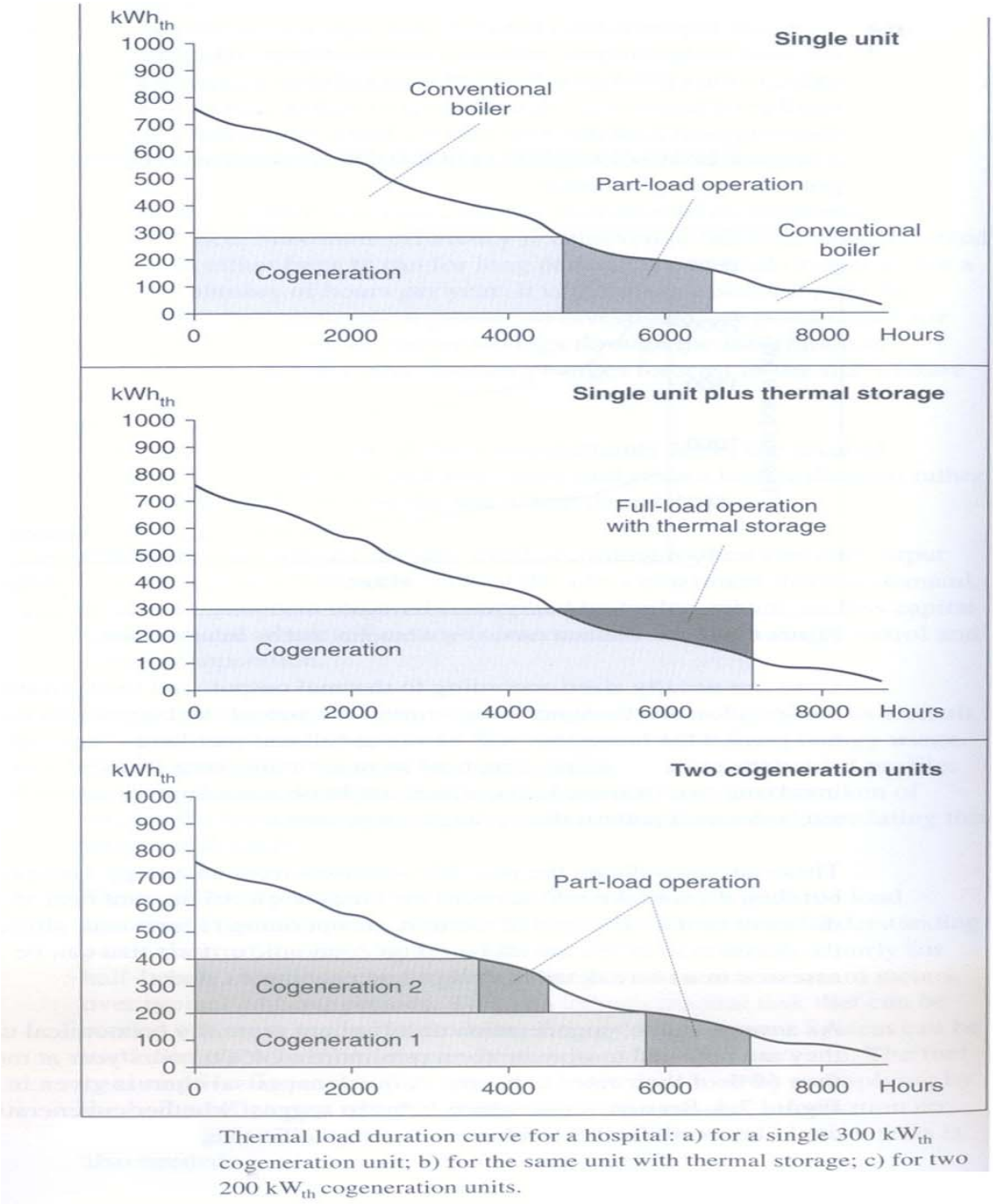


Daily heat demand profile for a sports centre.

شکل ۴-۱۱– نمودار تقاضای انرژی حرارتی روزانه برای یک مرکز ورزشی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org



Thermal load duration curve for a hospital: a) for a single 300 kW_{th} cogeneration unit; b) for the same unit with thermal storage; c) for two 200 kW_{th} cogeneration units.

شکل ۴-۱۲- مقایسه تولید مشترک برق و حرارت در حالت‌های مختلف در یک بیمارستان

۴-۵- مطالعه موردی استفاده از سیستمهای تولید مشترک برق و حرارت در صنایع

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴–۵–۱ – استفاده از CHP در یکی از شرکتهای صنایع شیر (میشل استون) در ایرلند.

این شرکت با استفاده از سیستم CHP به صرفه‌جوئی قابل توجهی دست یافته است، بطوریکه با نصب این سیستم تا ۳۰٪ مصرف انرژی را کاهش داده است.

سودمند بودن این سیستم در صرفه‌جوئی انرژی سالیانه‌ای است که اثرات آن در سالهای آتی نمایان‌تر خواهد شد.

در حال حاضر در ایرلند بیش از ۴۲ مورد سیستم CHP نصب شده است که محدوده تولید برق آنها از ۴۰ KW تا ۱۴ MW می‌باشد، که بیش از ۱۵ مورد تولید برق آنها در حدود ۱ MW و حتی بیشتر می‌باشد.

در این شرکت با یکپارچه کردن بخش غذایی و بخش کره پاستوریزه، کارآیی و بهره‌وری سیستم به شکل قابل توجهی افزایش یافت.

این شرکت برای نصب و استفاده از سیستم CHP با همکاری یکی از سازمانها که بعنوان مهندس مشاور فعالیتهای مقدماتی ممیزی انرژی را جهت استفاده از CHP برای دو کمپانی Dairy gold , Fingleton انجام داد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

بعد از تجزیه وتحلیل سیستم و تعیین میزان مصرف بخار و برق مورد نیاز، یک توربین گازی MW ٤/٧ انتخاب شد. دمای گازهای خروجی از توربین گازی در حدود ٥٤٠°C بود که با استفاده از حرارت اتلافی آن در بویلر بازیافت، بخار مورد نیاز تهیه می‌گردد. بطوریکه از بویلر بازیافت تا ۳۵٪ بخار مورد نیاز تأمین می‌شود و مابقی بخار مورد نیاز از مشعلهای اضافی تأمین می‌شود.

مشخصات توربین و بویلر استفاده شده در این شرکت به شرح زیر می‌باشد.

توربین

Centrax KB7	**نوع**
۴/۷ MW	**قدرت**
٪۲۹/۴	**راندمان برق تولیدی**
۱۴۵۰۰ Rpm	**سرعت توربین**
۱۵۰۰ Rpm	**سرعت ژنراتور**

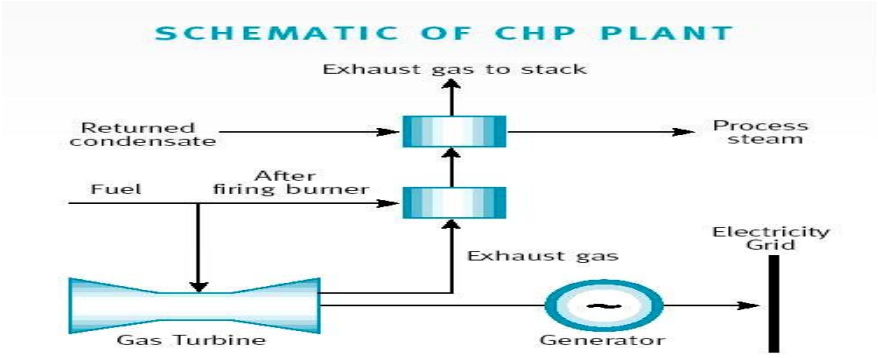
بویلر بازیافت

Wellmann Robey	**نوع**
۱۱/۵ Ton/hr	**خروجی بدون مشعل**
۲۳ Ton/hr	**خروجی با مشعل**
بیش از ٪۸۸	**راندمان کل**

نمای شماتیک CHP نصب شده در این شرکت بصورت زیر می‌باشد.

www.Parsbook.Org

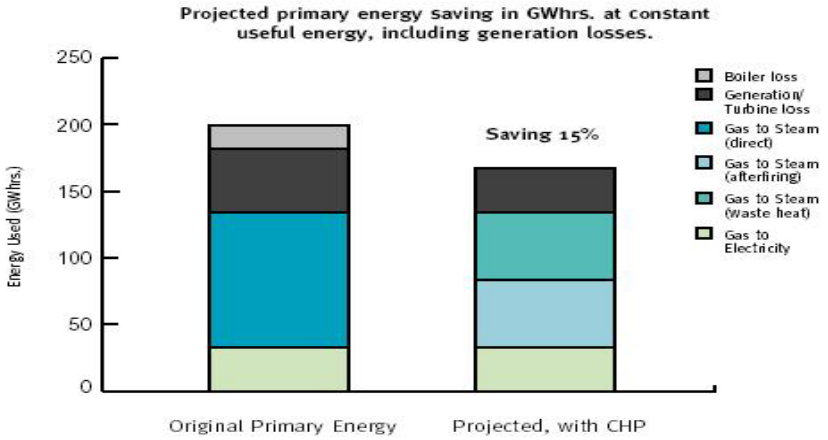
www.Parsbook.Org



شکل ۴-۱۳ – شماتیک CHP نصب شده

یک ساختمان جدید برای سیستم CHP و سرویس‌های جانبی (شامل بویلر بازیافت، سوئیچ‌گیر) ساخته شد.

در شکل زیر میزان صرفه‌جوئی انرژی و مصرف انرژی در دو حالت قبل از نصب CHP و بعد از آن نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۴ – مقایسه میزان صرفه‌جوئی انرژی بعد از نصب CHP

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

میزان صرفه‌جوئی انرژی

صرفه‌جوئی انرژی و میزان هزینه‌ها در نمودار زیر بصورت مختصر آمده است. همانطور که در شکل زیر ملاحظه می‌شود کل سرمایه‌گذاری انجام شده شامل (نصب سیستم CHP و کارهای عمرانی حدود ۳ میلیون پوند بوده است. بازگشت سرمایه بطور تقریبی در حدود ۳/۷ سال می‌باشد. البته با کمک‌هایی که توسط مرکز انرژی ایرلند انجام شد این مدت به ۳/۲ سال رسید. با توجه به شکلهای قبلی و شکل زیر میزان صرفه‌جوئی انرژی ۱۵٪ و میزان صرفه‌جوئی پوندی انرژی ۳۰٪ می‌باشد که نشاندهنده سودمند بودن نصب سیستم CHP می‌باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

فصل پنجم:

مدیریت مصرف انرژی در ساختمان

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

فصل ۵- مدیریت مصرف انرژی در ساختمان

مقدمه

مصرف انرژی در چند دهۀ اخیر بطور سرسام‌آوری افزایش یافته، که این افزایش از یکطرف نشانۀ رشد اقتصادی بوده و بیشتر به گردش افتادن چرخ‌های صنعت و در پی آن جابجا شدن کالاهای صنایع به نقاط مختلف و از طرف دیگر شاید به دلیل قیمت ارزان انرژی صورت می‌گیرد و بهمین دلیل صاحبان صنایع و مصرف‌کنندگان خصوصی در کشور ما در پی صرفه‌جویی و استفادۀ منطقی از آن نبوده‌اند. در بحران انرژی در سال‌های ۱۹۷٤ به بعد که با بالا رفتن قیمت نفت خام و قیمت انرژی، بطور کلی روند مصرف انرژی کمی تغییر کرد و کشورهای بدون نفت در مصرف آن بصورت سیستماتیک‌تر عمل نمودند. بهمین دلیل ممالک مصرف‌کنندۀ انرژی در جهت جایگزینی انرژی‌های جدید بجای انرژی فسیلی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و بهره‌برداری بهتر از انرژی‌های موجود گام برداشته‌اند.

استفاده منطقی از انرژی در رئوس اصلی کار کشورهای فاقد انرژی فسیلی قرار گرفت و بر آن شدند که در یکی از مراکز اصلی مصرف انرژی، یعنی ساختمان‌های مسکونی، مسئله بهینه کردن مصرف انرژی را جدی بگیرند، بدین ترتیب این مسئله مطرح شد و چندین سال است که کشورهایی مانند آلمان، سوئد، ایتالیا، انگلیس و ... قوانین خاصی در امر ساختمان‌سازی و بکار بردن عایق‌های حرارتی، بهبود روش گرمایش و سرمایش و ساختار کلی ساختمان در جهت بهینه کردن مصرف انرژی در آن تدوین نموده‌اند که لازم‌الاجرا می‌باشد. اجرای این موارد نتایج جالبی بدنبال داشته طوری که موفق شده‌اند با بکارگیری این قوانین تا حدود ۳۰٪ در مصرف

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

انرژی صرفه‌جویی نمایند. با توجه به ترازنامهٔ سال ۱۳۸۱، مصرف انرژی در بخش ساختمان‌های خانگی و تجاری ایران حدود ۴۰ درصد کل مصرف انرژی می‌باشد که صرفه‌جویی حدود ۳۰٪ در آن رقم بسیار قابل توجهی خواهد بود.

با توجه به اینکه کشور ما از صادرکنندگان انرژی به کشورهای مختلف است و هنوز ارزش واقعی آن از مصرف‌کنندگان وصول نمی‌شود. لذا مصرف‌کنندگان در پی صرفه‌جویی و یا استفادهٔ منطقی از آن نیستند. جهت جلوگیری از روند مصرف بی‌رویه انرژی در ایران اقدامات اساسی از طرف دولت جمهوری اسلامی باید بصورت قوانین همگانی صورت بگیرد. یکی از اقدامات کنترل ساختار ساختمان‌های جدید مسکونی می‌باشد که باید تحت شرایط معینی که در آن کاهش مصرف انرژی مدنظر باشد. صورت بگیرد.

در مورد ساختمان‌های فعلی که در حال استفاده می‌باشند و از نظر مصرف انرژی در وضعیت خوبی قرار ندارند، باید تعمیرات اساسی در آنها انجام شده و یا اصولی در آنها پیاده شده که از نظر مصرف انرژی منطقی گردند. جهت شناختن اینکه ساختمانی از نظر اتلاف انرژی در چه سطحی است، باید روشی در دست باشد که طبق آن بتوان ساختمان را محک زد و منابع اتلاف آنرا شناسائی نمود. در این جزوه روشی ارائه می‌شود که طبق آن منابع اتلاف انرژی در یک ساختمان مسکونی تعیین می‌شود. ضمناً راهکارها و توصیه‌هایی در مورد جلوگیری و یا کاهش مصرف انرژی در اینگونه ساختمان‌ها نیز ارائه شده است. تهیه این جزوه بر مبنای مطالعاتی در مواردی از قبیل وضع ظاهری ساختمان، تأسیسات گرمایی و سرمایی، روشنایی، پوشش‌های ساختمان، عملیات بازیافتی و غیره می‌باشد که ذیلاً به شرح آنها خواهیم پرداخت.

۵-۱- مبانی مدیریت انرژی در ساختمان

۵-۱-۱-روش شناسایی منابع اتلاف انرژی در ساختمان‌های مسکونی

جهت شناخت منابع اتلاف انرژی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری لازم است بررسی انرژی کلی (ممیزی انرژی) در آنها صورت گیرد و نتایج حاصل از آن را با یک الگوی نسبتاً ایده‌آل از یک نمونه کلی ساختمان مقایسه نمود. تا منابع اتلاف انرژی مشخص گردد و در جهت رفع آن اقدامات لازم بعمل آید.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

بررسی انرژی اگر بصورت درست انجام شود و طبق یک دستورالعمل معین و حساب شده‌ای صورت پذیرد، می‌تواند بعنوان یک خط راهنما برای آنهایی که مسئولیت کنترل مصرف انرژی را دارند باشد و آنانرا در جهت مسئولیتشان دقیقاً راهنمایی کند. برای تأمین یک الگوی مناسب و نسبتاً ایده‌آل برای ساختمان‌ها از نظر مصرف انرژی، باید از تمام زوایا به ساختمان توجه نمود و با بررسی و مطالعات دقیق نکات مهم از دید اتلاف انرژی در ساختمان‌ها را مشخص نمود. تا بتوان الگوی مورد نظر را بر مبنای این پارامترها استوار نمود. زوایای مهمی که در تأمین الگوی لازم جهت تعیین منابع اتلاف در ساختمان‌های مسکونی باید مد نظر داشت را می‌توان چنین پیشنهاد نمود.

۵-۱-۱-۱- تهیه وضعیت کمی مصرف انرژی

با توجه به اینکه مقدار مصرف انرژی (به تفکیک حامل‌های مختلف انرژی) در فصول مختلف سال متفاوت می‌باشد. لذا در این بررسی مقدار متوسط ماهانه ساختمان مورد توجه قرار خواهد گرفت. مقایسه مصرف انرژی ساختمان با مقدار استاندارد (استانداردهای مصرف حامل‌های مختلف) پتانسیل صرفه‌جویی را مشخص و با توجه به آن می‌توان در مورد انرژی Auditing تصمیم‌گیری نمود.

۵-۱-۱-۲- بررسی اجمالی ساختمان (Walk Through)

در این مرحله ممیز انرژی باید بطور اجمال ساختمان را مورد بررسی قرار داده و موارد زیر را شناسایی نماید.

- **تعیین وسایل لازم جهت اندازه‌گیری‌های مورد نیاز**
- **تعیین بخش‌های مختلف ساختمان از نظر میزان مصرف انرژی**
- **تعیین منابع اتلاف که به روشنی مشهود است**
- **بررسی وضعیت کنترل‌کننده‌های انرژی**
- **بررسی کلیه تجهیزات برقی**
- **بررسی نحوهٔ گردش هوا در ساختمان (Infiltration)**
- **تعیین ترکیب تیم تخصصی (آرشیتکت، مهندس برق، مهندس مکانیک)**

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۱-۱-۳- دست‌یابی به اطلاعات کلی ساختمان (مشخصات عمومی ساختمان)

دست‌یابی به اطلاعات کلی ساختمان ممکن است شامل مواردی چون مواد بکار رفته در ساختمان، اجزاء مختلف هر ساختمان و لوازم و گروه‌های موجود در ساختمان باشد. برای این منظور توسعه و افزایش درک بهتر از مواد مکانیک، شیمیایی، ترمودینامیکی، خواص نور و همچنین آشنایی با مواد تازه اختراع شده، مدل‌های تحلیلی برای بررسی خواص گرمایشی و سرمایشی مواد بکار رفته می‌تواند مفید باشد. همچنین مطالعاتی در مورد ترمودینامیک، رطوبت، نفوذپذیری دیوارها، سیستم‌های ایزولاسیون، اثر متقابل دیوارها و سقف و پنجره‌ها و تهویه می‌تواند در بررسی اثرات متقابل مؤلفه‌های پیرامونی ساختمان مؤثر باشد. در بحث مربوط به لوازم و دستگاه‌های موجود در ساختمان اثرات متقابل بین مؤلفه‌های گوناگون ساختمان تحلیل و آنالیز می‌شود. ترکیبی از مؤلفه‌های بیرونی ساختمان سیستم‌های مکانیکی و روشنایی تحلیل می‌شوند، تا اینکه بهترین ترکیب تحت شرایط مناسب آب و هوایی حاصل گردد. برای طراحان ساختمان جهت طراحی و انتخاب نیز سیستم‌هایی بسط یافته‌اند که با بکارگیری آنها می‌توان سنجیده‌تر در مورد حالت بهینه ساختمان تصمیم‌گیری نمود. فعالیت در زمینهٔ تجهیزات ساختمان نیز به مواردی چون، تجهیزاتی با شرایط مکانی قابل جایگزین، بهبود تجهیزات، فرآیندهای احتراقی، و تکنولوژی‌های روشنایی مربوط می‌شود. از طرفی بهبود فرآیندهای احتراقی شامل کنترل مخلوط سوخت و هوا، مواد ارزان قیمت برای مبدل‌های حرارتی که در محیط‌هایی با خوردگی بالا قرار دارد نیز می‌تواند مفید باشد. تحقیقات در مورد روشنایی ساختمان سابقهٔ طولانی داشته و مثلاً استفاده از لامپ‌های تخلیه و فسفری می‌تواند مفید باشد، گام دیگر در این جهت استفاده از لامپ‌های بدون الکترود می‌باشد.

بطور کلی جهت دست‌یابی به اطلاعات کلی ساختمان مواردی شامل پوشش‌های ساختمان (سقف، دیوارها، کف از نظر نوع و جنس) سطح زیربنا، سطح پنجره‌ها و دیوارها، سیستم مصرف انرژی از نظر سرمایش و گرمایش (HVAC)، فرم و جهت ساختمان، مشخصات اقلیمی (دما و رطوبت)، اندازه و موقعیت نورگیرها (جهت استفاده بهینه از انرژی خورشیدی)، عمر ساختمان و روشنایی ساختمان باید مورد توجه قرار بگیرد. در این جزوه، بیشتر روی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

موضوعاتی از قبیل پوشش‌های ساختمان، سیستم‌های تأسیساتی و نحوهٔ گردش هوا در ساختمان (Infiltration) روشنایی و انرژی خورشیدی که بسیار حائز اهمیت می‌باشند، متمرکز خواهیم شد و به ترتیب حول هر کدام از موارد یاد شده صحبت خواهیم کرد.

۵-۱-۲-پوشش‌ها و سطوح خارجی ساختمان

بطور کلی در کشورهای اروپایی که از نظر انرژی دارای مسئله می‌باشند و انرژی در آنها دارای ارزش می‌باشد از قبیل دانمارک، فرانسه، آلمان، هلند، ایتالیا، نروژ، سوئد و ... عموماً در سه مرحله بهبود وضعیت پوشش‌های ساختمانی را اجباری کردند و قوانینی در رابطه با نوع مشخصات مواد و مصالح ساختمان وضع نموده‌اند که در حال حاضر اجرا می‌شود. این سه مرحله عبارتند از:

مرحلهٔ اول: تا سال‌های ۱۹۷۰ کمتر کشورهای قوانینی در مورد عایق‌بندی ساختمان داشته‌اند و بیشتر کشورها این موضوع را نادیده گرفته بودند. در این سال‌ها بدلیل بحران انرژی قوانینی را در مورد عایق‌بندی ساختمان وضع نمودند و استانداردهایی را در این باره ایجاد کردند.

مرحلهٔ دوم: تا سال ۱۹۷۵ مقررات عایق‌بندی منجسم‌تر شده و ضرائب حرارتی عایق‌های بکار رفته در ساختمان‌ها بر اساس مطالعات و تحقیقات متخصصین عایقکاری کشورها تجدید گردید و همچنین ضرائب حرارتی عایق‌های ساختمان‌های دولتی و اداری را قانوناً از درجه بالاتری تعیین نمودند.

مرحلهٔ سوم: از سال ۱۹۸۰ قوانین در مورد آیندهٔ عایق‌کاری و همچنین استانداردهای برای انتخاب نوع ساختمان‌ها و نسبت‌های لازم برای ساختمان‌ها در نظر گرفته شده است که برخی از موارد عبارتند از:

- نسبت پنجره‌ها به سطوح خارجی در ساختمان‌ها از نظر کمینه کردن میزان افت حرارتی ساختمان بر اساس استانداردهای ساختمانی سوئد (SBN) که در حال حاضر در آن کشور اجرا می‌شود عبارتست از :

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

خانهٔ یک طبقه	٪۱۵
خانهٔ یک و نیم طبقه	٪۱۶
خانهٔ دو طبقه	٪۲۰
خانهٔ پنج طبقه	٪۲۳

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

➢ ضرائب انتقال حرارت قسمت‌های مختلف ساختمان در مراحل مختلف کامل شدن قوانین حاکم بر کنترل انرژی در ساختمان‌ها در کشورهای اروپایی در جدول (۵-۱) آمده است.

EURIMA جدول شماره (۵-۱)	ضریب انتقال حرارتی k به $W/m^2\,°C$								
قسمت‌های مختلف ساختمانی	مراحل مختلف	دانمارک	فرانسه	آلمان	هلند	ایتالیا	نروژ	سوئد	انگلستان
دیوار	۱	۰/۴۲	۱/۵۷	۱/۵۷	۱/۶۷	۱/۳۹	۰/۵۸	۰/۵۸	۱/۷۰
	۲	۰/۳۶	۰/۷۰	۰/۸۱	۰/۶۸	۱/۳۹	۰/۴۳	۰/۳۵	۱/۰۰
	۳	۰/۳۰	۰/۴۱	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۵۵
پنجره	۱	۳/۰۰	۵/۲۳	۵/۲۳	۵/۰۰	۶/۰۵	۳/۱۴	۳/۱۰	۵/۶۸
	۲	۳/۰۰	۳/۴۰	۳/۴۹	۵/۰۰	۶/۰۵	۲/۷۹	۳/۱۰	۵/۶۸
	۳	۲/۵۰	۲/۳۳	۳/۰۲	۲/۸۶	۳/۷۷	۲/۲۳	۲/۰۰	۵/۶۸
سقف	۱	۰/۳۷	۲/۹۱	۰/۸۱	۰/۹۷	۲/۰۳	۰/۴۷	۰/۴۷	۱/۴۲
	۲	۰/۲۷	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۶۸	۲/۰۳	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۶۰
	۳	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۳۸	* ۰/۶۲	۰/۳۲	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۳۵
کف	۱	۰/۵۵	۲/۳۳	۱/۰۱	۰/۹۷	۱/۴۷	۰/۴۰	۰/۴۷	۱/۰۰
	۲	۰/۵۱	۰/۸۰	۱/۸۳	۰/۹۷	۱/۴۷	۰/۳۵	۰/۴۰	۱/۰۰
	۳	۰/۳۰	۰/۷۱	۰/۴۷	۰/۹۷	۰/۷۰	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۵۰

* سقف شیب‌دار $W/m^2\,°C$ ۰/۴۸۰

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- ضرائب انتقال حرارت متوسط K_{ave} برای ساختمان‌های ۱ الی ۵ طبقه در مراحل مختلف که طبق رابطهٔ زیر بر حسب $W/m^2\,^{\circ}C$ در جدول شمارهٔ (۵-۲) بیان شده است.

EURIMA	ضریب انتقال حرارتی متوسط K به $W/m^{2\circ}C$ در سه مرحله برای انواع ساختمان‌های انتخابی											
جدول شماره (۵-۲)	یک طبقه			یک طبقه و نیم			دو طبقه			پنج‌طبقه		
مراحل	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
دانمارک	۰/۷۰	۰/۶۴	* ۰/۴۱	۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۴۳ *	۰/۷۲	۰/۶۶	* ۰/۴۹	۱/۰۶	۱/۰۱	۰/۶۵*
فرانسه	۲/۶۴	۰/۹۵	۰/۶۷	۲/۵۹	۰/۹۵	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۹۷	۰/۶۷	۲/۸۷	**۱/۳۵**	۰/۹۱
آلمان	۱/۵۰	۱/۰۴	۰/۷۰	۱/۵۴	۱/۰۵	۰/۷۰	**۰/۵۸**	۱/۰۷	۰/۷۲	۲/۲۰	۱/۴۴	۱/۰۷
هلند	۱/۵۴	۱/۲۱	۰/۹۵	۱/۵۹	۱/۱۹	۰/۸۸	۱/۶۲	۱/۲۲	۰/۹۴	۲/۲۱	۱/۷۹	۱/۲۲
ایتالیا	۲/۱۰	۲/۱۰	۰/۸۰	۲/۰۹	۲/۰۹	۰/۷۸	۲/۰۹	۲/۰۹	۰/۸۱	۲/۶۶	۲/۶۶	۱/۲۵
نروژ	۰/۸۴	۰/۶۱	۰/۴۴	۰/۸۳	۰/۶۱	۰/۴۵	۰/۸۶	۰/۶۳	۰/۴۶	۱/۲۰	**۰/۹۷**	۰/۷۵
سوئد	۰/۷۶	۰/۶۱	۰/۳۵*	۰/۷۷	۰/۶۱	۰/۳۸*	**۰/۷۸**	۰/۶۳	۰/۴۲*	۱/۱۵	۱/۰۱	۰/۵۲*
انگلستان	۱/۷۷	۱/۳۳	۰/۹۸	۱/۸۳	۱/۳۴	۰/۹۹	۱/۸۴	**۱/۳۸**	۱/۰۲	۲/۴۸	**۲/۰۶**	۱/۵۷

* بانضمام محدودیت‌های سطوح پنجره

$$K_{ave} = \frac{\text{دیوارها (K.A)} + \text{پنجره (K.A)} + \text{سقف (K.A)} + \text{کف (K.A)}}{\text{دیوارها A} + \text{پنجره A} + \text{سقف A} + \text{کف A}}$$

که در این رابطه A سطح، K_{ave} ضریب انتقال حرارت متوسط و K ضریب انتقال حرارت می‌باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

چنانچه از جدول پیداست بهبود درجات عایقکاری از مراحل (۱) به (۳) تا به حال در اکثر کشورها کاملاً آشکار بوده و رشد مورد انتظار عدد قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. اجباری شدن این استانداردها در کشور ما نیز با رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان می‌تواند، اثرات مطلوبی در کاهش مصرف انرژی ساختمانها داشته باشد.

یکی از مهمترین پارامترهایی که در اتلاف انرژی ساختمان دخالت دارد. نوع پوششهای ساختمان (Envelope) می‌باشد. این پوشش‌ها عبارتند از پنجره‌ها، دیوارها، سقف و کف، انتقال حرارت از این سطوح بطریقهٔ هدایتی و یا نفوذ حرارت از شکاف‌های کوچک ایجاد شده در سطوح و از طریق جابجایی هوا بداخل و خارج ساختمان انجام می‌گیرد.

جهت جلوگیری اتلاف حرارتی از پوشش‌های ساختمان، باید مهترین پارامتر در انتقال حرارت یعنی ضریب انتقال حرارت (K) پوشش‌ها مورد بررسی قرار گیرد. هر قدر این ضریب کمتر باشد، مقدار اتلاف حرارت از ساختمان کمتر می‌گردد و نتایج مطلوبتری حاصل می‌شود. به دلیل مقاومت مکانیکی مصالح بکار برده شده در پوشش‌های ساختمان شاید نتوانیم مقاومت حرارتی آنها را زیاد تغییر دهیم. اما می‌توان برای رفع این اشکال از عایق‌های حرارتی در پوشش‌های ساختمان استفاده نمود. منابع و مراجع معتبر نشان می‌دهند که عایق کردن دیوارها و سقف‌های ساختمان (تا حدود ۱۵ mm ضخامت) اثر زیادی در بار انرژی، جهت خنک کردن ساختمان‌ها در تابستان دارد. این اثر شامل ۲۷٪ کاهش بار انرژی در فصل گرما بوده و همچنین باعث کاهش بار انرژی گرمایی در فصل سرما می‌باشد که بطور متوسط در طول سال حدود ۲۷٪ از مصرف انرژی سالانه ساختمان را می‌کاهد. با توجه به اینکه مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی و تجاری در ایران معادل رقم $۱۵۶/۶ \times ۱۰^{۶}$ بشکه معادل نفت خام در سال می‌باشد. با عمل عایق‌کاری درست در ساختمان‌ها، حدوداً $۴۲/۳ \times ۱۰^{۶}$ بشکه معادل نفت خام در سال صرفه‌جویی می‌گردد.

اگر فرض کنیم که همه مصرف فرآورده‌های نفتی در ساختمان، سه چهارم گاز طبیعی مصرفی در ساختمان و ۵٪ برق مصرف خانگی صرف گرم کردن ساختمان بشود، آنگاه می‌توان محاسبات را به شرح زیر نوشت:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

بشکه نفت خام در سال $۱۰^{۶} \times ۲۹/۴۳ = ۰/۲۷ \times ۱۰^{۶} \times ۱۲۵/۱$: صرفه‌جویی در مصرف فرآورده‌های نفتی

بشکه نفت خام در سال $۱۰^{۶} \times ۱۲/۵۷ = ۰/۲۷ \times ۱۰^{۶} \times ۶۲/۰۷$: صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی

بشکه نفت خام در سال $۱۰^{۶} \times ۰/۳ = ۰/۲۷ \times ۰/۰۵ \times ۱۰^{۶} \times ۲۱/۸۹$: صرفه‌جویی در مصرف برق

بشکه نفت خام در سال $۱۰^{۶} \times ۴۲/۳ = ۱۰^{۶} \times ۰/۳ + ۱۰^{۶} \times ۱۲/۵۷ + ۱۰^{۶} \times ۲۴/۴۳$: صرفه‌جویی کلی مصرف انرژی گرمایشی در ساختمان

- **میزان عایق‌کاری: میزان عایق‌کاری با توجه به اقلیم‌های مختلف متغیر بوده و بستگی به درجه حرارت محیط خارج ساختمان و مقدار مقاومت حرارتی عایق دارد. دمای محیط خارج که در کنترل طبیعت می‌باشد. لکن می‌توان مقاومت حرارتی عایق را تغییر داد تا از تلفات انرژی جلوگیری نمود. هر قدر این مقاومت بزرگتر باشد صرفه‌جویی در انرژی بیشتر می‌گردد. مقدار مقاومت حرارتی عایق‌ها در کشورهای مختلف که در طراحی و محاسبات منظور می‌نمایند مختلف می‌باشد. بطور کلی این ضرائب حرارتی برای سطوح مختلف منجمله سقف‌ها و دیوارها و کف‌ها تعیین شده است و در برخی کشورها اجرای آنها اجباری می‌باشد. لذا در امر جلوگیری از اتلاف انرژی در ساختمان‌ها نیز موفق بوده‌اند. افزایش میزان مقاومت حرارتی عایق‌های استفاده شده در پوشش‌های ساختمان هزینهٔ بیشتری را می‌طلبد ولی این بدان معنا نیست که ارتباط بین این دو رابطه خطی باشد. بلکه در برخی موارد می‌توان در قبال مخارج بسیار جزئی با بکارگیری عایق خیلی بهتر (مقاومت حرارتی بالاتر) نتیجهٔ بسیار خوبی در کاهش مصرف انرژی گرفت. در بعضی تکنیک‌های عایق‌کاری که در آنها سوپر عایق مصرف می‌شود. رقم بسیار زیادی در مصرف انرژی را صرفه‌جویی می‌کنند.**
- **انتخاب مصالح عایق حرارتی: برای عایق حرارتی مصالح مختلفی می‌توان بکار برد. میزان عایق حرارتی اصولاً به مقاومت حرارتی قسمت‌های مختلف ساختمان بشرح زیر بستگی دارد.**

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

الف : مصالح بکار رفته، ضریب انتقال حرارتی مصالح بکار رفته در جدار ساختمان بستگی به ضخامت آنها، میزان رطوبت و وزن مخصوصشان دارد.

ب : سطوح داخلی و خارجی، مقاومت حرارتی سطوح مطابق زیر می‌باشد:

مقاومت حرارتی سطح داخل:	سطوح	مقاومت حرارتی $(m^{2\circ}c/w)$
	دیوارها	۰/۱۲
	کف	۰/۱۵
	سقف‌ها	۰/۱۱

مقاومت حرارتی سطوح خارجی :	دیوارها $(m^{2\circ}c/w)$	بام‌ها $(m^{2\circ}c/w)$
طبقات اول و دوم	۰/۸	۰/۷
طبقات سوم، چهارم و پنجم	۰/۵۳۷	۰/۴۴
طبقات ششم به بالا	۰/۲۷	۰/۱۸

در انتخاب مصالح برای نواحی مرطوب بایستی عایق‌کاری رطوبت نیز انجام گردد. زیرا در نواحی مرطوب که درجه رطوبت نسبی هوا بالاست باید به فکر عایق بخار نیز بود. زیرا تعریق بخار آب در مصالح باعث کاهش کارآیی حرارتی آنها شده و در دیوارهای حفره‌دار باعث زنگ زدگی فلزات بکار رفته در آنها می‌شود که نتیجتاً راندمان حرارتی و قدرتی آنها را کاهش می‌دهد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

➢ پیشنهاداتی در مورد عایق‌کاری حرارتی

الف : طبقهٔ همکف :

در کف طبقهٔ همکف معمولاً بتن‌ریزی بر روی قلوه‌سنگ‌ها انجام می‌گیرد و این روش عایق خوبی بوده و احتیاج به عایق‌کاری اضافی ندارد. بیشتر اتلاف حرارت در کف از کنارهٔ دیوارها انجام می‌گیرد، لذا عایق‌کاری در کف باید در کنارهٔ دیواره‌ها انجام شود. عایق‌کاری حرارتی بایستی روی عایق‌کاری رطوبتی انجام بگیرد.

سقف طبقهٔ همکف که کف طبقه اول می‌باشد و مانند سقف پارکینگ‌ها به هوای سرد راه دارد. باید عایق‌کاری حرارتی بشود که می‌توان برای اینکار از پشم شیشه یا پشم سنگ استفاده نمود و آنها را بصورت یکپارچه انجام داد. در مناطق مرطوب بهتر است عایق راه تنفس داشته باشد تا از پوسیدگی آن جلوگیری شود.

ب : دیوارهای خارجی:

با دو لایهٔ آجرچینی و یا یک لایه آجرچینی در خارج و یک لایه بلوک از بتن سبک در داخل می‌توان مقاومت حرارتی خوبی ایجاد نمود. برای بهتر شدن عایق‌کاری می‌توان بین دو لایه، فضایی خالی ایجاد نمود. عایق‌کاری باید بعد از اینکه دیوارها کاملاً خشک شد صورت گیرد.

ج : پنجره‌ها :

پنجره‌هایی با یک لایه شیشه از نظر مقاومت حرارتی ضعیف بوده، گرما از میان شیشه خیلی سریع‌تر از کف طبقهٔ همکف که مجاور زمین است عبور می‌کند. شیشه هر قدر که برای ساختمان لازم است ولی دشمن صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌باشد. بهرحال بایستی برای سطوح شیشه‌ها محدودیت‌هایی در نظر گرفت. پنجره‌های دو شیشه‌ای از نظر عایق بودن خیلی بهتر بوده و فرار گرما، از آنها حدود نصف پنجره‌های یک جداره است و منطقهٔ سرد اطراف آنها از بین می‌رود و خطر تعریق روی آنها کاهش می‌یابد. اما از نظر قیمت با صرفه نیستند. زیرا در خانه‌های معمولی نیمه‌چسبیده فقط باعث یک دهم صرفه‌جویی انرژی در کل می‌شود. در

پنجره‌های دو جداره برای عایق‌کاری حرارتی فاصلهٔ ۵۰ mm دو لایه باید طوری طراحی گردد که اولاً جلوی تعریق گرفته شود و در عین حال تمیز کردن شیشه از داخل نیز بسادگی امکان‌پذیر باشد. اگر فاصلهٔ دو لایه را به ۲۰mm برسانیم از نظر عایق بودن حرارتی تغییری بوجود نمی‌آید ولی از نظر عایق صوتی مؤثر می‌باشد. در بین جداره‌های پنجره‌های مدرن دوجداره از گاز آرگن نیز استفاده می‌شود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

د : بام‌ها :

بام‌های شیبدار که با شیروانی آهن سفید و یا سیمان پوشیده می‌شوند در فضای زیر خط می‌توانند یک عایق ضدپوسیدگی داشته باشند که بصورت پوشش یکپارچه‌ای باید کشیده شوند. این عایق بایستی دارای مقاومت حرارتی حدود $(m^{2o}\ c/w)$ ۰/۷۶ باشند. بام‌های صاف بتن یا تیرآهن بهتر است از دو رو عایق‌کاری شوند که در این صورت جسم بام گرم بوده و در صورت از کار افتادن احتمالی تأسیسات گرمایشی یا سرمایشی، درجه حرارت داخل ساختمان برای مدتی قابل قبول خواهد بود. صفحات پلی‌استایرن چه بصورت صاف و چه شیبدار نباید در جایی بکار روند که درجه حرارت آنها از ۸۰ درجه سانتیگراد بالاتر رود. در غیر اینصورت روی بام را باید با یک لایه منعکس‌کننده پوشانید.

برای جلوگیری از نفوذ بخار به عایق حرارتی، زیر آن را نیز باید با یک لایهٔ قیرگونی نم‌بندی کرد. عایق بام‌ها باید دارای مقاومت حرارتی $(m^{2o}\ c/w)$ ۰/۷ باشد.

هـ : انواع عایق‌ها :

عایق‌هایی که برای اتلاف انرژی بکار برده می‌شود، محدود می‌باشند که بطور اجمال به شرح آنها می‌پردازیم.

پشم شیشه : الیاف حاصل از شیشه ذوب شده بصورت توپ پارچه یا تختهٔ پتو یا مقاومتی در حدود $(m^{2o}\ c/w)$ ۳ برای هر اینچ ضخامت .

پشم معدنی یا پشم سنگ: الیافی حاصل از ذوب سنگ‌ها تا حدی شبیه پشم شیشه و با همان مقاومت.

الیاف سلولزی : ساخته شده از پلی‌استایرن و پلی‌اورتان با مقاومتی برابر $m^{2o}\ c/w$ ۴ تا $m^{2o}\ c/w$ ۶ در هر اینچ ضخامت، ولی قابل اشتعال بوده و باید از آتش دور نگهداشته شود.

کف پلی اورتان: بیشتر در میان دیوارهای دو جداره بوسیله ماشین مخصوصی با فشار داخل جدار می‌شود. مقاومت آنها بیش از $m^{2o}\ c/w$ ۵ در هر اینچ ضخامت می‌باشد.

پارتیکل برد: از الیاف چوبی ساخته شده است و برای جلوگیری از نفوذ صدا نیز مناسب است. دارای مقاومتی برابر $m^{2o}\ c/w$ ۲/۶ در هر اینچ ضخامت می‌باشد.

۵-۱-۳- سیستم‌های روشنایی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

تجربه نشان داده است که بهره و کیفیت انجام بسیاری از کارها مخصوصاً کارهای ظریف با افزایش شدت روشنایی، بالا می‌رود. از طرفی افزایش شدت روشنایی مستلزم هزینه اجباری بیشتری است. لذا در انتخاب شدت روشنایی هم باید به راحتی و هم هزینه توجه شود. البته شدت روشنایی توصیه شده توسط مجامع مهندسین روشنایی در کشورهای مختلف متفاوت می‌باشد، ولی بطور متوسط شدت روشنایی در سطح خیابان حدود ۳۰ لوکس، در اتاق نشیمن حدود ۱۰۰ لوکس و در اتاق کار حدود ۳۰۰ لوکس می‌باشد. کمیته ملی روشنایی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای اغلب اماکن مانند محل‌های مسکونی،تجاری و صنعتی مقادیری برای شدت روشنایی حداقل یا کمینه پیشنهادی داده است که بطور کامل در جدول (۵-۳) ارائه شده است. همچنین در این جدول شدت روشنایی توصیه شده توسط جامعه مهندسین روشنایی آمریکا جهت مقایسه ذکر شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، ارقام ارائه شده برای آمریکا بیشتر از ارقام ارائه شده برای ایران می‌باشد.

جدول (۵-۳) مقادیر استاندارد شدت روشنایی اماکن و فضا ها با کاربری های مختلف

نوع محل مسکونی	شدت روشنایی کمینه (ایران)	شدت روشنایی پیشنهادی (ایران)	شدت روشنایی مجمع مهندسین روشنایی امریکا
اتاق نشیمن	۷۰	۲۰۰	۱۶۰
اتاق مطالعه	۱۵۰	۵۰۰	۳۲۰
آشپزخانه	۱۰۰	۲۰۰	۵۴۰
روشنایی عمومی اتاق خواب	۵۰	۱۰۰	-
روشنایی تختخواب و میز توالت	۲۰۰	۵۰۰	-
روشنایی حمام	۵۰	۱۰۰	-
آئینه اصلاح صورت	۲۰۰	۵۰۰	-
پلکان‌ها	۱۰۰	۱۵۰	-
راهرو سرسرا و آسانسور	۵۰	۱۵۰	-

با توجه به وضع نابسامان مصرف انرژی در کشور، در زمینه روشنایی معمولاً اصول رعایت نمی‌شود و عوارضی مانند درخشندگی بیش از حد میزهای کار، دیوارها و چشم‌زدگی و خستگی زودرس، سایه‌های ناراحت کننده و ضمناً افزایش هزینه را نیز بدنبال دارد. بمنظور حذف این موارد و کاهش مصرف انرژی در کشور توصیه شده که موارد زیر رعایت گردد:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱- پیشنهادی می‌شود بمنظور پی‌گیری جدی‌تر، مجمع مهندسان روشنایی ایران تأسیس شده تا ضمن مطالعات و بررسی‌های عمیق‌تر نسبت به مسئله روشنایی مقادیر استاندارد روشنایی در اماکن مختلف با توجه به سطح زندگی و آداب و رسوم خاص هر منطقه از کشور تأمین و پس از قانونمند شدن جهت اجرا به ارگان‌ها و سازمان‌های مربوطه ابلاغ گردد.

۲- پیشنهاد می‌شود با تربیت نیروهای متخصص در دانشگاه‌ها در زمینه مهندسین روشنایی، در امر طراحی و سیستم‌های روشنایی ساختمان‌ها از نظرات تخصصی افراد خبره نیز استفاده شده و حتی در امر ساخت و سازها تأییدیه مهندس روشنایی نیز بصورت اجباری برای اخذ پایان کار آورده شود.

۳- با توجه به پیشرفت علم روشنایی در زمینه محاسبات و لوازم و تجهیزات، پیشنهاد می‌شود نرم‌افزاری در این مورد تهیه و در طراحی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار بگیرد.

۵-۱-۴- پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان

در شرایطی که تابش کلی خورشید بر سطح عمود بر پرتو آفتاب باشد و آسمان نیز صاف (روز کاملاً آفتابی) باشد، می‌توان ایران را از نظر تابش خورشیدی به سه منطقه با تابش زیاد، متوسط و کم تقسیم می‌شود. سواحل دریای خزر، به علت ارتفاع کم از سطح دریا و بخشی از شمال خراسان و شمال آذربایجان به علت عرض جغرافیایی زیاد در شمار نواحی کم تابشی ایران می‌باشند. مناطق مرتفع غرب و جنوب ایران، جزو مناطق با تابش زیاد و بقیه سرزمین‌های کشور، جزو نواحی با تابش متوسط به شمار می‌روند. در فصل زمستان به علت برودت هوا (دیماه) میزان انرژی دریافتی در هر یک از مناطق کم تابش، متوسط و با تابش زیاد به ترتیب بین ۳/۵-۲ ، ۴/۵-۳/۵ و ۷-۵ کیلووات ساعت بر متر مربع می‌باشد.

همچنین از نظر میانگین سالانه، انرژی خورشیدی دریافتی روزانه در واحد سطح افق، نقاط مختلف کشور به چهار منطقه تقسیم می‌گردد، سواحل دریای خزر با عرض جغرافیایی زیاد، ارتفاع کم و پوشش ابرزیاد کم تابش‌ترین منطقه ایران است. ضمن آنکه، بطور متوسط روزانه ۲/۸ تا ۳/۸ کیلووات ساعت بر مترمربع سطح افقی، انرژی خورشیدی دریافت می‌کند. دومین منطقه تابش با رقمی بین ۳/۸ تا ۴/۵، شامل آذربایجان ، شمال خراسان و خوزستان است. بالاترین منطقه تابشی با رقمی بین ۵/۲ تا ۵/۴، شامل نواحی مرتفع جنوب و مرکزی ایران است (از شهر کرد تا جنوب استان فارس و استان کرمان) که به عنوان چهارمین منطقه تابشی کشور می‌باشد. بالاخره بقیه نقاط کشور، منطقه سوم تابشی هستند که از نظر مساحت، بزرگترین منطقه محسوب می‌شوند و بطور متوسط روزنانه ۴/۵ تا ۵/۲ کیلووات ساعت بر متر مربع سطح افقی انرژی خورشیدی دریافت می‌کنند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ایران از نظر انرژی خورشیدی از پتانسیل بسیار بالایی برخوردار است. رقم متوسط بیش از ۵ کیلووات ساعت بر متر مربع سطح افقی برای بیشتر مناطق کشور، رقم بسیار بالایی است که تنها معدودی ازکشورها، رقمی بالاتر از آن دارند. و برای استفاده از انرژی خورشیدی در مقایس کوچک (از قبیل استفاده گرمایشی و سرمایشی و ...) تمامی مناطق ایران دارای استعداد کافی برای این امر است. البته بررسی‌های اقتصادی لازم به منظور استفاده از انرژی خورشیدی بعنوان جایگزینی انرژی‌های متعارف نشان می‌هد که میزان هزینه یا سرمایه‌گذاری لازم برای این امر مستلزم وقت بیشتری است.

➢ استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان

آبگرم خانگی :

مساعدت‌ترین بخش برای کاربرد انرژی خورشیدی، بخش خانگی است. قسمت اعظم آبگرم مصرفی در این بخش می‌تواند توسط انرژی خورشید تأمین شود. در پاره‌ای از موارد انرژی خورشید برای تأمین آبگرم مصرفی مناسب نخواهد بود. از جمله مجموعه آپارتمان‌های بلند، مناطق جنگلی، خانه‌هایی که در جهت مناسب قرار ندارند و مناطق با تشعشات کم خورشید. ولی بهر صورت می‌توان بیش از ۶۰ درصد آبگرم خانگی را از طریق خورشید تأمین نمود. تکنولوژی آبگرمکن‌های خورشیدی کاملاً توسعه پیدا کرده و به درجه بالایی از بلوغ رسیده است. هر چند که آبگرم خانگی تها چند درصد (حدود ۲ درصد) از کل انرژی مصرفی را تشکیل می‌دهد ولی پرداختن به این مسئله بسیار مهم می‌باشد.

گرم کردن فضا :

گرم کردن فضا در اکثر نقاط ایران خصوصاً در مناطق سرد احتیاج به انرژی قابل ملاحظه‌ای دارد. و شاید یکی از اقلام مهمی باشد که می‌تواند با تکنولوژی موجود توسط انرژی خورشیدی تأمین شود. البته کار ساده‌ای نیست زیرا بسیاری از ساختمان‌های موجود برای این کار مساعد نیستند. علیرغم سیستم‌های آبگرم خانگی که دارای طرح تقریباً یکنواختی هست. طرح‌های مختلفی در این زمینه وجود دارند. مثلاً سیتم‌های هوا، سیستم‌های آبی ، سیستم‌های هوا - آب و سیستم‌های غیرفعال **(Passive)** . سیستم‌های آبگرم خانگی اقتصادی‌تر از سیستم‌های گرمایشی است. زیرا تنها فقط در فصل سرما مورد استفاده قرار می‌گیرند. تکنولوژی این سیستم‌ها، همانند آبگرم‌کن‌های خانگی است. البته کلکتورهای مسطح باید از یک کیفیت بالاتری برخوردار باشند. این کار توسط پوشش دو جداره، عایق بهتر و یا سطح انتخابی عملی خواهد شد. از آنجا که الکتریسته در اکثر مناطق وجود دارد، بهتر است که سیستم‌های گرمایشی و پمپ حرارتی را در کنار هم مورد استفاده قرار داد. در این صورت انرژی خورشیدی درجه حرارت‌های پایین (۲۸۳ تا ۳۰۰ درجه کلوین یا ۲۷-۱۰ درجه سانتیگراد یا ۸۰-۵۰ درجه فارنهایت) را تأمین می‌کند و پمپ حرارتی آن را به ۱۳۰ درجهٔ فارنهایت (۳۲۸ درجهٔ گلوین یا

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵۵ درجهٔ سانتیگراد) ارتقاء می‌دهد. مشکل اساسی بر سر راه این تکنولوژی سرمایه‌بری آن است.

سرد کردن فضا:

سیستم‌های گرمایشی – سرمایشی برای مناطق مسکونی و تجاری کاربرد دیگری از انرژی خورشیدی است که به تکنولوژی پیچیده‌تری نیازمند است. برای تولید سرما از منابع حرارتی یک ظرافت و پیچیدگی خاصی لازم است. در دهه ۱۹۷۰ سه متد مورد توجه و توسعه قرار گرفته است. روش متداول عبارتست از استفاده از یک موتور حرارتی برای به حرکت درآوردن یک برد کمپرسوری برای ایجاد سرما، روش دوم عبارتست از سرمایش بوسیله تبخیر که برای تولید دوباره " مرطوب ساز" هوای خشک بوسیله انرژی خورشیدی مرطوب می‌شود. روش سوم استفاده از چیلر جذبی است. در تمام این سه روش منبع حرارتی مورد نیاز باید حداقل دارای درجه حرارت ۱۹۰ درجهٔ فارنهایت (۳۶۱ درجهٔ کلوین یا ۸۸ درجهٔ سانتیگراد) باشد. هر چند که درجه حرارت ۳۰۰ درجهٔ فارنهایت (۴۲۲ درجه کلوین و ۱۴۹ درجهٔ سانتیگراد) ارجح‌تر است. در نتیجه کلکتورهای سطح بندرت می‌توانند چنین درجه حرارتی را تولید کنند. در نتیجه بهتر است که از متمرکز کننده‌ها استفاده شود. البته هر چه قدرت تمرکز بالاتر باشد، درجه حرارت بدست آمده نیز بالاتر است، ولی زاویه دریافتی و یا قطر دهانه کلکتور کوچکتر می‌شود و به سیستم‌های دنبال‌کننده اشعه خورشید احتیاج هست، که باعث افزایش پیچیدگی و قیمت سیستم خواهد شد. برای چنین سیستم‌هایی متمرکزکننده با تمرکز متوسط و تنظیم فصلی مناسب‌تر است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

➢ سیستم‌های انرژی خورشیدی:

یک روش اساسی جمع‌آوری انرژی برای حصول گرمایش، روش تأثیر گلخانه است که در آن جهت استفاده از انرژی جذب شده، معمولاً یکی ذخیره کننده حرارت (مثل دال بتنی) و یک سیستم توزیع به کار گرفته می‌شود تا سیستم انرژی خورشیدی کامل گردد.

عمده‌ترین سیستم‌های انرژی خورشیدی عبارت است از سیستم‌های غیرفعال (Passive)، سیستم فعال (Active) و سیستم‌های مرکب فعال و غیرفعال، در سیستم غیرفعال، خود ساختمان به عنوان جذب کننده، ذخیره کننده و توزیع کننده انرژی عمل می‌کند. در حالیکه در سیستم فعال وسیله‌ای برای جذب و ذخیره و توزیع انرژی طراحی می‌شود.

➢ توصیه‌هایی جهت استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان

۱- **کسب حرارت از طریق شیشه** : زاویه بهینه برخورد، حالت عمود بر شیشه است ولی حرارت دریافتی تا زاویه ۳۰ درجه نسبتاً ثابت است.

۲- **جذب خورشیدی و جرم حرارتی** : مصالح ساختمان در بخش‌هایی از ساختمان که از آنها استفاده طولانی می‌شود (در منازل قسمت‌های نشیمن) باید تیره‌رنگ و دارای ظرفیت حرارتی حجمی بالا باشد و در این قسمت‌ها هیچگونه عایق سطحی (نظیر قالی و ...) نباید مورد استفاده قرار گیرد.

۳- **جهت استقرار ساختمان** : نسبت مساحت نمای جنوبی به شرقی یا غربی برابر ۱/۶-۱/۵ به ۱ با بیشترین سطح زیر بنای نشیمن رو به جنوب، و همچنین وضعیت قرار گرفتن ساختمان بین ۱۵ درجه غربی و ۳۰ درجه شرقی حالت بهینه است.

۴- **سایه و نورگیر** : در فصل تابستان کوچکترین وسایل سایه‌کننده در سمت جنوب جوابگو است ولی در جهت غرب تعبیه سایبان‌های عمودی در کنار پنجره و پرده‌هایی در جلو پنجره ضرورت است. عملاً بهتر است در سمت غرب ساختمان، نورگیرها کوچک باشد و یا هیچ نورگیری وجود نداشته باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵- **گردش هوا** : اصل کلی در طراحی ساختمان‌های خورشیدی فراهم آوردن شرایط مطلوب جهت گردش هوا در ساختمان می‌باشد.

۶- **ذخیره انرژی** : جهت افزایش بازده استفاده از انرژی خورشیدی و ذخیره انرژی حرارتی به منظور استفاده در شب، از مخازن هوای گرم (قلوه‌سنگ ، آب و ...) که دارای ظرفیت حرارتی بالایی هستند استفاده می‌شود.

۷- **استفاده از عایق منکعس کننده پشت رادیاتور شوفاژ:** استفاده از ضخامت منعکس‌کننده موجب انتقال انرژی تشعشعی بهتری از رادیاتور اطاق‌ها به داخل فضا می‌گردد.

۵-۱-۵- سیستم‌های تهویه مطبوع در ساختمان (HVAC)

با توجه به الگوی مصرف انرژی در کشور، مصرف بخش خانگی و تجاری بخش عمده‌ای از مصرف انرژی در کشور را تشکیل می‌دهد. و نیز وقوف بر این نکته که بیشترین سهم مصرف انرژی در بخش‌های مسکونی – اداری و تجاری جهت سرمایش و سیستم‌های تهویه چنین اماکنی اختصاص می‌یابد. این بدان معناست که از کل انرژی مصرف کشور بین ۱۵ تا ۲۰ درصد به مصرف گرمایش و سرمایش فضای مسکونی داخل ساختمان‌ها می‌رسد.

طبق آخرین تراز انرژی کشور در سال ۱۳۸۱ مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی و تجاری بالغ بر ۲۳۰ میلیون بشکه معادل نفت خام یا به عبارتی ۴۰ درصد از کل مصرف نهایی کشور را به خود اختصاص داده که ۲۰ درصد از این مقدار (۲۰ درصد × ۲۳۰) به عبارتی بیش از ۴۶ میلیون بشکه معادل نفت خام که با فرض بشکه‌ای ۲۰ دلار، ارزشی نزدیک به یک پنجم صادرات غیرنفتی کشور به بخش **(HAVC)** یا مصرف گرمایشی، و سرمایشی و تهویه مطبوع در اماکن ضروری به نظر می‌رسد. جهت صرفه‌جویی در مصرف این سیستم‌ها می‌توان به مواردی چون اصلاح کاربردی ساختمان، عایق‌بندی جداره‌ها، کف و بام ساختمان، کاهش سطح پنجره‌ها و یا استفاده از پنجره‌های دو جداره، تنظیم دمای آب گرم و سرد مصرفی، اشاره نمود. جهت شناسایی روش‌های اتلاف انرژی در این نوع سیستم‌ها همانا می‌توان از ممیزی انرژی **(Auditing)** در یک ساختمان استفاده نمود که روش‌های ممیزی کوتاه‌مدت، متوسط و به طور عمیق می‌تواند مورد نظر باشد. ولی به هر حال در هر کدام از این روش‌ها باید یک سری اصول را مراعات نمود. در زمینهٔ تأسیسات ساختمان و روش‌های شناسایی اتلاف انرژی از طریق ممیزی می‌توان به مواردی از قبیل: انتخاب سایز مناسب تجهیزات با ضریب اطمینان کمتر از ۱۰ درصد، وجود لوازم اندازه‌گیری جهت کنترل راندمان تأسیسات و احتراق به طور مستمر و رعایت اصول مدیریت انرژی در سیستم‌های **HAVC** که عبارت از موارد زیر می‌باشد، اشاره نمود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱- **کنترل‌ها را بهینه کنید:** کنترل‌هایی را به کار بگیرید که گرمایش و سرمایش تنها در مواقع لازم صورت گیرند (استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند ساختمان **BMS**).

۲- **ظرفیت (فضا) را بهینه کنید:** فضای مجموعه را بررسی کنید و فضای اضافی را حذف نمایید. توجه کنید که سایر فعالیت‌های مدیریت انرژی (از قبیل کاهش بار حرارتی حاصل از روشنایی) ممکن است تأثیر به سزایی بر مصرف انرژی سیستم تهویه مطبوع **(HAVC)** داشته باشد.

۳- **بار را کاهش دهید:** با کاهش میزان نفوذ، بارهای حرارتی خورشیدی و غیره. بارهای حرارتی و برودتی را به حداقل برسانید.

۴- **افراد را گرم یا خنک کنید، نه ساختمان‌ها را: فضاهای خالی را تهویه نکنید و به جای راهروها و فضاهای ارتباطی و ... مکان‌هایی را که افراد در آنجا مشغول به کار هستند تهویه کنید.**

۵- **از عملیات کارآمد (با راندمان) بهره بگیرید:** سعی کنید که به تناسب نوع ساختمان، ساکنان آن و شرایط اقلیمی، کارآمدترین روش سرمایش و گرمایش را برگزینید. سیستم‌ها را با مصارف مورد نظر خود تطبیق دهید. (مثلاً ممکن است برای مصارف فعلی سیستم‌های یک سویه مانند: مواد شیمیایی، آلاینده‌ها و غیره مورد نیاز بوده باشند. در حالی که برای مصارف جدید امکان گردش مجدد یا بازیابی فراهم باشد.)

۶- **از تجهیزات کارآمد استفاده کنید:** برای رویهٔ سرمایش یا گرمایش که برگزیده‌اید کارآمدترین تجهیزات را انتخاب کنید.

۷- **تجهیزات را با حداکثر کارآیی به کار گیرید:** یقین حاصل کنید که تجهیزات موجود با حداکثر راندمان کار می‌کند. نقایص و عدم کارآیی‌ها را تصحیح کنید.

۸- **ایدهٔ تأثیرپذیری را مد نظر قرار دید:** ترتیبی اتخاذ کنید که ساختمان و شرایط جوی تا حد امکان در عمل سرمایش و گرمایش سهیم باشند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۹- حرارت را بازیابی کنید: حرارت را می‌توان از وسایل، دودکش ساختمان‌ها (و خروجی‌های بخار) و سایر منابع بازیابی کرد.

۱۰- امکان ذخیره انرژی را فراهم کنید: انرژی ذخیره شده، ما را از بکارگیری تجهیزات در حداکثر بار معاف می‌سازد و امکان سطح‌بندی بار و بهره‌گیری کارآمدتر از تجهیزات و وسایل را فراهم می‌آورد.

۱۱- توان تولید شده توسط انسان‌ها را که با نسبت زیر اتخاذ می‌گردد، در نظر بگیرید.

توان (وات)	نوع فعالیت
۷۰	خوابیدن
۱۲۰	ساکت نشستن
۱۵۰	کار پشت میز
۲۰۰ – ۳۰۰	کار سبک
۴۰۰ – ۷۰۰	ورزش ، کار بدنی سنگین

مطالعات نشان می‌دهند که با انجام یک سری از اقدامات بدون هزینه در ساختمان‌ها در بخش (HAVC) می‌توان تا میزان ۱۵ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی بعمل آورد. اقدامات کم‌هزینه و یا بدون هزینه از جمله جلوگیری از جابجایی هوا در ساختمان و تنظیم درجه حرارت ترموستات در فصل سرما، به حداقل ممکن و در فصل گرما، به حداکثر ممکن به شمار می‌روند. از اقدامات با هزینه بالا می‌توان از تغییر در تکنولوژی بکار رفته در سیستم تهویه مطبوع نام برد (بکارگیری چیلر جذبی در ساختمان‌ها تجاری)، در مجموع با انجام اقدامات بدون هزینه و کم‌هزینه می‌توان تا میزان ۱۵ درصد در میزان مصرف انرژی صرفه‌جویی به عمل آورد. همچنین

رعایت نکات زیر در مورد بهینه کردن کارآیی سیستم و صرفه‌جویی در تأسیسات خانگی پیشنهاد می‌شود:

۱- بگارگیری کمپرسور مناسب‌تر از وضعیت موجود

۲- بکارگیری دو کمپرسور

۳- بهینه کردن مبدل‌های حرارتی برای هر دو کمپرسور و تبخیرکننده

۴- بکارگیری موتورهای مناسب‌تر

۵- اتوماتیک نمودن زمان کارکرد کمپرسور با فن

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۶- بهبود وضعیت جریان هوا

۷- تنظیم ترموستات اتاق بر روی ۵ درجه فارنهایت بالاتر از درجه

۸- نصب دریچه اتوماتیک جهت دودکش دیگ موتورخانه

۹- کوچک کردن سایز نازل مشعل که این سایز می‌تواند تا مقدار ۷ درصد در مصرف سوخت صرفه‌جویی به عمل آورد.

۱۰- تنظیم کارآیی وضعیت پایدار مشعل

۱۱- کنترل نمودن درجه حرارت اتاق‌ها (اماکن)

۱۲- نصب جرقه‌زدن برقی بر روی آبگرم‌کن‌ها به جای پیلوت گازی که همیشه روشن می‌باشد و میزان اتلاف آن از هر آبگرم در طول سال در حدود ۴×۱۰^{۶} BTU می‌باشد

۱۳- بهبود عملکرد چیلرها یا سیستم‌های تهویه با تغییرات ساده در آنها و بدون دست زدن به مراحل اصلی

۱۴- رعایت مسئله عایق‌کاری دیواره آبگرم‌کن‌ها

۱۵- پایین آوردن درجه ترموستات آبگرم‌کن‌ها

۱۶- مصرف کمتر آبگرم جهت دوش گرفتن (استفاده از روش‌های مخصوص)

۱۷- استفاده بهینه از لباسشویی

۱۸- عایق‌کاری آب ذخیره و لوله‌کشی تأسیسات

۱۹- افزایش ضخامت لایه عایق دور لوله‌ها طبق جدول (۵-۴) و مقدار صرفه‌جویی در برق و گاز آن

۲۰- بهبود جنس عایق دور مخزن آبگرم کن طبق جدول (۵-۵)

۲۱- کم کردن میزان شعله پیلوت

۲۲- بهبود جنس عایق دور تانک آبگرم: مطالعات نشان داده است که اگر جنس عایق را از پشم شیشه به پلی‌یورتان تبدیل کنیم مقدار قابل توجهی صرفه‌جویی بدست می‌آید که به خاطر ضریب هدایت حرارتی کمتر پلی‌یورتان نسبت به پشم شیشه می‌باشد.

ذکر این نکته هم مهم می‌باشد که اگر ضخامت لایه عایق بیشتر از ۴ اینچ باشد زیاد در صرفه‌جویی انرژی مؤثر نمی‌باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول (۵-۴) – تبعات اقتصادی حاصل از صرفه‌جویی انرژی با افزایش ضخامت عایق حرارتی

(لوله‌ها)

سوخت			برق			
زمان بازگشت سرمایه (سال)	افزایش سرمایه‌گذاری ($ - ۱۹۷۵)	صرفه‌جویی انرژی (٪)	زمان بازگشت سرمایه (سال)	افزایش سرمایه‌گذاری ($ - ۱۹۷۵)	صرفه‌جویی انرژی (٪)	ضخامت عایق حرارتی (اینچ)
۱/۲	۶/۸	۹	–	–	–	۱
۱/۸	۱۳/۰	۱۲	۰/۵	۹/۵	۸	۲
۲/۳	۱۷/۵	۱۳	۰/۸	۱۷/۵	۱۰	۳
۲/۸	۲۲/۰	۱۳	۱/۰	۲۲/۰	۱۱	۴
۳/۳	۲۶/۵	۱۳	۱/۱	۲۶/۵	۱۱	۵

افزایش ضخامت لایه عایق دور آبگرم کن‌ها: به قرار جدول ذیل می‌باشد:

چدول (۵-۵) – تبعات اقتصادی حاصل از صرفه‌جویی انرژی با افزایش ضخامت عایق حرارتی

(منابع آبگرم)

سوخت			برق			
زمان بازگشت سرمایه (سال)	افزایش سرمایه‌گذاری ($ - ۱۹۷۵)	صرفه‌جویی انرژی (٪)	زمان بازگشت سرمایه (سال)	افزایش سرمایه‌گذاری ($ - ۱۹۷۵)	صرفه‌جویی انرژی (٪)	ضخامت عایق حرارتی (اینچ)
۱/۱	۴/۹	۷	–	–	–	۲
۱/۹	۱۰/۹	۱۰	۰/۷	۶/۱	۴	۳
۲/۷	۱۷/۰	۱۰	۱/۰	۱۲/۱	۷	۴
۳/۶	۲۴/۲	۱۱	۱/۴	۱۹/۴	۷	۵

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵–۱–۶– نحوه گردش هوا در ساختمان (Infiltration)

مقدار زیادی از مصرف انرژی در ساختمان‌ها جهت تأمین هوایی با شرایط مطلوب در تمام فصول ساختمان می‌شود. هوایی که حدود ۸۰٪ انسان‌ها در آن احساس آسایش می‌کنند. طبق استانداردهای پذیرفته شده بین‌المللی عبارتست از :

درجه حرارت بین	۲۲/۵ – ۲۲ درجه سانتیگراد
فشار بخار آب	۱۰ - ۱۴ mm hg
رطوبت نسبی	۶۰-۴۰ درصد
سرعت جریان هوا	۲۲ cm/sec

برای رسیدن به این محدودهٔ آسایش باید با در نظر گرفتن انرژی‌های که به فضای داخل ساختمان وارد می‌شوند (انرژی‌های خارج شده از بدن انسان، انرژی خورشیدی، انرژی خروجی از وسایل برقی، انرژی خروجی از پخت و پز، انرژی خروجی از لامپ‌های روشن و ...) و همچنین با در نظر گرفتن انرژی تلفاتی ساختمان، انرژی موجود نیاز جهت وسایل حرارتی و خنک‌کننده را تنظیم نمود.

۵–۱–۷– موارد اندازه‌گیری

جهت شناخت مصرف انرژی در ساختمان لازم است اندازه‌گیری‌هایی به منظور تأمین میزان اتلاف و مصرف انرژی در ساختمان صورت بگیرد که از آن جمله به موارد زیر پیشنهاد می‌گردد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

➢ انواع اندازه‌گیری‌ها

۱- اندازه گرفتن دمای سطوح داخلی ساختمان که طرف مقابل آنها بیرون ساختمان می‌باشد که از آنجا با داشتن دمای بیرون و مقدار ضریب انتقال حرارت استاندارد دیوارها، می‌توان انتقال حرارت را توسط رابطهٔ $Q = K.A.\triangle T$ حساب نمود.

۲- اندازه‌گیری مقدار جابجایی هوا از درزهای پنجره‌ها و درها و ...

۳- اندازه‌گیری میزان عایق‌بندی لوله‌های آبگرم و منبع آبگرم هر ساختمان و عایق بویلرهای بخش تأسیسات

۴- اندازه‌گیری میزان آبگرم مصرفی در ساختمان

۵- اندازه‌گیری درجه حرارت داخل اتاق‌ها و بخش‌های مختلف ساختمان مانند انباری‌ها ، آشپزخانه، توالت، حمام ، شوفاژخانه و ... .

۶- اندازه‌گیری شدت روشنایی توسط لوکس متر

۷- محاسبه راندمان حرارتی و احتراق دیگ بخار بر حسب اندازه‌گیری پارامترهایی از قبیل : دمای گازهای خروجی **Fluegas** ، دبی دودکش ، فشار داخل دودکش، میزان مکش دودکش ، میزان نسبت سوخت به هوا، اندازه‌گیری آلاینده‌های موجود در گاز خروجی از دودکش و ... .

۸- اندازه‌گیری مشخصات هوای داخل ساختمان از قبیل فشار جزئی بخار آب، میزان رطوبت نسبی و رطوبت مطلق هوا .

➢ زمان اندازه‌گیری‌ها

آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های ذکر شده باید در دوره‌های فصلی (تابستان و زمستان) درشرایط زیر انجام شود:

۱- در موقعی که مصرف انرژی عادی است.

۲- در حالتی که مصرف انرژی در حالت **Full Load** می‌باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳- در حالتی که مصرف انرژی در حالت **No Load** باشد (این کار جهت یافتن نشتی در مصرف انرژی ساختمان لازم می‌باشد.)

➢ تعیین استانداردهای بخش‌های مختلف ساختمان

با توجه به مطلب یاد شده در قسمت‌های قبلی، لازم است استانداردهای زیر در بخش‌های مختلف ساختمان در اختیار باشد.

۱- درجه حرارت بخش‌های مختلف ساختمان (اتاق‌ها، انبارها، راهروها و ...)

۲- استاندارد اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف ساختمان (البته با توجه به استانداردهای هدایت حرارتی مصالح و عایق‌های بکاررفته در پوششهای ساختمان)

۳- استاندارد مصرف انرژی در بخش‌های مختلف ساختمان

۴- استاندارد مصرف انرژی وسایل خانگی و سیستم **HVAC** و روشنائی‌ها

لازم به ذکر است که بعضی از استانداردهای لازم که جمع‌آوری شده‌اند در بخش‌های مختلف جزوه آورده شده است و میزان استاندارد مصرف انرژی در برخی از وسایل خانگی در جدول (۵-۶) ارائه شده است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول (۵-۶) میزان استاندارد مصرف انرژی در برخی از وسایل خانگی

نوع وسیله	مصرف تقریبی (KWh)
مخلوط کن	۱۵
قهوه‌جوش	۱۰۶
ظرفشویی	۳۶۳
ماکروویو	۱۹۰
تستر	۳۹
فریزر ۱۵ فوتی	۱۱۹۵
یخچال ۱۲ قوتی	۷۲۸
خشک کن	۹۹۳
اتو	۱۴۴
ماشین لباسشویی	۱۰۳
آبگرم کن	۴۲۱۹
تهویه مطبوع	۱۸۸۹
رطوبت زن	۳۷۷
گرم‌کن (قابل حمل)	۱۷۶

۵-۱-۸- تعیین منابع اتلاف و پتانسیل جلوگیری از اتلاف انرژی

بر اساس مقادیر مصرف و اتلاف انرژی اندازه‌گیری شده و مقایسه آنها با مقادیر استاندارد مربوطه منبع اتلاف انرژی و میزان آن را می‌توان تعیین نمود. همچنین با توجه به طبیعت هر کدام از منابع اتلاف می‌توان میزان پتانسیل جلوگیری از اتلاف انرژی را تأمین نمود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۱-۸-۱- تعیین اولویت‌ها در رفع منابع اتلاف انرژی

با توجه به تعیین منابع و میزان اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف ساختمان می‌توان موارد تعیین شده را برحسب میزان اتلاف انرژی، سهولت در رفع اتلاف و هزینه لازم اولویت‌بندی کرده و سپس به هر کدام از آنها پرداخت.

۵-۱-۹- ارائه فهرست کنترل جهت اجرای روش

چک لیست

با جواب دادن به سؤالات زیر ممیز انرژی می‌تواند در مورد اینکه ساختمان دارای اتلاف انرژی می‌باشد یا خیر تصمیم‌گیری نماید. این سؤالات در چندین بخش مطابق زیر آورده شده است:

۱- اطلاعات پایه‌ای :

- نام ساختمان
- عمر ساختمان
- ساختمان آپارتمانی است یا خیر؟
- نوع آپارتمان : آیا بصورت مجموعه است ؟
- تعداد طبقات
- ابعاد ساختمان: طول و عرض و ارتفاع.
- مساحت زیر بنا
- سطح فضایی که باید گرم شود
- سطح متوسط یک طبقه
- حجم کل فضایی که باید گرم شود

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲– اطلاعات پوشش‌های ساختمان:

پشت بام: ساختار – مواد سازنده – ضخامت – کل سطح بالای فضای گرم ساختمان – ضریب انتقال حرارت: U – نوع ایزوله (عایق حرارتی)

دیواره‌ها : ساختار – مواد سازنده – ضخامت – کل سطح دیواره‌هایی که در تماس با فضای گرم قرار دارند – نوع ایزولهٔ بکار رفته – ضریب انتقال حرارت و U .

پنجره‌ها : مواد سازنده چهارچوب آن – تعداد شیشه‌ها (دوجداره یا یک جداره) – آیا پنجره‌ها خوب بسته می‌شوند (محکم هستند؟) – آیا دور پنجره‌ها نوار دارند؟ اندازهٔ پنجره‌ها – شکل پنجره‌ها – کل سطح پنجره‌ها .

درب اصلی ساختمان : مواد سازنده – ضخامت – سطح – ضریب انتقال حرارت و U .

طبقهٔ همکف : موارد استفاده از هم کف – دیواره‌های تفکیک کننده در هم‌کف – لوله‌های بکاررفته در هم‌کف – جنس – ساختار – ضخامت – ضرائب انتقال حرارتی آنها – ایزوله‌ها.

۳– در مورد وضع مصرف انرژی و آب

صورت‌حساب‌های مصرف انرژی: برق – مصرف انرژی جهت گرمایش (در صورت امکان) – مصرف انرژی در مورد سرمایش (اگر امکان دارد) . مصرف آب – مصرف گاز – مصرف گازوئیل یا نفت – مصارف دیگر سوخت‌ها

۴– اندازه‌گیری‌هایی که در گذشته برای بهره‌وری بیشتر در مورد ساختمان انجام شده (در صورت امکان):

در موارد زیر: پشت بام – دیوارها – پنجره‌ها – سیستم گرمایش و سرمایش

۵– سؤالات در مورد سیستم مصرف انرژی ساختمان

گرمایش : - تولید انرژی حرارتی

بویلر : عمر و سال – ظرفیت حرارتی – راندمان تقریبی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱۷- تقسیم آب به دو خط آشامیدنی و پخت و پز و شستشو در آشپزخانه (آب تصفیه شده) و آب شستشو منزل و ماشین و آبیاری (آب تصفیه نشده)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

اجزاء سیستم گرمایش: نوع پمپ – تعداد – قطر – نقشه سیستم گرمایش – کنترل دما – راندمان شبکه گرمایش (در صورت امکان) – ایزولهٔ لوله‌ها.

وسایل گرمایش در اتاق‌ها : نوع – تکنولوژی – ظرفیت برای فن کوئل‌ها و یا رادیاتورها

تهویه مطبوع : سیستم سرمایش: تکنولوژی – ظرفیت سرمایش – سال (عمر) کنترل دما – مدارهای خنک‌کننده‌ها – نوع فن‌کوئل‌ها یا رادیاتورها

تهویهٔ هوا : سیستم تغییر هوا – میزان هوای مصرفی M^3/hr

درجه حرارت: درجه حرارت متوسط بیرون در ماه – مقدار روز – درجه گرمایش **(Degree-Days)** برای محاسبات ظرفیت سیستم گرمایش – درجه حرارت برای محاسبات ظرفیت سیستم سرمایش – اندازه‌گیری دما در چند نقاط مختلف ساختمان

۶– اطلاعاتی در مورد جنس و مشخصات مصالح:

پشت بام :

- آیا پشت بام ایزولیه دارد؟
- قیمت ایزوله به ضخامت ۸ سانتیمتر
- قیمت و نوع ایزولهٔ ضدآب
- قیمت کل: هزینهٔ اجراء و قیمت ایزوله – به ازای هرمتر مربع
- **پنجره‌ها:** امکان بهبود دادن به پنجره‌ها – امکان تغییر پنجره‌ها
- **دیواره‌ها:** آیا ایزوله داخلی و خارجی در دیوارها بکار رفته است؟ نوع ایزوله‌های داخلی – نوع ایزوله‌های خارجی – قیمت ایزوله کردن به ضخامت ۸ سانیتمتر – قیمت و هزینهٔ کل ایزوله کردن.
- **کنترل دما:** آیا کنترل دما در ساختمان وجود دارد؟ نوع – راندمان – قیمت
- **ایزوله لوله‌ها:** آیا لوله‌های آب گرم و سرد ایزوله دارند؟ مشخصه های حرارتی ایزوله – قیمت ایزوله و کارمزد آن.

۵–۱–۱۰– توصیه‌هایی در مورد کاهش یا حذف اتلاف انرژی در ساختمان‌ها

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

یکی از عوامل مهم در میزان مصرف انرژی در کشور کنترل رشد جمعیت می‌باشد. در کشور ما نرخ رشد جمعیت حدود ۳/۹ درصد می‌باشد یعنی در هر سال حدود ۲ میلیون نفر به جمعیت اضافه می‌گردد و بر اساس این پیش‌بینی می‌شود که در ۱۵ سال آینده جمعیت ایران به ۹۰ میلیون نفر می‌رسد که این رقم می‌تواند زنگ خطری برای سیاست‌گذاران انرژی کشور باشد. از اینرو ضروری است که تدابیری محکم و قابل اجراء نه تنها در بخش خانگی و تجاری بلکه در سایر مراکز مصرف انرژی جهت منطقی کردن مصرف آن وضع گردد.

با توجه به مطالب گذشته و با توجه به وضع رشد جمعیت پیشنهاداتی در جهت جلوگیری از اتلاف انرژی در ساختمان‌ها بشرح زیر ارائه می‌گردد تا در دستور کار مدیریت مصرف انرژی کشور قرار گیرد:

۱- به منظور آشنایی بیشتر مردم نسبت به ارزش انرژی اقدام به چاپ بروشورهایی که در آن جزئیات مصرف منطقی انرژی ذکر شده باشد پرداخته شود و یا به هر نوع ممکنه تبلیغات در این مسیر انجام گیرد.

۲- کنترل شهرداری‌های مناطق مختلف شهری روی رعایت دستورالعمل‌های اجرائی و نظارت بر آن که از طرف وزارت مسکن در مورد سیستم گرمایش و سرمایش ساختمان تهیه شده است. عایق‌کاری ساختمان و طراحی نمای ساختمان از نظر استفاده بیشتر از انرژی خورشیدی و استفاده از انرژی‌های پسمانده و ... مطابق با ضوابط مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان کشور.

۳- تشکیل کلاس‌هایی در مورد انرژی برای مهندسین ناظر و مجریان طرح‌های ساختمان‌سازی که آنان را از آخرین تکنیک‌های جدید ساختمان‌سازی ازنظر کاهش اتلاف حرارتی آگاه گرداند.

➢ توصیه‌هایی در مورد جلوگیری از اتلاف :

۱- بکارگیری سیستم‌های بازیافت حرارت

- پیش گرم کردن آب مورد نیاز و تأسیسات جهت تأمین آب گرم منزل از طریق بازیافت انرژی دودکش‌ها

۲- بکارگیری ایزولاسیون خوب برای لوله‌های آب گرم

۳- تعمیر وسایل برقی خراب که راندمان پایین دارد (بطور مرتب و پریودیک)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴- بکارگیری وسایل جذب انرژی خورشیدی

- منبع تأمین آب گرم از طریق تشعشع خورشید در بالای بام

۵- استفاده از سایبان‌های درست که در تابستان جلوی تشعشع به داخل ساختمان را بگیرد ولی طوری باشد که در زمستان مانع نفوذ تشعشع به داخل ساختمان نشود.

۶- درزهای ساختمان کاملاً گرفته شود و **Seal** بندی پنجره‌ها رعایت شود.

۷- حتی‌الامکان از پنجره‌های دوجداره استفاده شود تا میزان اتلاف بسیار پایین بیاید.

۸- کنترل‌کننده دما یا ترموستات در تمام اتاق‌ها وجود داشته باشد و بطور مرتب سالم بودن آنها چک شود.

۹- نکات زیر در مورد **Lighting** رعایت شود.

- استفاده از کلیدهایی که بطور اتوماتیک برق راهروها را خاموش می کنند.
- استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف و ...

۱۰- لوله‌های گرم ایزوله شوند.

۱۱- لوله‌های گرم و سرد معمولاً که از کنار هم می‌گذرند و با هم ایزوله می‌شوند بایستی جدا شود.

۱۲- بازیافت حرارتی از گرمای خروجی از دودکش

۱۳-استفاده از بخار داغ در یک منطقه برای یک سری خانه‌ها (تولید بخار برای یک سری خانه‌ها با هم)

۱۴- طرح مشاور انرژی برای ساختمان‌های بلوکی بزرگ

۱۵-استفاده از آب حمام برای سیفون توالت‌ها

۱۶- تبلیغات درکتابهای درسی مدارس – درمراکز ارتباط جمعی و روزنامه – رادیو – تلویزیون

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جمع‌بندی

در الگوی مصرف انرژی درکشور بخش مسکونی و تجاری عمده‌ترین مصرف‌کنندهٔ انرژی کشور در مقایسه با بخش‌های دیگری چون صنعت، حمل و نقل و کشاورزی می‌باشد. با توجه به مصارف گوناگون در بخش تجاری، مسکونی، بیشترین سهم مصرف انرژی در این بخش صرف سرمایش، گرمایش و سیستم‌های تهویه می‌گردد. بدین ترتیب می‌توان چنین انگاشت که ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل انرژی مصرف کشور، مصرف گرمایش، سرمایش و تهویه اماکن و ساختمان‌ها می‌رسد.

مطابق با آخرین تراز انرژی کشور که در سال ۱۳۸۱ انتشار یافته است. مصرف نهای انرژی در بخش مسکونی و تجاری بالغ بر ۲۳۴ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده که این میزان ۴۰ درصد از کل مصرف نهایی انرژی کشور را به خود اختصاص داده است. چنانکه ذکر گردید با فرض سهم ۲۰ درصد از مصرف انرژی در بخش مسکونی – تجاری، جهت گرمایش، سرمایش و تهویه اماکن، بیش از ۴۶ میلیون بشکه معادل نفت خام مورد استفاده قرار گرفته است که با در نظر گرفتن قیمت ۲۰ دلار برای هر بشکه ارزشی نزدیک به یک پنجم صادرات نفتی کشور را در بر می‌گیرد. بنابراین لزوم توجه و بررسی نحوه و استفاده از سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و تهویهٔ مطبوع در اماکن مختلف امری ضروری به نظر می‌رسد.

جهت صرفه‌جویی در مصارف سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع ساختمان‌ها می‌توان به مواردی مانند اصلاح کاربری ساختمان‌ها، عایق‌بندی جداره‌ها. کف و بام ساختمان‌ها، کاهش سطح پنجره‌ها و در صورت امکان اصلاح استفاده از درب و پنجره‌های بدون درز و پنجره‌های دو جداره، تنظیم دمای آب گرم و سرد مصرفی در حد نیاز و استفاده از سیستم‌های کنترلی مناسب و یا تنظیم آنها، اشاره نمود. بعنوان نمونه می‌توان نشان داد که ساخت ساختمانی با زیربنای تقریبی ۹۰ متر مربع با رعایت اصول جلوگیری از تلفات حرارتی یعنی استفاده از عایق‌کاری ساختمان، دو جداره نمودن پنجره‌ها و استفاده از درب‌های چوبی بجای نوع فلزی آنها به ترتیب، ۲۲/۱ درصد ، ۷/۸ درصد و ۳/۲ درصد سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌گردد. شناخت اتلافات انرژی در ساختمان‌ها و در سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی موجود در آنها با انجام ممیزی انرژی **(Energy Auditing)** امکان‌پذیر می‌باشد. ممیزی انرژی در واقع بررسی موقعیت‌ها و نیز چگونگی مصارف انرژی را شامل شده و در سطوح مختلف قابل اجراست. این سطوح شامل ممیزی انرژی ابتدایی، ممیزی انرژی کوتاه‌مدت و ممیزی انرژی جامع و یا با جزئیات کامل می‌باشد. انتخاب هر یک از این سطوح بستگی به وضعیت ساختمان و اهداف تعیین شده برای صرفه‌جویی داشته و از نظر هزینه، زمان انجام و تعداد نیروهای متخصص از یکدیگر متمایز می‌باشند. بهرحال برخی از رئوس صرفه‌جویی انرژی که در انجام ممیزی انرژی (صرفنظر از سطح انجام آن) می‌بایست در نظر گرفته شوند عبارتند از:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- **انتخاب تجهیزات مناسب و با ظرفیت کافی (با ضریب اطمینان کمتر از ۱۰ درصد). در ساختمان‌های جدید و یا جایگزینی تأسیسات قدیمی با تأسیسات کارآتر در ساختمان‌های موجود.**
- **وجود سیستم‌های اندازه‌گیری و کنترل برای اطمینان از کارایی مناسب تأسیسات و نیز مراقبت دائمی آنها و در صورت عدم وجود اقدام به تهیه و نصب این سیستم‌ها.**
- **انجام تجزیه و تحلیل کامل جهت مصرف بهینه انرژی در سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی .**
- **تنظیم کنترل‌کننده‌ها بطوریکه اثر کلی بر سایر مشخصات سیستم نداشته باشد.**
- **عایق‌بندی خطوط لوله‌های آب سرد و گرم و کانال‌های انتقال هوا .**
- **جلوگیری از نشتی‌ها و بازبینی عملکرد تله‌ها .**
- **استفاده از مخازن عایق‌بندی شده جهت ذخیره‌سازی آب گرم یا آب سرد در زمان‌های غیرپیک.**
- **انجام آنالیز احتراق دوره‌ای و تنظیم مشعل‌های مولدهای آب گرم و بخار و یا سایر سیستم‌های احتراق**
- **تعمیر کردن سطوح مبدل حرارتی**

با این حال باید توجه داشت که انجام برخی از راهکارهای ذکر شده مانند عایق‌بندی و دو جداره کردن پنجره‌ها و یا استفاده از درب‌های چوبی هزینه‌هایی را در پی خواهد داشت که متأسفانه بعلت پایین بودن هزینهٔ انرژی در مقایسه با سایر هزینه‌ها، مدت زمان طولانی برای بازگشت سرمایه را بدنبال دارد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۲- روش و مراحل انجام ممیزی انرژی در ساختمان

۵-۲-۱- مراحل انجام ممیزی انرژی در ساختمان

" جدول (۵-۷) مراحل انجام ممیزی انرژی در ساختمان"

مراحل	اقدامات	اهداف
اول	تجزیه و تحلیل و شناسایی ساختمان‌های موجود در ایران	انواع ساختمان‌ها (سال ساخت، نوع سازه، مصالح ، ...) دسته‌بندی کلی ساختمان‌ها (اداری،تجاری، مسکونی، بیمارستان و ...) میزان مصرف انرژی بر واحد سطح (در انواع ساختمان‌ها) قیمت‌ها و هزینه‌های انرژی (برای انواع انرژی‌های مصرفی) محاسبهٔ روز – درجه (برای گرمایش و سرمایش) شرایط آب و هوایی رطوبت محیط
دوم	تعیین اهداف انجام ممیزی انرژی	میزان صرفه‌جویی انرژی (۱۰٪ ، ۱۵٪ ،۲۰٪ و ...) زمان برگشت سرمایه (کوتاه‌مدت،میان‌مدت، بلندمدت) میزان سرمایه‌گذاری
سوم	انتخاب تعدادی ساختمان نمونه در هر دسته	تعداد طبقات (۴ تا ۵ طبقه،۶ تا ۱۲ طبقه و یا بیش از ۱۳ طبقه) شکل کلی ساختمان (آپارتمان تک واحدی، مجتمع ، ویلائی و ...) نوع مصالح ساختمانی (آجر مجوف، بتن، ...)
چهارم	بازدید از ساختمان	کنترل مصالح (آجر، بتن، ضخامت، عایق، ...) کنترل پنجره‌ها (تعداد جداره‌ها، قاب، نحوهٔ باز و بسته شدن) شرایط عمومی (مطلوب ، نامناسب ، ...) موتورخانه (دیگ بخار، کنترلرها، پمپ‌ها، ...) سیستم سرمایش (تکنولوژی ، میزان مصرف انرژی) لوله‌کشی (شبکه انتقال، عایق‌کاری، ...) فن‌کویل‌ها ، رادیاتورها (امکان کنترل ترموستاتیک)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

" ادامه جدول (۵-۷) مراحل انجام ممیزی انرژی در ساختمان"

مراحل	اقدامات	اهداف
پنجم	جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ساختمان	نقشه‌های ساختمان (پلان طبقات، نما، برش عرضی) نقشه‌های تأسیسات (گرمایش ، سرمایش، آبگرم مصرفی) قبوض مصرف انرژی (برق ، گاز ، نفت ، آب و ...)
ششم	پردازش اطلاعات	شرح اطلاعات عمومی ساختمان (بررسی اطلاعات جمع‌آوری شده) میزان مصرف انرژی در ساختمان (محاسبهٔ تلفات و مصرف واقعی انرژی)
هفتم	جمع‌آوری اطلاعات مربوط به هزینه اجرای اقدامات صرفه‌جویی	پنجره‌ها (محکم‌کاری و درزبندی، جایگزینی پنجرهٔ دو جداره، ...) عایق‌کاری سقف (نوع عایق، ضریب انتقال حرارت، ضخامت) عایق‌کاری دیوارها (نوع عایق، ضریب انتقال حرارت، ضخامت) سیستم گرمایش (نوع بویلر، کنترل مرکزی دما، عایق‌کاری لوله‌ها، راندمان مصرف انرژی) سیستم سرمایش (کولرهای گازی و آبی ، نوع چیلر، راندمان مصرف انرژی) سایر موارد (لیست تجهیزات مصرف‌کننده الکتریسته)
هشتم	برآورد اقتصادی	تخمین هزینه (موارد و مصالح، تجهیزات و دستمزد اجراء) برآورد ارزش ریالی انرژی قابل صرفه‌جویی (مطابق با تعرفه‌های موجود) محاسبه زمان برگشت سرمایه (برای هر یک از اقدامات پیشنهادی)
نهم	ارائه مدل‌های مختلف اجرای طرح‌های پیشنهادی	مدل‌های اجرائی (یافتن مدل‌های منطقی و تعیین اولویت‌های اجرایی) هزینه‌ها (محاسبهٔ مقادیر پرداخت‌ها و هزینه‌ها) سرمایه‌گذاری (ارائه طرح مناسب سرمایه‌گذاری)
دهم	نظارت فنی و عمومی	رفتارها (نظارت بررفتار و مقبولیت مصرف‌کننده) نتایج فنی (اندازه‌گیری منظم مصرف انرژی ، دما و ...) گزارش نهایی (نتایج فنی، اقتصادی و اجتماعی)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۲-۲- فهرست کنترل برنامه مدیریت انرژی در ساختمان

Building Energy Management

(Check List)

بخش ۱ : این فهرست مختصر را مطالعه کنید، اقلامی را اضافه یا حذف نمایید، سپس بررسی را در داخل تسهیلات دنبال نمایید تا مصارف نامناسب و بیهوده از انرژی را مشخص نمایید.

بخش ۲ : سؤالات فهرست شده را بخوانید. این سؤالات ممکن است چیزی را تعیین کنند که شما بتوانید برنامه مدیریت انرژی خود را شروع نمایید.

بخش ۱	عوامل قابل اجرا	نتایج تحقیقات	ملاحظات
خارج ساختمان			
۱- نوع نما			
۲- رنگ نما			
۳- پشت بام: سطح یا قیراندود ، دودکش دار و غیره			
۴- جهت ساختمان			
۵- پنجره‌ای رو به خورشید (بدون حصار)			
۶- راه‌های ورود:درهای یک لنگه یا دو لنگه، درهای خودکار و غیره			
۷- چراغ‌های محوطه خارجی در طول ساعات روز روشن			
۸- چراغ‌های تبلیغاتی در طول ساعات روز روشن			
۹- کانال‌های هوای تعبیه شده در داخل دیوارها (سیستم دودکش‌ها و غیره)			
۱۰- درها و پنجره‌های باز			
۱۱- استفاده از شاخ و برگ در اطراف ساختمان (پوشش گیاهی)			

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ادامه بخش ۱	عوامل قابل اجرا	نتایج تحقیقات	ملاحظات
داخل ساختمان			
۱- سیستم روشنایی الف – نوع لامپ (فلورسنت، رشته‌ای و غیره) ب – شرایط منعکس کننده ج – چراغ‌های چشمک زن یا سوخته شده د – سطوح روشنایی هـ - تعداد مدارهای کنترل‌کننده و – نوع کنترل (دیمر، تایمر، حسگر حضور افراد ، ...) ز – کیفیت انعکاس دهندگی دیوارها و سقف ج – استفاده از روشنایی خارج (چگونه کنترل می‌شوند) (فتوسل) ط – محل‌های روشنی که به طور متناوب اشغال نمی‌شوند (انبارها، اطاق‌های انباری، رختکن‌ها و غیره) ی – استفاده از روشنایی طبیعی ک – ارتفاع نصب لوازم و فضابندی			
۲- وسایل و تجهیزات بازرسی کننده (کمربندهای پوشیده شده، یاتاقان‌ها و غیره)			
۳- شرایط و رنگ دیوارها			
۴- فقدان عایق‌بندی روی مخازن، کانال‌ها، لوله‌ها ، دیواره‌ها و سقف ساختمان			
۵- وضعیت عایق‌بندی (پاره شدن ، خیس و غیره)			
۶- لوازم روشنایی و پنجره‌های کثیف			
۷- باز بودن درها و پنجره‌ها در فضایی با دمای کنترل شده			

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ادامه بخش ۱	عوامل قابل اجرا	نتایج تحقیقات	ملاحظات
۸- پنجره‌های باز یا شکسته			
۹- نفوذ سیستم‌های دودکش از طریق سقف و یا دیواره‌ها و غیره			
۱۰- وسایل و تجهیزات تولید که کاری می‌کنند ولی مورد استفاده واقع نمی‌شوند			
۱۱- وسایل و تجهیزات ساختمان مانند روشنایی و فن‌های هوادهی که می‌توانند در زمان عدم استفاده از محل خاموش شوند (انبارها ، فن‌های دودکش و غیره)			
۱۲- وسایل کنترل را مشاهده کنید آیا آنها برای عملیات مناسب آزمایش و کالیبره شده‌اند؟			
۱۳- موتورهایی که کثیف هستند و یا به طور مناسب محافظت نشده‌اند			
۱۴- ابعاد و کاربردهای مناسب موتورها			
۱۵- کاربرد وسایل زمان‌گیری			
۱۶- راه‌هایی برای خاموش کردن و یا ضایع کردن فرایند وسایل حرارتی			
۱۷- درهای باز و یا نیمه باز آیا محل گرم یا سرد شده است؟			
۱۸- آیا از خازن‌ها در کارخانه به منظور بهبود ضریب توان (قدرت) استفاده می‌شود؟			

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ادامه بخش ۱	عوامل قابل اجرا	نتایج تحقیقات	ملاحظات
۱۹- آیا خورشید از داخل پنجره‌ها و یا سایر محل‌های باز به داخل محل‌هایی که از تهویه مطبوع استفاده می‌کنند، می‌تابد؟			
۲۰- وسایل و تجهیزات حفاظت نشده و سیستم لوله‌کشی که حرارت را تولید و یا جذب می‌کند مانند: الف – خطوط تغذیه آب داغ ب – خطوط آب سرد و غیره			
۲۱- نشتی خطوط لوله، دستشویی‌ها، شیرها، کانال‌ها، مخازن، کویل‌های انتقال حرارت کثیف، پنکه‌های کثیف و غیره.			
۲۲- موارد استعمال دستگاه‌های کنترل حداکثر تقاضا.			
۲۳- موارد استعمال در جایی که وسایل بازرسی (هشداردهنده‌ها و غیره) می‌توانند به عملکرد تجهیزات در بازدهی حداکثر کمک کنند.			
۲۴- سیستم‌های روشنایی در کنار پنجره‌ها که می‌توان در هنگام شرایط نور خوب روز آنها را کم و یا خاموش نمود.			
۲۵- پنجره‌های رنگ شده شدت نور طبیعی را کاهش می‌دهند.			
۲۶- وسایل و تجهیزاتی را که به طور اتوماتیک کار می‌کنند بررسی کنید، حتی در مواقعی که ساختمان در اشغال نیست. مثل آنهایی که با ترموستات فتوسل و ساعت کنترل می‌شوند.			
۲۷- آیا موانعی در واحدهای تخلیه کننده هوای تغذیه وجود دارند؟			
۲۸- محل قرار دادن ترموستاتها			

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ادامه بخش ۱	عوامل قابل اجرا	نتایج تحقیقات	ملاحظات
۲۹- روشن کردن یا خاموش کردن فرایندهایی مانند گرمکن‌های شناور در مخازن باز			
۳۰- اجاق‌های مادون قرمز باز خطوط نقاله را که از داخل اجاق‌ها عبور می‌کنند.			
۳۱- مراقب پمپ‌ها، پنکه‌ها ، نقاله‌ها و سایر بارهایی که دائماً مشغول به کار هستند باشید (و نیاز به آنها را بررسی کنید)			
۳۲- آیا خدمات جمع کردن زباله در طول ساعات عادی کار انجام می‌پذیرد؟			
۳۳- سیستم‌های هوای فشرده را بررسی کنید (ظرفیت ذخیره‌سازی)، نشتیها و سطوح فشار را بازرسی کنید.			
۳۴- محل کانال‌های تغذیه گرمایش محیط، چه نوع حرارتی استفاده می‌شود، در یک ساختمان فولادی، گرمایش اجباری هوا ممکن است کمترین کارایی را داشته باشد.			
۳۵- کانال‌های تغذیه گرما، تجهیزات و کنترل‌ها در کجا قرار دارند؟			
۳۶- برقراری برنامه‌های کنترل کیفیت به منظور کاهش میزان اتلاف			
۳۷- آیا حفظ و نگهداری وسایل به طور دائمی انجام می‌شود یا مقطعی است؟			
۳۸- چه نوع حفظ و نگهداری به صورت منظم انجام می‌پذیرد؟			

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ادامه بخش ۱	عوامل قابل اجرا	نتایج تحقیقات	ملاحظات
۳۹- آیا کارکنان تعمیر و نگهداری دارای ابزار مناسب برای انجام کار هستند؟			
۴۰- فن‌های به کار گرفته شده در اجاق‌ها، کوره‌ها و مخازن حرارت داده شده و غیره را ملاحظه کنید.			
۴۱- تعمیر و نگهداری وسایل و تجهیزاتی را که در صورت کار نکردن اثرات جدی بر روی عملیات تولید خواهند داشت بررسی کنید.			
۴۲- در صورتی که از برج خنک‌کننده استفاده می‌شود، در چه شرایطی قرار دارد؟ الف – چه مدت یکبار تمیز می‌شود؟ ب- آیا کیفیت آب دائماً کنترل می‌شود؟			
۴۳- ارتفاع سقف چقدر است؟			
۴۴- دمای سیستم حرارتی چقدر است؟			
۴۵- درجه حرارت آب تغذیه جهت مصارف خانگی را بازرسی کنید؟			
۴۶- درجه حرارت آب تغذیه سیستم را بازرسی کنید.			
۴۷- دنبال راه‌هایی که بتوان حرارت سیستم را بازیافت نمود بگردید.			

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

بخش ۲	عوامل قابل اجرا	نتایج تحقیقات	ملاحظات
۱- آیا مسئول انرژی ساختمان صورتحساب‌های برق را می‌بیند؟			
۲- آیا فرد مسئول، جداول ماه به ماه هزینه‌ها، تقاضاها و مصارف امکانات شهری را نگهداری می‌نماید؟			
۳- آیا کارکنان شما می‌دانند که چگونه نرخ‌های برق را محاسبه کنند؟			
۴- آیا یک منحنی از بار مصرفی روزانه ساختمان ترسیم نموده‌اید؟			
۵- آیا کارکنان شما می‌دانند که چگونه کنتورهای برق و گاز را بخوانند؟			
۶- چه مقدار از انرژی شما برای اهداف خارج از شیفت کاری ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد؟			
۷- آیا پرونده‌ای برای اعمال برنامه‌های مدیریت انرژی تشکیل داده‌اید؟			
۸- آیا از کارکنان درخواست همکاری و ارائه پیشنهادات نموده‌اید؟			
۹- آیا یک فرد رده بالا دارید که در پیشبرد برنامه‌های مدیریت انرژی شما اقدام نماید؟			
۱۰- آیا می‌دانید که در زمان وقوع کمبودهای جدی چه انتظاراتی از شما وجود خواهد داشت؟			
۱۱- آیا کارکنان شما می‌دانند که در زمان کمبود جدی سوخت چه بایستی بکنند؟			

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ادامه بخش ۲	عوامل قابل اجرا	نتایج تحقیقات	ملاحظات
۱۲- آیا فهرستی از اولویت‌های استفاده از وسایل و تجهیزات خود تهیه کرده‌اید؟			
۱۳- آیا یک فهرست یادآوری مدیریت انرژی برای کارکنان و افراد ساختمان دارد؟			
۱۴- آیا مصرف‌کننده‌هایی دارید که بتوانند به غیر از مواقع پیک بار کار کنند؟			

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۲-۳- روش‌های صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های موجود :

الف - اصلاحات در ساختار و پوشش خارجی ساختمان

۱- اضافه کردن عایق در بام، کف یا دیواره‌هایی که عملاً امکان‌پذیر هستند.

۲- در صورت تعمیر و اصلاح بام استفاده از مصالح بارنگ روشن جهت کاهش بار حرارتی ناشی از تشعشع خورشید در ساختمان‌های با تهویه مطبوع

۳- تهویه فضاهای زیرشیروانی

۴- استفاده از قشر بازتابنده در پنجره‌ها در مقابل نور خورشید به منظور کاستن از بار سرمایش

۵- نصب کرکره یا پرده در پنجره‌ها جهت کاهش بار سرمایشی

۶- نصب پنجره‌های دو جداره بجای پنجره‌های معمولی

۷- تعویض چهارچوبه درب‌ها و پنجره‌ها با نوع مناسب

۸- آب‌بندی نمودن پوشش دیوارها

۹- حذف فاصله میانی اضافی بین درهای ورودی دوبله

۱۰- نصب نوار آب‌بندی گرداگرد درب‌ها و پنجره‌ها

۱۱- تعویض پنجره‌های شکسته شده

۱۲- بسته نگه‌داشتن درب‌های انبارها و گاراژها تا حد امکان

ب- اصلاحات سیستم روشنایی و توان الکتریکی

۱- نصب سیستم روشنایی با کارآیی بیشتر در هر جا که امکان پذیر باشد

۲- کاهش سطوح روشنایی کلی

۳- تهیه اجرای برنامه تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی به منظور حصول به کارایی بیشینه سیستم‌های موجود.

۴- استفاده از روشنایی مکمل برای اهداف خاص بجای افزایش روشنایی کلی

۵- استفاده از نور طبیعی در پیرامون مکان‌های اداری

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۶- استفاده از کلیدهای چندگانه برای انتخاب سطح روشنایی در ادارات، سالن‌های کنفرانس و ...

۷- کاهش سطح روشنایی در اماکنی که به سطوح روشنایی بالا نیازی ندارند مانند اتاق های انباری و کریدورها و ...

۸- به هنگام تغییر دکوراسیون استفاده از رنگ‌های روشن در سقف ، دیواره‌ها و کف اماکن با هدف کاستن از سطح روشنایی بالاتر

۹- کاستن از روشنایی دکوراسیون (تزئینات) و تبلیغات

۱۰- استفاده از تایمر (زمان‌سنج) و یا سلول‌های نوری (فتوسل‌ها) جهت کنترل روشنایی محوطه بیرونی ساختمان

۱۱- کاهش روشنایی بیش از حد پارکینگ‌ها و رساندن آن به حداقل سطحی که از نظر ایمنی مناسب باشد.

۱۲- استفاده از موتورهای الکتریکی با ابعاد مناسب ، زیرا موتورهای با ابعاد بزرگتر از حد لزوم، در ضریب توان پایین عمل می‌کنند

۱۳- تصحیح ضریب توان در هر جا که امکان‌پذیر باشد (حذف توان راکتیو)

۱۴- نصب تجهیزات محدود کننده

د – استفاده از کنترل‌ها

۱- کالیبره نمودن مجدد تمامی کنترل‌کننده‌ها

۲- تنظیم و قفل ترموستات‌ها جهت ممانعت از دخالت افراد غیرمسئول

۳- بررسی ترموستات های اتاق از نظر اینکه در جای مناسبی قرار گرفته باشند یعنی بر روی دیواره‌های سرد با دکوراسیون و یا در معرض تشعشع خورشید نباشند.

۴- نصب کنترل‌کننده‌های مجزا در هر اتاق و در هر جائیکه امکان‌پذیر است.

۵- نصب شیرهای با کنترل دما در رادیاتورهایی که دارای شیرهای معمولی بوده و با دست کنترل می‌شوند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۶- نصب سیستم کنترلی انتالپی به منظور بهینه‌سازی استفاده از هوای بیرون جهت سرمایش ساختمان

۷- نصب سیستم کنترل خودکار برای ساختمان در صورتی که مناسب و امکان‌پذیر باشد.

هـ – اصلاحات سیستم گرمایش، تهویه مطبوع و تجهیزات متنوع دیگر

۱- مطالعه دقیق انجام تغییرات زیرا انجام برخی از تغییرات ممکن است مصرف انرژی را افزایش دهد.

۲- بررسی مجدد، موازنه و تنظیم سیستم‌ها.

۳- خاموش نمودن تجهیزات تهویه مطبوع در طول ساعاتی که از اماکن استفاده نمی‌شود.

۴- تهیه و یا تجددنظر و اصلاح جداولی برای آنکه بتوان چراغها و سیستم‌ها را هر چه زودتر خاموش نمود.

۵- بهینه‌سازی برای دفعات و زمان‌های راه‌اندازی سیستم

۶- بستن مجرای هوای خارج در ساعاتی که از ساختمان استفاده نمی‌شود.

۷- کاهش مقدار هوای بیرونی

۸- کاهش حجم هوای سیستم

۹- کاهش نشتی از مجراها و کانال‌ها

۱۰- بررسی و تنظیم دمپر هوای خارج به منظور اطمینان از بسته شدن کامل و محکم آنها

۱۱- جایگزینی دمپرهای موجود با انواع با کیفیت بالاتر آنها در هر جائیکه امکان‌پذیر باشد.

۱۲- توجه به نشتی هوای خارج از سیستم تنظیم شده به هنگام متوازن یا غیر متوازن نمودن سیستم.

۱۳- تنظیم دمپرهای محفظهٔ اختلاط و واحدهای چندناحیه‌ای بطوری که برای جلوگیری از نشتی هوا کاملاً چفت شوند.

۱۴- در صورت امکان از کویل‌های پیش‌گرم‌کن برقی اجتناب گردد.

۱۵- افزایش دمای هوای مخلوط شده

۱۶- تنظیم مجدد دماهای گرم و سرد مبنا در جهتی که نیاز به گرمایش و سرمایش کاهش یابد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱۷- تنظیم گرم کردن مجدد تا حدی که بتوان فواصل زمانی را کاهش داد.

۱۸-باز تنظیمی دمای آب گرم و آب سرد متناظر با بارهای موجود.

۱۹- استفاده از پایین‌ترین دمای تشعشی ممکن در پیرامون اماکن.

۲۰- ممانعت از اینکه محیط و سیستم‌های داخلی بر خلاف یکدیگر عمل نکنند.

۲۱- بهینه نمودن عملکرد چیلرهای چند مرحله‌ای.

۲۲-به کار انداختن سیستم‌های جانبی سرمایش و گرمایش تنها هنگامی که به آنها نیاز است.

۲۳- در صورت امکان، در ساعات عدم حضور افراد تنها فن برگشت هوا جهت گرمایش عمل نماید.

۲۴-نصب سیستم تزریق هوای کمکی به منظور کاهش توان لازم فن .

۲۵- تبدیل سیستم فن حجم ثابت به عملکرد VAV .

۲۶-کاهش گرمایش در اماکنی که اشغالیت کمتری دارد.

۲۷- کاهش گرمایش در اماکنی که بیش از حد گرم شده‌اند و اجتناب از باز کردن پنجره‌ها به منظور کاهش دما.

۲۸- از کار انداختن فن‌های خروج هوا در طول سیکل‌های زمانی که از مکان استفاده نمی‌شود.

۲۹-بررسی سیستم‌های خروج هوا به منظور اطمینان از آنکه تنها مقدار هوای لازم به خارج فرستاده می‌شود.

۳۰-کاهش مقدار هوای خروجی از توالت‌ها، اتاق‌ها، آزمایشگاه‌ها و ... در صورت امکان.

۳۱-تغییر در سیستم فن‌های خروج هوا بطوریکه تنها هنگامی که افراد در محل حاضرند عمل نماید.

۳۲- کاهش دمای سیستم‌های تهیه آب گرم مصرفی.

۳۳- استفاده از کندانسور آبی جهت پیش گرمایش آب گرم مصرفی.

۳۴- استفاده از کندانسور آبی برای گرمایش مجدد هوای تهویه مطبوع.

۳۵- اصلاح در کلکتورهای خورشیدی و بکار بردن آنها در ساختمان جهت پیش‌گرمایش آب گرم مصرفی و آب گرم فرآیند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳۶- نصب تجهیزات بازیافت حرارت به منظور استفاده مجدد از خروجی‌های آشپزخانه و فرآیند.

۳۷- انجام عایق‌بندی لوله‌ها و کانال‌ها و مجاری عبور سیال گرم و سرد.

۳۸- جایگزینی عایق‌های مستعمل در بویلرها، کوره‌ها، لوله‌ها و کانال‌ها.

۳۹- کاهش جریان آب خنک شده و آب گرم.

۴۰- اصلاح پروانه پمپ به منظور مطابقت با بار آن.

۴۱- تبدیل شیرهای سه راهه و دوراهه و نصب پمپ‌های با سرعت متغیر. (VSD)

۴۲- بررسی ابعاد مخزن انبساط، زیرا مخازن انبساط کوچک سبب اتلاف در مصرف آب می‌شوند که این امر تلفات در مصرف انرژی را نیز در پی دارد.

۴۳- ارزیابی و اطمینان از خاموش شدن مولدهای بخار و آب گرم در فصل تابستان و استفاده از بویلرها و آبگرمکن‌های کوچک به جای آنها درطول دورهٔ زمانی مربوطه.

۴۴- جلوگیری از اتلاف بخار تقطیر شده و برگشت آن به بویلرها.

۴۵- در صورت دسترسی به بخار با فشار بالا استفاده از توربین‌های بخار برای رانش فن‌ها و پمپ‌ها، بعلاوه توربین می‌تواند بعنوان شیر انبساط جهت تهیه بخار با فشار کم نیز عمل نمایید.

۴۶-تعمیر و رفع کلیهٔ نشتی‌های آب، گاز، بخار و هوای فشرده.

۴۷- استفاده از سیستم تصفیه و سختی‌گیری آب مناسب به منظور کاهش رسوباتی که بر روی سطوح تبادل حرارتی مبدل‌ها جمع می‌شوند.

۴۸- عدم استفاده بیش از حد لزوم از مواد شیمیایی جهت سختی‌گیری آب.

۴۹-بررسی دوره‌ای آب خنک شده توسط برج خنک‌کننده به منظور اطمینان از اینکه آب سختی‌گیری شده و مواد شیمیایی استفاده شده برای سختی‌گیری آن هدر نمی‌شوند.

۵۰-نگهدرای تجهیزاتی چون برج‌های خنک‌کننده، کولرهای تبخیری و کندانسورهای هوایی به منظور حصول به بهترین کارآیی ممکن آنها.

۵۱- تعمیر و بازرسی دوره‌ای وسایلی چون تله‌های بخار، شیرهای شناوری و ...

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵۲- تهیه و اجرای برنامه‌ای برای تعمیرو نگهداری به منظور اطمینان از کارآیی بیشتر تجهیزات.

۵۳- تعمیر و نگهداری و تمیز کردن وسایل پخت و پز جهت دستیابی به حداکثر راندمان آنها.

و – اصلاحات تجهیزات احتراقی

۱- وارسی ساختمان از نظر وجود فشار منفی، که در آن سبب کاهش راندمان احتراق می‌گردد.

۲- وارسی دودکش‌ها و مجراهای خروجی گازهای حاصل از احتراق از نظر بسته بودن و یا شرایط نامناسب مکشی در آنها.

۳- تمیز کردن سطوح احتراقی .

۴- بررسی و تنظیم نسبت سوخت به هوا.

۵- جایگزینی مشعل‌های اتمسفر یک با مشعل‌های قدرتی.

۶- نصب کنترل کننده‌های فشار بر روی کوره‌ها.

۷- نصب کنترل‌کننده‌های اتوماتیک احتراق هوا – گاز.

۸- تعمیر دوره‌ای شکاف‌های ایجاد شده در کوره ها و اجاق‌ها و ... .

۹- پیش‌گرمایش هوای احتراق با استفاده از حرارت اتلافی .

هـ – استفاده از پنجره‌های THERMAL BREAK :

این سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که پروفیل سطوح داخل و خارج از یکدیگر مجزا شده و یک نوع عایق از جنس پلی‌آمید بین آنان قرار می‌گیرد و موجب حذف انتقال

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

حرارت می‌گردد. به منظور حذف آلودگی صوتی نیز می‌توان این سیتم را شیشه دوجداره در نظر گرفت. این سیستم در پنجره‌های موجود و نصب شده قابل تعبیه نبوده و جهت استفاده از آن باید تمامی پنجره‌ها را تعویض نمود.

عایق حرارتی پلی امید تحت نام عمومی نایلون شناخته می‌شود.

عایق پلی امید دارای خصوصیات زیر می‌باشد:

۱- عایق‌بندی حرارتی قوی

۲- غیرقابل نفوذ در مقابل باران‌های سنگین، مقاوم در مقابل رطوبت و شرایط جوی

۳- جلال‌پذیری و قابلیت انودایزمیک

۴- طول عمر زیاد

۵- ضریب انتقال حرارت پایین با کمترین ضخامت ممکن

۶- استحکام و منحنی بالا، انبساط حرارتی همسو با آلومینیوم

۷- مقاوم در مقابل مواد شیمیایی، آب، اشعه uv و حرارت

۸- قابلیت شکل‌پذیری بالا

۹- این عایق در محل اتصال به پروفیل آلومینیوم، دارای چسبی به صورت سیم می‌باشد که مقاومت خوبی در مقابل رطوبت و نم و باران‌های شدید داشته و استحکام کشش را نیز افزایش می‌دهد. همانطور که گفته شد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵–۳– نتایج مطالعات موردی در ۵ نمونه ساختمان

۵-۳-۱- تراز مصرف انرژی الکتریکی

این نمودارها نشان‌دهندهٔ میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده می‌باشد و همانطور که در نمودارهای (۵-۱) ملاحظه می‌شود، بخش روشنایی حدود ۲۵٪ از مصرف را در انواع ساختمان‌ها به خود اختصاص می‌دهد که با تمهیداتی مانند استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف و یا کنترل زمانی می‌توان مصرف این بخش را در ساختمان کاهش داد.

۵–۳–۲– شاخص‌های مصرف ویژه انرژی حرارتی و الکتریکی (KWh/m^2 , MJ/m^2)

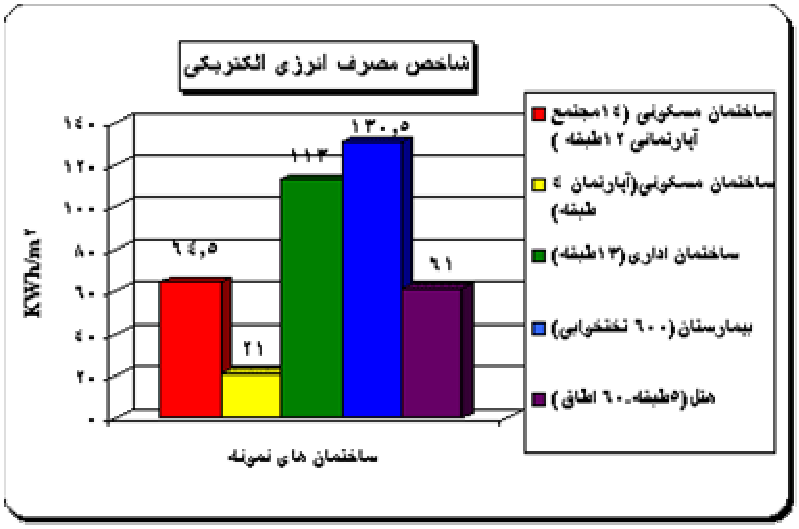
این شاخص‌ها نشان‌دهنده میزان مصرف انرژی بر واحد سطح بوده که مبنای مقایسهٔ مناسبی برای ساختمان‌های دارای یک نوع کاربری (تیپولوژی) می‌باشد و در صورت مطالعه و انجام ممیزی انرژی در نمونه‌های بیشتری از ساختمان‌های نمونه و برآورد متوسط مصرف بین آنها و یا مقایسه با نرم‌های جهانی این شاخص، می‌توان مقادیر بیشینه مصرف و یا پتانسیل صرف‌جویی را تعیین نمود.مقایسه این شاخص ها را در۵ نمونه ساختمان در نمودارهای(۵-۲) ارایه شده است.

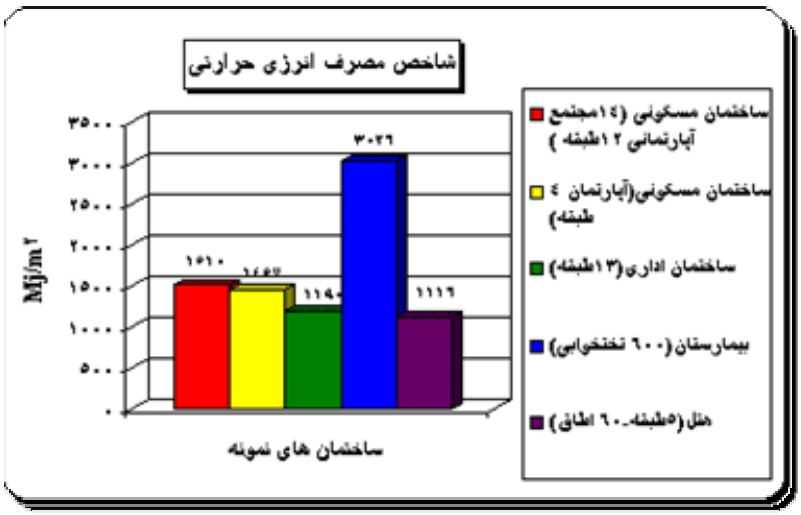
۵-۳-۳- تراز تلفات انرژی حرارتی از جداره‌های خارجی ساختمان

نمودارهای (۵-۳) براساس بار گرمایشی ساختمان (انرژی حرارتی مورد نیاز) و مقادیر ضریب انتقال حرارت جداره‌های خارجی ساختمان با در نظر گرفتن نرخ تعویض هوا و تلفات نفوذ از درزها ترسیم شده و میزان تلفات انرژی حرارتی از روش متداول روز – درجه (Degree-Days) برآورد گردیده است. در این نمودار درصد تلفات انرژی از هر یک از جداره‌های ساختمان (سقف، کف، دیوارهای خارجی و پنجره‌ها) مورد مقایسه قرار گرفته و در نتیجه اولویت اجرای عایقکاری و یا استفاده از پنجره‌های دوجداره را به منظور کاهش این تلفات و در نتیجه کاهش مصرف انرژی مشخص می‌نماید.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org



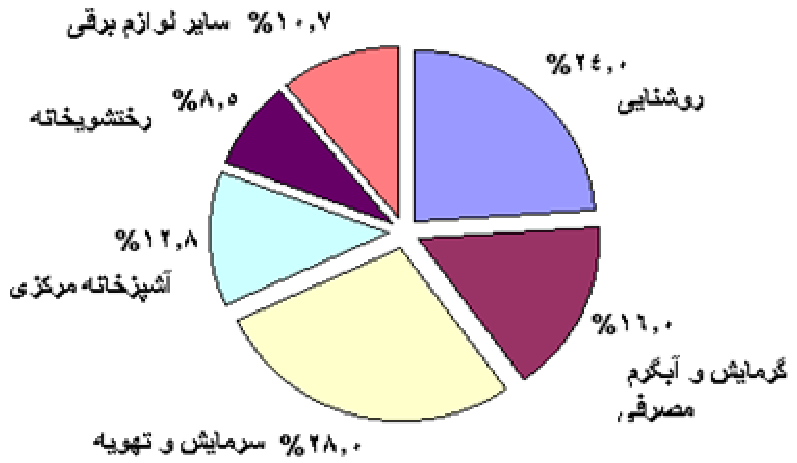


نمودار های (۵-۲) شاخصهای مصرف انرژی الکتریکی و حرارتی در ۵ نمونه ساختمان

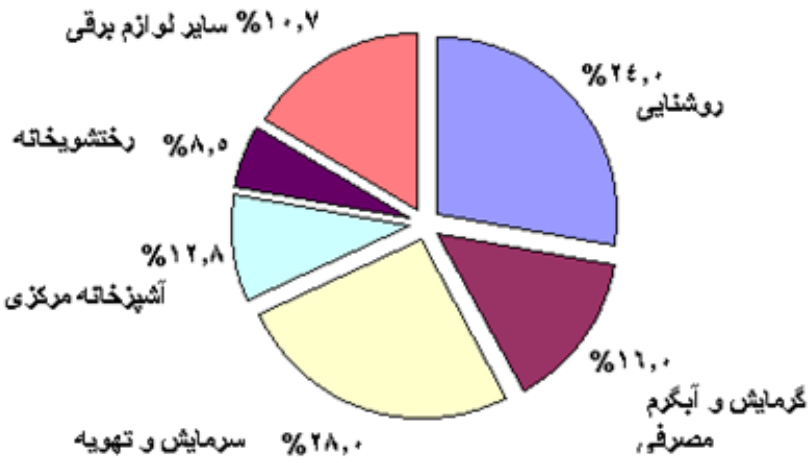
www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

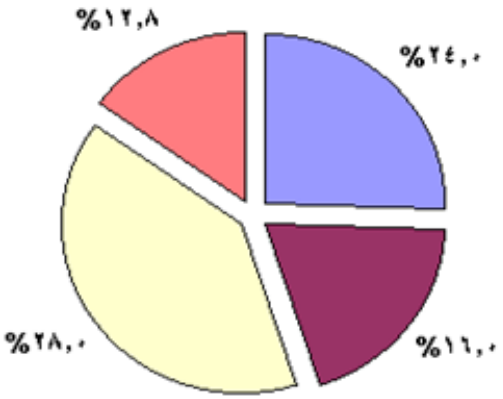
تراز مصرف انرژی الکتریکی در بیمارستان



تراز مصرف انرژی الکتریکی در هتل



تراز مصرف انرژی الکتریکی در ساختمان اداری



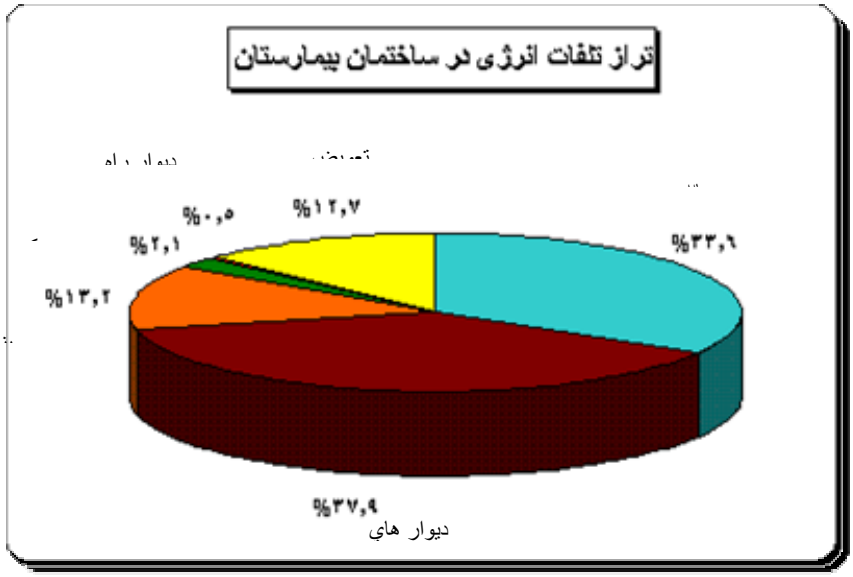
www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

جدول(۵-۸) میزان تلفات انرژی از جداره‌های خارجی یک بیمارستان

نوع جدار	تلفات انرژی W/°C	روز درجه Degree-Day	تلفات انرژی سالیانه Kwh/yr	درصد %
سقف	۵۴۳۲	۲۵۰۹	۱۳۶۲۷۸۰۲	۳۳/۶
دیوارهای خارجی	۶۱۳۴	۲۵۰۹	۱۵۳۸۸۹۷۹	۳۷/۹
پنجره‌ها	۲۱۴۲	۲۵۰۹	۵۳۷۳۸۵۰	۱۳/۲
کف	۳۴۰	۲۵۰۹	۸۵۲۹۹۲	½
دیواره راه‌پله	۸۵	۲۵۰۹	۲۱۳۲۴۸	۰/۵
تعویض هوا	۲۰۵۰	۲۵۰۹	۵۱۴۳۰۴۰	۱۲/۷
مجموع	۱۶۱۸۳		۴۰۵۹۹۹۱۰	۱۰۰

$$Q(KWh/yr) = [\, U(W/m^2.°C) \times A(m^2) \times D.D(\frac{°c.day}{yr}) \times 24(hr/day)\,] \div 1000$$



نمودارهای(۵-۳) تراز تلفات انرژی حرارتی از جداره های خارجی ساختمان

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۳-۴- پتانسیل صرفه‌جویی انرژی الکتریکی و حرارتی

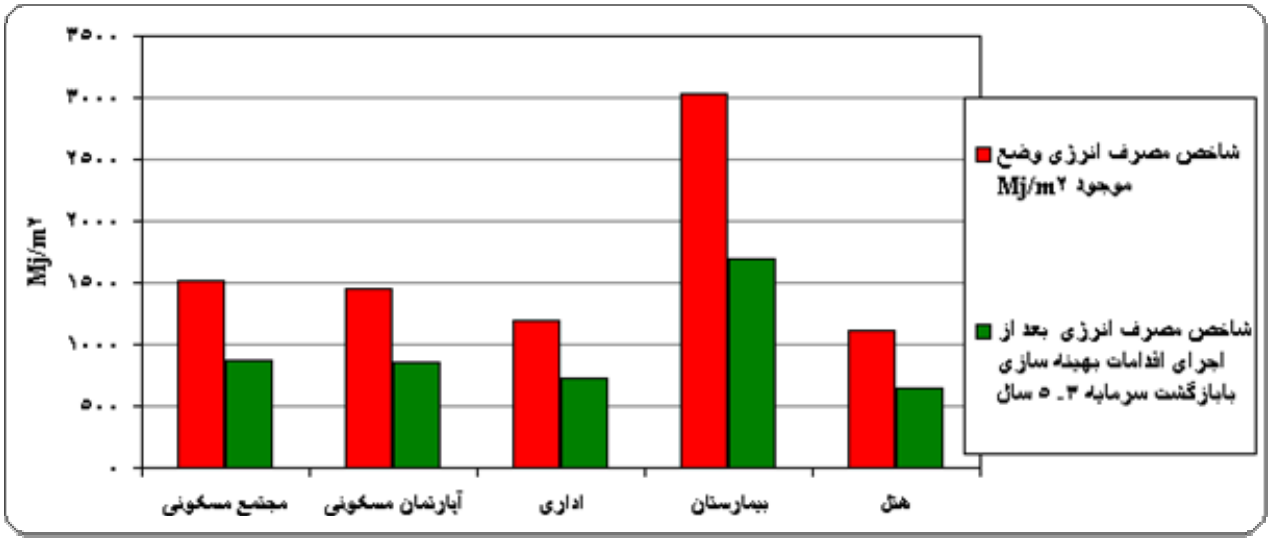
پتانسیل صرفه‌جویی با بکارگیری روش‌های متداول بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان قابل دسترسی می‌باشد این صرفه‌جویی با استفاده از عایقکاری جداره‌های خارجی ساختمان (سقف، کف و دیوارهای خارجی) – استفاده از پنجره‌های دوجداره، کنترل ترموستاتیک مرکزی دما و یا استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف و سایر موارد پیشنهادی محاسبه گردیده است.

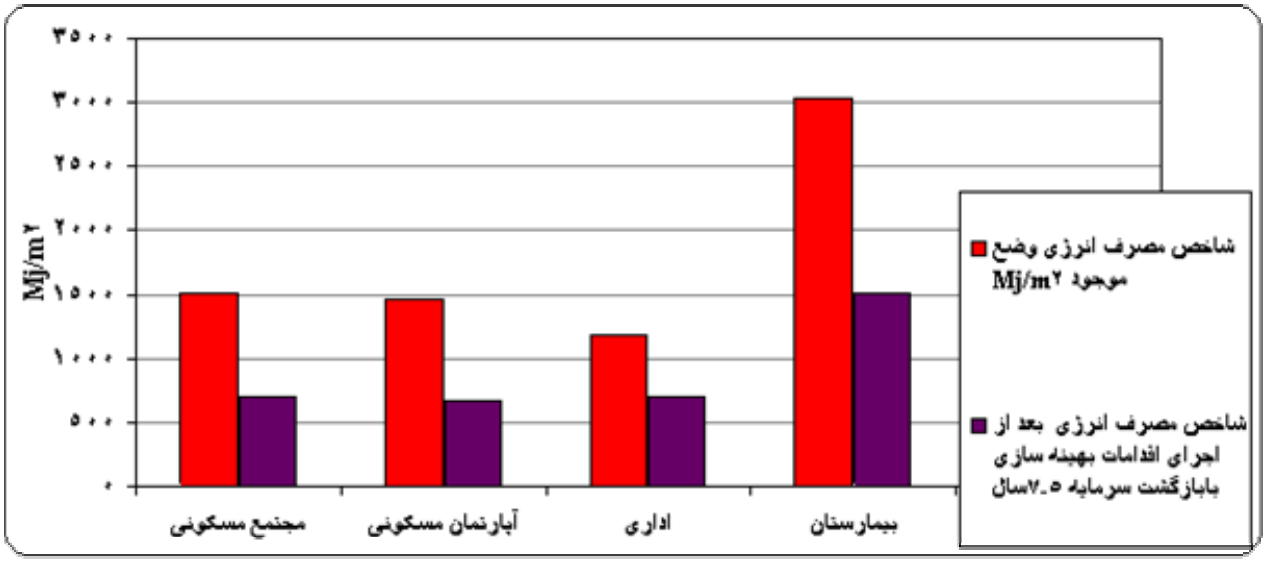
جدول(۵-۹)پتانسیل صرفه‌جویی انرژی الکتریکی و مقادیر شاخص مصرف انرژی بعد از اجرای اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی

ساختمان‌های نمونه	مساحت زیربنا	شاخص مصرف انرژی وضع موجود	شاخص مصرف انرژی بعد از اجرای اقدامات بهینه‌سازی	صرفه‌جویی درصد	صرفه‌جویی سالانه انرژی معادل تن نفت خام
ساختمان مسکونی (۱۴ مجتمع آپارتمانی ۱۲ طبقه)	m^2	Kwh/m^2	با بازگشت سرمایه ۳-۵ سال	٪	TOE
ساختمان مسکونی (آپارتمان ۴ طبقه)	۵۰۴۰۰	۶۴/۵	۵۱	۲۱	۱۷۴/۹۶
ساختمان اداری (۱۳ طبقه)	۱۵۷۸	۲۱	۱۸	**۱۴**	۱
بیمارستان (۶۰۰ تختخوابی)	۹۲۳۰	۱۱۳	۹۶	۱۵	۴۰
هتل (۵ طبقه – ۶۰ اطاق)	۳۸۶۰۱	۱۳۰/۵	۱۰۷	۱۸	۲۳۳
هتل (۵ طبقه – ۶۰ اطاق)	۳۷۸۱	۶۱	۴۷/۶	۲۲	۱۳
	۱۰۳۵۸۰	-	-	-	۴۶۳

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org





نمودار(۵-۴)پتانسیل صرفه جویی انرژی قبل و بعد از اجرای اقدامات بهینه سازی مصرف انرژی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۴- عایق کاری حرارتی ساختمان ها

مقدمه

در زمینه صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها، رعایت ضوابط مربوط به عایق‌کاری حرارتی (گرمابندی) از اهمیت بسزایی برخوردار است. این امر نه تنها مانع از به هدر رفتن سرمایه‌های ملی انرژی می‌شود، بلکه آسایش حرارتی ساکنین را نیز بهبود می‌بخشد.

در اینجا روش‌های مختلف عایق‌کاری جداره‌های خارجی ساختمان و همچنین نکاتی در زمینه روش‌های اجراء نقاط ضعف و مزایای هر سیستم تشریح می‌شود.

کلیات

۵-۴-۱ - انتقال حرارت از جداره های خارجی ساختمان

در ساختمان‌ها، در تمامی فصول سال و در تمام ساعات روز بین فضای داخل ساختمان و محیط خارج تبادل حرارت صورت می‌گیرد. درشکل (۵-۵) دو حالت اصلی در تبادل حرارت نشان داده شده است. حالت اول (گرمایش) در صورتی بوجود می‌آید که در بیلان انرژی ساختمان، میزان مابه‌تفاوت بین انرژی‌های رایگان کسب شده (گرمای ساکنین، حرارت روشنایی، وسایل پخت و پز و انرژی خورشید: شکل(۵-۶) و انرژی از دست رفته (از طریق هدایت از پوسته خارجی ساختمان و تهویه : شکل(۵-۷) بالا نشان داده شده و از تجهیزات گرمایشی استفاده گردد. در حالت دوم (سرمایش) انرژی‌های رایگان کسب شده باید با استفاده از تجهیزات سرمایشی به خارج از ساختمان هدایت شود.

بدیهی است که در هر دو حالت، وجود عایق‌کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان و همچنین کنترل هوشمند میزان تهویه و تعویض هوا نه تنها باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی جهت گرمایش یا سرمایش می‌شود، بلکه آسایش حرارتی ساکنین را نیز بهبود می‌بخشد.

۵-۴-۲-کاربرد عایقهای حرارتی در ساختمان

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

عایق حرارتی قابل استفاده در ساختمان به عایقی اطلاق می‌شود که دارای ضریب هدایت حرارتی کمتر یا مساوی **0.062 w/m.k** و مقاومت حرارتی مساوی یا بیشتر از **0.5 m.k/w** باشد.

عایق‌کاری حرارتی یا بوسیله یک ماده یا مصالح خاص (شکل۵-۸) و یا توسط سیستمی با چندین کارآیی صورت می‌گیرد (شکل۵-۹). برای مثال یک دیوار باربر می‌تواند در عین حال عایق‌کاری حرارتی را نیز تأمین کند. ولی در اکثر موارد، لازم است که لایه‌ای صرفاً جهت محدود کردن انتقال حرارت به جدار اضافه شود.

۵-۴-۳- آسایش حرارتی

شرایطی که ۸۰٪ انسان‌ها در آن احساس آسایش می‌کنند. لازم به ذکر است که دماهای متفاوت قسمت‌های مختلف جدارها، پایین بودن دمای سطحی رویه داخلی جداره‌های خارجی، بالا بودن عرض درزهای بازشوهای پوسته خارجی از جمله مواردی است که می‌تواند ایجاد اختلال در آسایش حرارتی ساکنین بنماید.

۵-۵- روش‌های اجرای عایق‌کاری حرارتی

۵-۵-۱- عایق‌کاری از داخل

عایق‌کاری حرارتی از داخل جزو رایج‌ترین روش‌ها به حساب می‌آید و با اجرای آسان و اقتصادی آن، کارآیی خود را در دهه‌های اخیر به اثبات رسانیده است . در این روش عایق حرارتی بر روی طرف داخلی جدار قرار می‌گیرد (شکل۵-۱۰) . دیوار خارجی در این حالت عایق حرارتی را محافظت می‌کند و اثر عوامل خارجی بر روی عایق را خنثی می‌نماید.

جهت سهولت و سرعت در عملیات نصب بر روی دیوارها و سقف‌های نهایی، در کشورهای غربی از پنل‌های گچی استفاده می‌شود که یک از طرف به عایق پیش ساخته چسبیده شده‌اند. تخته گچی از عایق در مقابل ضربه و حریق حفاظت می‌کند و عملیات نازک کاری ساختمان به ساده‌ترین شکل ممکن صورت می‌گیرد. در این سیستم عایق‌کاری دیوارها، معمولا از چسب‌های مشابه چسب کاشی استفاده می‌شود و روش اجراء نیز همانند نصب کاشی می‌باشد (شکل‌های ۵-۱۱ و ۵-۱۲)

در بعضی سیستم‌ها، پنل‌های پیش‌ساخته به یک شکل چوبی یا فلزی که به دیوار وصل شده است پیچ می‌شود (شکل ۵-۱۳ و ۵-۱۴)

نقطه ضعف این سیستم عایق‌کاری، وجود پل‌های حرارتی می‌باشد (شکل۵-۱۶) و لازم است از برخی سیستم‌های خاص جهت رفع آنها استفاده کرد. همانگونه که می‌دانیم، عدم وجود عایق حرارتی در محل پل‌های حرارتی باعث پایین بودن دمای سطحی رویه داخلی جدار می‌شود (شکل ۵-۱۷) و این امر باعث پدید آمدن میعان بر روی سطح داخلی جدار و ایجاد مشکلات و خرابی‌ها می‌گردد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

عایق‌کاری از داخل هر چند که دوام عایق را افزایش می‌دهد، ولی در عین حال نوسان‌های حرارت در دیوار خارجی را تقویت کرده و در صورتی که در نما از مواد و مصالح ناهمگن استفاده شده باشد، با تشدید تنش‌های ناشی از انبساط و انقباض می‌تواند باعث ایجاد ترک و خرابی در نمای ساختمان گردد.

۵-۵-۲- عایق‌کاری از خارج

عایق‌کاری از خارج در دهه اخیر مورد توجه خاص قرار گرفته است. اجرای این نوع عایق‌کاری با پدید آمدن تکنیک‌ها و سیستم‌های جدید بسیار آسان شده است (شکل ۵-۲۰).

از مزایای اصلی این روش نسبت به عایق‌کاری از داخل، حذف شدن پل‌های حرارتی می‌باشد. در ضمن، در پروژه‌های بازسازی، عایق‌کاری از خارج بهترین روش محسوب می‌شود، زیرا بطور همزمان نما و جلوه‌ای تازه به ساختمان می‌بخشد (شکل۵-۲۱)،

- چسباندن عایق به دیوار و اجرای نمای خارجی با استفاده از الیاف شیشه و رزین یا فایبرگلاس(شکل۵-۲۶)
- چسباندن و اتصال مکانیکی عایق به دیوار و اجرای نمای خارجی با استفاده از الیاف شیشه و رزین (فایبرگلاس) و یا تور مرغی و ملات سیمان. (شکل۵-۲۷)
- چسباندن عایق و (یا) اتصال مکانیکی عایق به دیوار و پوشاندن آن با آردواز (شکل۵-۲۲) یا بلوک‌های سفالی (شکل ۵-۲۳)
- استفاده از قطعات پیش‌ساخته و چسباندن یا اتصال مکانیکی قطعات به دیوار (شکل۵-۳۰)
- استفاده از قطعات پیش‌ساخته و اتصال مکانیکی قطعات به دیوار (شکل۵-۲۸ و۵-۲۹)

تکنیک‌های به کار رفته برای سقف‌های افقی (شکل ۵-۳۱) و شیب دار (شکل۵-۳۳) نیز تا حدی مشابه روش‌های عایق‌کاری دیوارها می‌باشند.

عایق‌کاری کف‌های زیرین نیز جهت پل‌های حرارتی ضروری می‌باشد (شکل۵-۳۲).

در مورد زیر شیروانی‌های غیرقابل دسترس، استفاده از عایق‌های رولی (شکل۵-۳۳) یا پاشیدنی توصیه می‌شود. کف‌های روی پیلوت را نیز، می‌توان با استفاده از فوم‌های پاشیدنی عایق‌بندی نمود. درکشورهای غربی از پانل‌های ساخته شده از الیاف چوب نیز استفاده می‌شود.

از دیگر مزایای این روش ثابت ماندن درجه حرارت در قسمت سنگین دیوار و در نیتجه وجود یک اینرسی حرارتی قابل توجه و بهبود آسایش حرارتی می‌باشد.

۵-۵-۳- عایق‌کاری گسترده

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در این نوع عایق‌کاری، دیوار معمولاً بعنوان عایق حرارتی نیز کارآیی دارد. در این سیستم، می‌توان از مصالح و قطعات سبک عایق (مانند سیپورکس، لیکابتن، ...) استفاده کرد (شکل۵-۳۴) و یا با استفاده از بلوک‌های مجوف (شکل۵-۳۵) و یا بلوک‌هایی که در قسمت میانی دارای عایق حرارتی می‌باشند (شکل۵-۳۶ و۵-۳۷) مقاومت حرارتی جدار خارجی را تأمین کرد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۵-۴- روشهای اجرای عایقکاری حرارتی جداره های خارجی ساختمان

در این بخش به منظور آشنایی با انواع روش‌های اجرای عایقکاری حرارتی جداره‌های خارجی ساختمان شامل دیوارهای خارجی، سقف، کف و عایقکاری گسترده مواد و مصالح بکاررفته و مزایا و معایب هر یک از روش ها، جدول‌های ۵-۱۰ الی ۵-۱۲ ارائه شده است.

« جدول(۵-۱۰) روش‌های اجرای عایقکاری حرارتی در جداره‌های خارجی ساختمان »

محل اجرای عایق حرارتی	نوع جدار	نوع عایق	روش اجرای عایق	مزایای روش	معایب روش
عایقکاری دیوار از داخل	سنگین و نیمه سنیگن با مصالح بنایی یا بتنی	قطعات پلی استایرین + روکش گچی	چسب‌های خمیری و یا اتصالات مکانیکی به یک شبکه چوبی یا فلزی متصل به دیوار	عملیات نازک‌کاری راحت‌تر و سریعتر انجام می‌پذیرد	وجود پلهای حرارتی و پایین بودن دمای سطحی رویه داخلی دیوار و ایجاد میعان
		قطعات پلی یورتان + فیبر شیشه + کاغذ آلومینیوم، کاغذ قیراندود یا روغنی (کرافت) یا گچ محافظ	" "	مقاومت حرارتی بالا	اشتعال‌پذیری زیاد
		پشم معدنی (پشم سنگ یا پشم شیشه) + ورق کاغذ قیراندود کاغذ آلومینیوم	" "	ارزان قیمت	نفوذپذیری بالای بخار آب
عایقکاری دیوار از خارج	**سنگین**	قطعات پیش‌ساخته پلی‌استایرن + ملات نمای سیمانی		ضریب نفوذپذیری کم	
		قطعات پیش‌ساخته پلی‌استایرن + رویه‌نمای فایبرگلاس	مشابه بالا ولی بدلیل سبک بودن فایبرگلاس نیازی به پیچ‌های اتصال نمی‌باشد	امکان اجراء سریع در هنگام بازسازی ساختمان	- کم کردن اینرسی حرارتی جدار و امکان ایجاد شوک حرارتی - در صورت نفوذ آب خاصیت عایق از بین می‌رود
		قطعات پشم معدنی – (پشم سنگ یا پشم شیشه)+ ملات نمای سیمانی	" "	ارزان قیمت	نفوذ پذیری بالای بخار آب

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

« جدول(۵-۱۱) روش‌های اجرای عایق‌کاری حرارتی در جداره‌های خارجی ساختمان »

محل اجرای عایق حرارتی	نوع جدار	نوع عایق	روش اجرای عایق	مزایای روش	معایب روش
عایقکاری سقف شیبدار	سقف شیبدار با عایق حرارتی روی سقف کاذب ۱- روی سقف کاذب شیبدار ۲- روی سقف کاذب صاف	عایق حرارتی + لایه بخار بند + نازک‌کاری داخلی	- اصول اجراء مشابه سقف کاذب بام - سطح - استفاده از عایق حرارتی به صورت فله روی سطح سقف کاذب	بهترین سیستم جهت عایق‌کاری حرارتی زیر شیروانی‌های غیرقابل دسترس	دشواری‌های اجراء
عایکاری حرارتی کف از داخل	زیر کف شناور	پشم‌های معدنی با وزن حجمی بالا، پلی‌استایرین، پلی یورتان + قطعات بافته شده از الیاف فشرده چوب	عایق روی کف سازه‌ای قرار می‌گیرد و کف‌سازی نهایی (کف شناور+ لایه بخاربند) روی آن اجراء می‌شود		امکان نفوذپذیری بخار آب در صورت عدم استفاده از یک لایهٔ پلی‌پروپیلن با ضخامت حداقل ۱۰ میکرون
عایقکاری حرارتی کف از خارج	عایق حرارتی چسبیده یا پاشیده در ته قالب	پشم معدنی ، پلی استایرین + کاغذ کرافت یا آلومینیوم	عایق زیر کف سازه‌ای قرار می‌گیرد و بین آن یک لایه بخار بند بکار می‌رود		
کف یا قطعات عایق حرارتی	کف تیرچه و بلوک‌های پلی‌استایرین کف عایق حرارتی روی خاک	بلوک‌های پلی‌استایرین	جایگزینی بلوک‌های سفالی یا بتنی با بلوک‌های پلی استایرین بعد از قرار دادن لایه نم‌بند روی خاک، کف با استفاده از مواد و مصالح عایق حرارتی اجراء می‌شود	سیستم رایج در اجرای کف‌های گربه رو یا پارکینگ	تیرهای بتنی بین بلوک‌ها باعث ایجاد پل‌های حرارتی می‌گردند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

« جدول (۵-۱۲) روش‌های اجرای عایق‌کاری حرارتی در جداره‌های خارجی ساختمان »

محل اجرای عایق حرارتی	نوع جدار	نوع عایق	روش اجرای عایق	مزایای روش	معایب روش
عایقکاری سقف شیبدار	قطعات عایق حرارتی زیر سازه سقف	عایق حرارتی + لایه بخاربند+اندود گچ (نازک‌کاری داخلی)	قطعات عایق نخست زیر تیرها و تیرچه‌ها کار گذاشته می‌شوند، قطعات پیش‌ساخته عایق در طرف رو به داخل با یک لایه گچی یا چوبی پوشیده می‌شوند	عملیات نازک‌کاری با سهولت و سرعت بیشتری صورت می‌گیرد	
	قطعات عایق حرارتی در بین اجزاء سازه سقف	عایق حرارتی + لایه بخاربند+ اندود گچ (نازک‌کاری داخلی)	بعد از اتمام عملیات رویه داخلی سقف (لبه‌کوبی و یا نصب تخته‌های چوبی یا گچی)عایق حرارتی بر روی آن کار گذشته می‌شود		منقطع بودن عایق حرارتی باعث ایجاد پل‌های حرارتی در سقف می‌گردد
	قطعات عایق حرارتی روی سازه سقف ۱-سقف شیبدار با پشم معدنی (به صورت توپی) ۲- سقف شیبدار با قطعات عایق حرارتی باربر	پشم معدنی + لایه بخاربند+نازک‌کاری داخلی	- پشم معدنی روی تیرها کار گذاشته و متصل می‌گردد، سپس قطعات مربوط به زیرسازی (ترکه‌کوبی) روی تیرها نصب می‌شود. - قطعات عایق روی تیرهای سازه اجرا می‌شود و سپس زیرسازی (ترکه کوبی) روی عایق کار گذاشته می‌شود		
	سقف شیبدار با قطعات عایق حرارتی ۱- با تیرچه و بلوک‌های پلی استایرن ۲- با ساندویچ پنل‌های صنعتی	- بلوک پلی‌استایرین + تیرچه بتنی + لایه بخاربند +نازک کاری داخلی - عایق پلی یورتان تزریق شده به بین دو لایه + (دو رویه فلزی و آهن گالوانیزه یا آلومینیوم)		- روش رایج در اجرای سقف شیبدار سنگین - سیستم متداول در پروژه‌های صنعتی و غیر صنعتی	تیرهای بتنی بین بلوک‌ها باعث ایجاد پل‌های حرارتی می‌گردند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

« جدول(۵-۱۳) روش‌های اجرای عایق‌کاری حرارتی در جداره‌های خارجی ساختمان »

محل اجرای عایق حرارتی	نوع جدار	نوع عایق	روش اجرای عایق	مزایای روش	معایب روش
عایقکاری گسترده	بلوک‌های بتنی سبک	مصالح وقطعات سبک عایق (مانند سیپورکس،لیکابتن)	لازم است در اجرای جزئیات اتصالات این نوع دیوار به اجزای سازه‌های توجه خاص شود	امکان اجراء سریع در هنگام نوسازی ساختمان	در صورت نفوذ آب خاصیت عایق از بین می‌رود
عایقکاری گسترده	دیوار از قطعات ساندویچی عایق‌دار ۱-دیوار ساندویچ پنل صنعتی	قطعات بزرگ عایق (پلی یورتان) بین دو ورق فلزی (آهن گالوانیزه یا آلومینیوم) یا دو لایهٔ از بتن یا فایبرگلاس	لزوم پیش‌بینی یک سیستم کلاف‌بندی جهت مقاوم ساختن قطعات در برابر نیروهای خارجی (جلوگیری از ایجاد پل‌های حرارتی)	-نفوذ پذیری در حد صفر و جدارها کمترین اینرسی حرارتی را دارا می‌باشد. - برای ساختمان های با استفاده منقطع توصیه می‌شود (اداری، تجاری)	
	۲-دیوار با بلوک‌های مجوف سفالی عایق‌دار	قطعه بزرگ عایق (پلی‌استایرن) بین دو قطعه سفالی دندانه‌دار			
دیوار دو جداره	بلوک‌های پیش‌ساخته سنگین و نیمه‌سنگین با مصالح بنایی	یک لایه عایق حرارتی مصنوعی یا پشم معدنی +یک لایه خارجی با مصالح بنایی	عایق حرارتی بوسیلهٔبست‌های مخصوص به جدار داخلی متصل می‌گردد و در مرحله بعد جدار خارجی با مصالح بنایی اجراء می‌گردد.	امکان اجرای سریع در هنگام نوسازی ساختمان	
		یک لایه عایق حرارتی مصنوعی یا پشم معدنی + یک لایه هوا + یک لایه خارجی با مصالح بنایی	در زمان اجرا باید دقت شود که بین جدار خارجی و عایق، لایه هوایی به ضخامت ۲ سانتیمتر وجود داشته باشد		

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵–۶– بهینه‌سازی مصرف انرژی در تأسیسات حرارتی و برودتی

۵–۶–۱– معرفی سیستم‌های تهویه مطبوع

شرایط محیط زیست انسان تأثیر زیادی بر چگونگی حالات روحی و روانی، وضعیت و شرایط فیزیکی، نحوه انجام کار و به طورکلی تمام شئونات زندگی او دارد. با توجه به اینکه بخش عمده زندگی انسان‌ها در داخل ساختمان‌ها می‌گذرد ایجاد شرایط مطلوب زیست محیطی در داخل ساختمان‌ها، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. از مهمترین شرایط داخلی ساختمان‌ها تهیه تهویه مطبوع مناسب با توجه به نوع فعالیت انسان‌ها است زیباترین و گرانبهاترین ساختمان‌ها در صورتیکه فاقد سیستم‌های گرمایش و سرمایش مناسب باشند، قابل سکونت و استفاده نخواهند بود.

از وظایف عمده یک سیستم تهویه مطبوع عبارتند از : کنترل و تنظیم دمای هوا – تنظیم رطوبت – زدودن گرد و غبار و سایر آلودگی‌های هوا – تنظیم سرعت وزش هوا. البته گرمایش و سرمایش هوا متناسب با اقلیم و فصول، عمده‌ترین وظیفه یک سیستم تهویه مطبوع بوده و ایجاد شرایط دیگر از وظایف بعدی می‌باشند.

شناخت و انتخاب صحیح نوع سیستم گرمایش و سرمایش برای یک ساختمان، بسیار مهم و مسئله حساسی است که باید بوسیله مهندسین طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع تصمیم‌گیری شود. البته در انتخاب علاوه بر دانش مهندسین طراح، نظرکارفرما و نحوه استفاده و شرایط و امکانات ساختمان نیز دخالت دارند. عوامل زیادی باید مورد تجزیه و تحلیل و قضاوت قرارگیرند که از اهم آنها، ایده‌های صاحب ساختمان و جنبه اقتصادی طرح می‌باشند. عمده‌ترین نکاتی که در موقع طراحی و انتخاب سیستم تهویه مطبوع باید مد نظر باشند عبارتند از:

۱- امکانات مالی

۲- نوع ساختمان – هدف و موقعیت مکانی

۳- مشخصات هوای خارج از نظر دما – رطوبت – باد و تابش خورشید

۴- جنبه‌های فیزیکی ساختمان از نظر تطبیق باسیستم گرمایش و سرمایش

۵- کیفیت هوای داخلی ساختمان

۶- رعایت صرفه‌جویی و بهینه کردن سیستم انتخابی

۵-۶-۲- انواع سیستم‌های تهویه مطبوع (گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها)

سیستم‌های متداول تهویه مطبوع به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

۱- سیستم تهویه مطبوع تمام آب (سیستم فن کویل)

۲- سیستم تهویه مطبوع تمام هوا (سیستم هواساز)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳- سیستم هوا – آب

۴- سیستم پمپ حرارتی

هر یک از سیستم‌های فوق جهت آشنائی با نوع و عملکرد آنها بطور خیلی مختصر تشریح می‌شوند:

۱-۱- سیستم تهویه مطبوع تمام آب

در این سیستم سیال ناقل حرارت و برودت آب می‌باشد. آب در موتورخانه در دستگاه‌های حرارتی مانند دیگ بخار یا دیگ آبگرم، گرم می‌شود و برای گرمایش ساختمان در فصول سرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای فصول گرم مثل تابستان،در موتورخانه از چیلر یا آبسردکن برای تهیه آب سرد استفاده می‌شود و برای سرمایش ساختمان از این آب سرد استفاده می‌گردد.

آبگرم یا آبسرد تهیه شده به داخل کویل‌های مبدل حرارتی اتاق‌ها (مثل فن‌کویل) ارسال می‌شود. بادبزن یا فن متعلق به این دستگاه هوا را از روی کویل عبور داده و باعث گرمایش یا سرمایش اتاق‌های داخلی ساختمان می‌گردد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲-۱- سیستم تهویه مطبوع تمام هوا (سیستم هواساز)

در این سیستم نیز در موتورخانه دستگاه‌های تهیه آبسرد (چیلر) و آبگرم (دیگ آبگرم) با تجهیزات مربوطه فعالیت می‌کنند و برای تهیه و ارسال هوای گرم یا سرد از دستگاه‌هایی بنام هواساز مرکزی (A.H.U) استفاده می‌شود. دستگاه هواساز دور از موتورخانه و در محلی نزدیکتر به فضای تهویه شونده در اتاقکی نصب می‌شود. سیال ناقل حرارت و برودت (آب گرم و سرد) به داخل کویل دستگاه هوا سازپمپ می‌شود و هوایی که توسط فن و با سرعت از روی این کویل عبور می‌کند، سرد یا گرم شده و بوسیله کانال‌های هوای سقفی بداخل فضاهای تهویه شونده توزیع می‌شود. توضیح اینکه هوای عبوری از روی کویل تصفیه فیزیکی شده و رطوبت‌زنی یا رطوبت‌گیری می‌شود و بعد به داخل فضاها ارسال می‌شود.

۳-۱- سیستم تهویه مطبوع هوا - آب

در این سیستم نیز سیال ناقل حرارت و برودت آب می‌باشد که عیناً مثل حالت اول در موتورخانه آب سرد و یا آب گرم در فصول مختلف تهیه و به داخل دستگاه مبدل حرارتی(فن‌کویل)ارسال می‌شود و بخش اعظم گرمایش و سرمایش اطاق را تأمین می‌نماید. از طرف دیگر مقداری هوای گرم و یا سرد که در یکدستگاه هواساز مرکزی تهیه شده است به اتاق فرستاده می‌شود که وظیفه تأمین قسمت کمی از بارحرارتی و برودتی اتاق را بر دوش دارد ولی در حقیقت نیاز اتاق را به هوای تازه برآورد می‌کند. از این سیستم‌ها در بیمارستان‌ها و هتل‌ها بیشتر استفاده می‌شود. دستگاه نصب شده در اتاق را واحد القائی نیز می‌گویند، که حتی می‌تواند یک پانل تشعشعی باشد.

۴-۱- سیستم تهویه مطبوع پمپ حرارتی

سیستمی است که قابلیت سرمایش و گرمایش فضاهای کوچک ساختمانی را به اقتضای فصل بعهده دارد. این سیستم اساساًیک سیستم تبرید می‌باشد که می‌توان بوسیله شیر مخصوص مسیر سیال سرد را در آن تغییر داده، که نقش اواپراتور را بازی می‌کند،خنک شده و در زمستان با گذر از روی همین کویل که توسط شیر مخصوص تبدیل به کندانسور شده است، گرم می‌گردد. این سیستم برای کشورهائیکه در آنها برق ارزان‌تر از سوخت‌های فسیلی است مقرون به صرفه بوده و دارای جذابیت خاص برای مکان‌های کوچک است. استفاده از این سیستم باعث می‌شود که هزینه اولیه تأسیسات و نیز فضای مورد نیاز برای موتورخانه کاهش یابد. همچنین بدلیل عدم استفاده از سوخت‌های فسیلی، آلودگی کاهش یافته و سیستم در مقابل خطرات آتش‌سوزی از ایمنی بیشتری برخوردار خواهد بود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

در مدار ماده سرمازای این سیستم از شیر انبساط حرارتی استفاده شده است. به شیر چهار راهه تغییر مدار سیستم توجه کنید. در حالت نشان داده شده در شکل سیستم بعنوان تهویهٔ مطبوع تابستانی بکار می‌رود.

در فصل زمستان مسیر گاز داغ خروجی از کمپرسور بوسیله شیر چهارراهه تغییر می‌یابد و با ورود گاز داغ به کویل حرارتی داخلی،هوای ورودی به ساختمان نیز گرم می‌شود.

۵-۶-۳- بهره‌برداری و صرفه‌جویی انرژی در سیستم‌های تبرید

مقدمه

گسترش و کاربرد روزافزون صنایع تبرید از نیاز خانواده‌های کوچک تا شهرهای چند میلیونی جهت نگهداری مواد غذایی سالم، از ساختمان‌های ویلائی تا برج‌های عظیم مسکونی و تجاری جهت تهویه مطبوع تابستانی، از صنایع غذائی کوچک تا صنایع عظیم نفت و گاز و پتروشیمی برای تبخیر و تقطیر و جداسازی و ... اهمیت صنعت تبرید و سردسازی و توجه بیشتر به این رشته را آشکار می‌سازد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

تاریخچه و کاربردهای تبرید

در اوایل پیدایش تبرید مکانیکی، دستگاه‌های موجود حجیم و گران بودند و راندمان زیادی نداشتند بهمین دلیل صرفاً به چند کاربرد بزرگ نظیر واحدهای تولید یخ، بسته‌بندی گوشت و یخچال‌های بزرگ محدود می‌شدند ولی این صنعت در عرض چند دهه به سرعت رشد نموده و بصورت امروزی درآمده است. این رشد سریع حاصل چند عامل مختلف بود. با پیشرفت روش‌های تولید دقیق، امکان تولید تجهیزات کوچکتر با راندمان بالاتر فراهم شد. این امر بهمراه تهیه مبردهای بی‌خطر و اختراع موتورهای الکتریکی با قدرت کمتر، امکان ساخت واحدهای کوچک تبرید را که امروزه درکاربردهای نظیر یخچال‌ها و فریزرهای خانگی، دستگاه‌های هواساز کوچک و دستگاه‌های تجاری، مورد استفاده قرار می‌گیرند، فراهم نمود. بطوریکه امروزه کمتر خانه یا واحد تجاری و صنعتی را می‌توان یافت که از یکی از انواع مختلف دستگاه‌ها و سیستم‌های تبرید استفاده نکنند.

برای مثال امروزه بدون بهره‌گیری از صنعت تبرید، تهیه و نگهداری مواد پروتئینی با رشد فزاینده جمعیت ممکن نخواهد بود. همچنین در بیشتر ساختمان‌های بزرگ نظیر مجتمع‌های مسکونی،تجاری و صنعتی در صورتیکه از تجهیزات تهویه مطبوع و تبرید بهره‌گیری نشود. به دلیل گرمای محیط در تابستان، این ساختمان‌ها غیر قابل تحمل خواهند بود.

علاوه بر کاربرد تبرید در تهویه مطبوع و استفاده آن در فرایندهای انجماد و سردخانه‌ها، در حمل و نقل نگهداری مواد غذایی فاسدشدنی، از تبرید مکانیکی در تهیه و عرضه اغلب مواد یا اجناس و دستگاه‌های بزرگ امروزی استفاده می‌شود.

تعداد فرایندها یا محصولاتی که با استفاده از تبرید، تحقق یا بهبود یافته‌اند بی‌شمار است بطور مثال وجود تبرید امکان ساخت سدهای بزرگ که برای پروژه‌های تولید برق و آبیاری ضروری است فراهم می‌سازد. تبرید ساخت جاده‌ها، تونل‌ها، چاهک فوندانسیون و حفاری در زمین‌های سست را فراهم می‌نماید. بوسیله تبرید امکان تولید پلاستیک‌ها، لاستیک‌های مصنوعی و بسیاری محصولات و مواد مفید دیگر، امکان‌پذیر می‌گردد. تولیدکنندگان منسوجات و کاغذ می‌توانند با استفاده از تبرید سرعت تولید محصول خود را افزایش دهند. استفاده از تبرید روش‌های بهتری برای آبکاری فولادهای مورد استفاده در دستگاه‌ها بوجود می‌آورد. این موارد تنها گوشه‌ای از صدها کاربرد تبرید جدید است که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد و همه ساله چندین کاربرد جدید به آنها اضافه می‌شود.

بطور خلاصه و برای سهولت مطالعه صنعت تبرید، می‌توان کاربردهای تبرید را به شش گروه اصلی تقسیم نمود:

تبرید خانگی – تبرید تجاری – تبرید صنعتی – تبرید حمل و نقل – تهویه مطبوع ساختمان‌ها – تهویه صنعتی . با توجه باینکه قسمت اصلی این مبحث مربوط به سیستم‌های گرمایش و سرمایش (تهویه مطبوع ساختمانها) می‌باشد توضیح مختصری در این مورد ضروری است.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

بطوریکه از اسم تهویه مطبوع برمی‌آید، این مقوله با شرایط هوا در ساختمان‌ها و فضاهای مورد نظر در ارتباط می‌باشد و نه تنها کنترل دما بلکه کنترل رطوبت و سرعت وزش هوا را نیز بهمراه تصفیه و تمیز کردن هوا شامل می‌شود.

کاربردهای تهویه مطبوع بر دو نوع خانگی و صنعتی می‌باشد. سیستم‌هائیکه وظیفه عمده آنها مطبوع کردن هوا برای تأمین راحتی انسان‌ها است، تهویه مطبوع خانگی نامبرده می‌شود، نمونه‌ای از این سیستم‌ها را می‌توان در منازل، مدارس، دفاتر، مساجد، هتل‌ها، سوپرمارکت‌ها، ساختمان‌های عمومی، کارخانجات، اتومبیل‌ها، اتوبوس‌ها، هواپیماها، کشتی‌ها و ... مشاهده نمود. از طرف دیگر هرگونه مطبوع‌سازی هوا که هدف اصلی آن رفاه انسان‌ها نباشد، تهویه صنعتی نامیده می‌شود.

کاربردهای تهویه صنعتی از نظر تعداد و تنوع نامحدود هستند، به بیان کلی وظیفه سیستم‌های تهویه مطبوع صنعتی عبارتند از: کنترل میزان رطوبت مواد مرطوب، کنترل شدت واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی، محدود کردن میزان تغییرات مواد ظریف از لحاظ انبساط و انقباض حرارتی – فراهم نمودن هوای تمیز و تصفیه شده که اغلب برای کار راحت و تولید محصولاتی با کیفیت بهتر لازم می‌باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۶-۳-۱- انواع سیستم‌های تبرید و فرآیندهای مربوطه

تبرید: بهر تحولی که در آن حرارت گرفته می‌شود، تبرید می‌گویند. به شاخه‌ای از علم که در آن به کاهش و ثابت نگهداشتن دمای یک ماده یا فضا، در دمایی پایین‌تر از دمای محیط پرداخته می‌شود، تبرید اطلاق می‌شود، به بیان دیگر در تحول تبرید، حرارت از جسم سرد شونده‌ای گرفته شده به جسم دیگری که دمای بیشتر از جسم سرد شونده دارد، منتقل می‌گردد. چون در این تحول حرارت گرفته شده از جسم سرد شونده به جسم دیگری منتقل می‌شود، لذا در تحول تبرید هم گرمایش و هم سرمایش وجود دارد و فقط نحوه استفاده از سیستم، آنها را از یکدیگر متمایز می‌سازد.

در تبرید چون حرارت همواره از محل گرمتر به محیط سردتر منتقل می‌شود، بطور پیوسته جریان حرارتی بین دو محیط ذکر شده برقرار می‌باشد و برای جلوگیری از تلفات حرارتی معمولاً محل سرد شونده را بوسیله عایق حرارتی، از محیط جدا می‌کنند.

انواع مختلف سیستم های تبرید عبارتند از: سیستم‌های تبرید تراکمی – سیستم‌های تبرید جذبی – تبرید ترموالکتریکی.

الف – سیستم تبرید تراکمی

اجزای اصلی یک سیستم تبرید تراکمی (تبخیری) عبارتند از:

۱- اواپراتور که سطح تبادل حرارت لازم برای انتقال حرارت از فضا یا محصول را به مبرد تبخیر شونده فراهم می‌سازد و محیط سردی را در سیستم تبرید بوجود می‌آورد.

۲- کمپرسور که بخار مبرد را از اواپراتور مکیده و دما و فشار آنرا به حدی افزایش می‌دهد که بتواند با عامل تقطیر معمولی، تقطیر شود.

۳- کندانسور که سطح تبادل حرارت لازم برای انتقال حرارت از بخار گرم به عامل تقطیر را فراهم می‌سازد و ماده مبرد را بصورت مایع در می‌آورد.

۴- کنترل‌کننده ماده مبرد که مقدار مناسبی از مبرد را به اواپراتور می‌رساند و فشار آنرا طوری کاهش می‌دهد که مایع مبرد بتواند در دمای پایین مورد نظر، تبخیر شود.

واضح است اجزاء فوق بوسیله لوله‌های گاز داغ (بین کمپرسور و کندانسور) لوله مایع (بین مخزن ذخیره مایع و کنترل‌کننده ماده مبرد) و لوله مکش (بین اواپراتور و کمپرسور)، بهم مرتبط بوده و یک سیستم بسته تبرید تراکمی را تشکیل می‌دهد. شکل (۵-۳۸) یک سیستم تبرید تراکمی تجاری را نشان می‌دهد.

ب – سیستم تبرید جذبی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

یک سیستم تبرید جذبی از این نظر که از مبردی مانند آب یا آمونیاک استفاده می‌کند و مبرد به تناوب با جذب حرارت نهان از مواد سردشونده، تحت فشار پایین در اوپراتور تبخیر، و یا دادن حرارت نهان به عامل تقطیر. در فشار بالا، در کندانسور، تقطیر می‌شود. به سیستم تبرید تراکمی تبخیری شباهت دارد.

اختلاف اساسی سیستم‌های تبرید تراکمی و جذبی، عامل جریان مبرد در سیستم می‌باشد که اختلاف فشار لازم بین تحولات تبخیر و تقطیر را فراهم می‌نماید.

در سیکل جذبی، یک جذب‌کننده و یک ژنراتور (تولیدکننده بخار)، جایگزین کمپرسور شده و تمام وظایفی را که کمپرسور در سیکل تبخیری بعهده دارد، انجام می‌دهند. بعلاوه در حالی که انرژی ورودی لازم در سیکل تراکمی تبخیری با کار مکانیکی کمپرسور تأمین می‌شود، انرژی ورودی سیکل تبرید جذبی، بصورت حرارت بوده و مستقیماً به ژنراتور داده می‌شود. منبع حرارتی ژنراتور معمولاً بخار کم‌فشار یا آب داغ می‌باشد، ولی در سیستم‌های کوچک معمولاً حرارت لازم از سوختن مقداری سوخت فسیلی نظیر گاز طبیعی، پروپان نفت، یا بوسیله یک مقاومت الکتریکی که در ژنراتور تعبیه شده است، تأمین می‌شود. شکل (۵-۳۹) یک سیستم جذبی خانگی را بطور شماتیکی نشان می‌دهد.

یک سیستم ساده جذبی از چهار جزء اصلی تشکیل می‌شود. این سیستم از یک اواپراتور و یک جذب‌کننده که در طرف کم‌فشار سیستم، و یک ژنراتور و یک کندانسور که در طرف پرفشار سیستم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. سیال‌های عامل مورد استفاده، یک ماده مبرد و یک ماده جاذب می‌باشند، مسیر جریان ماده مبرد از کندانسور به اواپراتور به جذب‌کننده به ژنراتور و برگشت به کندانسور می‌باشد در حالی که مسیر ماده جذب کننده به ژنراتور و بالعکس می‌باشد.

روش کار باین ترتیب است که مبرد مایع پرفشار از طریق یک شیر انبساط که فشار مبرد را به فشار پایین موجود در اواپراتور تقلیل می‌دهد، به اواپراتور وارد و با جذب حرارت نهان از مواد سرشونده، تبخیر می‌شود. حال بخار کم فشار حاصل، از طریق مجرای بدون مقاومتی از اواپراتور، وارد جذب‌کننده شده و بوسیله ماده جاذب جذب، و وارد محلول می‌شود. این محلول به ژنراتور فرستاده می‌شود تا با دریافت حرارت تبخیر شده و به کندانسور فرستاده شود. بخار مبرد ورودی به کندانسور، با دفع حرارت به سیالی مانند هوا یا آب، بصورت مایع درآمده و از آنجا بطرف شیر انبساط و اواپراتور فرستاده می‌شود تا عمل سرماسازی در محیط اواپراتور صورت گیرد.

شکل (۵-۴۰) شماتیک یک سیستم تبرید جذبی آمونیاکی

و شکل (۵-۴۱) یک سیستم تبرید جذبی از نوع آب – برومورلیتیوم را نشان می‌دهند.

ج – سیستم تبرید ترموالکتریک

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

استفاده از عمل ترموالکتریک برای ایجاد سرما یکی از روش‌های تبرید از نوع جدید می‌باشد، به این ترتیب که بجای ماده مبرد از انرژی الکتریکی بعنوان یک حامل استفاده می‌شود و حرارت از یک جهت به جهت دیگر منتقل می‌گردد. با بکار بردن این روش بدون اینکه از وسایل معمولی و ضروری تولید سرما مثل: کمپرسور ، کندانسور ، اواپراتور و غیره استفاده شده باشد، سرما تولید می‌شود.

وقتیکه جریان الکتریکی از یک مدار بسته‌ای که از دو نیمه هادی غیر همجنس با درجات حرارت مختلف تشکیل شده‌اند، عبور کند، پنج اثر متفاوت حاصل می‌گردد. نیمه هادی‌ها از دو ماده مختلف از نوع مادهٔ N و P بصورت دو اتصال ترموکوپل به هم متصل می‌شوند.

P دارای نیروی ترموالکتریکی مثبت و N دارای نیروی ترموالکتریکی منفی می‌باشند. اتصالات به سطوح انتقال حرارت متصل می‌باشند. یک اتصال سرد است که بعنوان اواپراتور و اتصال دیگر گرم است و بعنوان کندانسور یک سیستم تبرید تراکمی، قابل مقایسه می‌باشند.

وقتی که جریان الکتریکی مستقیم (DC) از این مدار می‌گذرد محل اتصالات یکی سرد و دیگری گرم می‌شود.

۵-۶-۴- صرفه‌جویی انرژی در اوپراتورها

اوپراتورها سطوح انتقال حرارتی هستند که در آنها مایع فراری با دریافت گرمای نهان تبخیر از فضا یا محصولات سرد شونده تبخیر می‌شود. بدلیل کاربرد وسیع و گوناگون تبرید، اواپراتورها در انواع و اشکال و اندازه‌های متنوع طراحی و ساخته می‌شوند.

اواپراتورها را از نظر ساختمان نیز به سه دسته تقسیم‌بندی می‌کنند: لوله‌ای – صفحه‌ای – پره‌دار.

اواپراتورهای لوله‌ای و صفحه‌ای گاهی تحت عنوان اواپراتورهای ساده طبقه‌بندی می‌شوند زیرا تمام سطح‌شان تا حدودی با مبرد تبخیر شونده در تماس می‌باشد ولی در نوع پره‌دار سطوح اولیه انتقال حرارت صرفاً لوله‌ها هستند و پره‌ها به دلیل عدم تماس مستقیم با ماده مبرد، سطوح انتقال حرارت ثانویه نامیده می‌شوند که حرارت را از هوای محیط خود جذب و به لوله‌های حامل مبرد هدایت می‌کنند.

با اینکه کارایی اواپراتورهای لوله‌ای و صفحه‌ای در تمام دماها و در طرح‌های متنوع، رضایت‌بخش می‌باشند، تشکیل برفک بر روی این اواپراتورها، ظرفیت آنها را به اندازه اواپراتورهای پره‌دار، تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، بعلاوه اغلب اواپراتورهای ساده بویژه نوع صفحه‌ای براحتی تمیز می‌شوند و می‌توان برفک جمع شده بر روی آنها را بدون قطع عمل سرماسازی و بخطرنداختن کیفیت محصولات سرد شونده بوسیله برس زدن یا خرد کردن، پاک نمود.

۵-۶-۴-۱- موارد صرفه‌جویی انرژی در طراحی و کاربرد اواپراتورها

۱- استفاده از مبدل حرارتی در سیستم تبرید، و مادون سردکردن مایع مبرد ورودی به شیر انبساط، اثر تبرید را افزایش می‌دهد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۲- جدا کردن بخار مبرد از مایع، قبل از ورود به شیر انبساط، و ارسال مایع خالص به شیر انبساط اثر تبرید را زیاد می‌کند.

۳- اثر تبرید در اواپراتورهای با دمای بالا، بیشتر از اواپراتورهای با دمای پایین می‌باشد.

۴- طراحی اواپراتورهای کویل مستقیم باید به ترتیبی باشد که روغن همراه مبرد به راحتی به کمپرسور برگردد.

۵- در طراحی اواپراتورها باید دقت شود که در انتهای اواپراتور صد درصد بخار اشباع داشته باشیم و حتی با سوپرهیت کردن بخار خروجی از اواپراتور این اطمینان کامل می‌شود.

۶- برفک زدن لوله‌های اواپراتور وقتی حاصل می‌شود که دمای کاری آن زیر صفر باشد. در اینصورت بخار آب موجود در هوای اطراف اواپراتور به نقطه شبنم می‌رسد و برفک زدن آغاز می‌گردد.

۷- بسته به نوع اواپراتورها، عمل برفک‌زدایی بایستی به طور منظم صورت گیرد تا میزان سرماسازی کاهش نیابد.

۸- جهت افزایش شدت انتقال حرارت در اواپراتور بایستی جنس آنها از موادی با ضریب هدایت بالا بوده و با مادهٔ مبرد ترکیب نشود.

۹- وجود هرگونه رسوب بر روی سطوح خارجی یا داخلی اواپراتور بصورت عایق عمل کرده و موجب کاهش ضریب کل هدایت حرارتی و در نتیجه کاهش میزان انتقال حرارت می‌گردد.

۱۰- سرعت هوای عبوری از روی کویل یکی از عوامل مؤثر در تعیین ظرفیت اواپراتور و مقادیر **TD** و **U** می‌باشد و باید نسبت به نوع اواپراتور، سرعت هوا بطور مناسب انتخاب شود. (سرعت زیاد مناسب است).

۱۱- بعلت متنوع بودن کاربردهای انواع مختلف اواپراتورها و تنوع سازندگان، بهتر است در انتخاب اواپراتور حتماً شرایط کاری خود را با شرایط کاتالوگ کارخانجات سازنده تطبیق نماییم.

۱۲- اختلاف دمای متوسط لگاریتمی **TD** که در انتخاب اواپراتور نقش اساسی دارد، عبارتست از اختلاف دمای مبرد و هوای عبوری از اواپراتور (ظرفیت اواپراتور در $TD = ۱۰\ ^\circ C$، ۵ برابرظرفیت آن در $TD = ۲\ ^\circ C$ خواهد بود)

۱۳- آب نمک بعنوان سیال واسطه سرد، با دمای زیر صفر در تبرید کاربرد زیادی دارد مخصوصاً در یخسازی. غلظت نمک در حد معینی دمای انجماد را کاهش می‌دهد و این غلظت را در حداقل دما، محلول اُتکتیک می‌نامند.

۱۴- محلول آب نمک کلریدکلسیم که در تبرید صنعتی استفاده می‌شود دمای محلول را تا $-۵۵\ ^\circ C$ (دمای اُتکتیک) می‌تواند کاهش دهد بدون اینکه محلول یخ بزند. در انتخاب سیستم باین امر توجه شود.

۵-۶-۵- صرفه‌جویی انرژی در کمپرسورها

کمپرسورهای مورد استفاده در صنعت تبرید، بطور کلی و عمومی در سه نوع می‌باشند:

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۱- کمپرسورهای رفت و برگشتی (متناوب)

۲- کمپرسورهای دوار

۳- کمپرسورهای گریز از مرکز (سانتریفوژ)

که از بین سه نوع مذکور، کمپرسورهای متناوب بیشتر از بقیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این کمپرسورها از حرکت پیستون در داخل سیلندر استفاده کرده و بوسیله سوپاپ های مکش و فشار، گاز مبرد را متراکم می‌نمایند. کمپرسورهای دوار و گریز از مرکز هر دو در اثر گردش دورانی محورهای خود، عمل تراکم بخار را انجام می‌دهند. کمپرسورهای متناوب و دوار یک ماشین با جابجایی مثبت بوده و نوع گریز از مرکز بر اساس نیروی گریز از مرکز عمل تراکم را انجام می‌دهند.

ظرفیت تبرید کمپرسورها به شرایط سیستم تبرید بستگی داشته و همانند ظرفیت سیستم، با جرم مبرد جریانی در واحد زمان، و اثر تبرید واحد جرم مبرد، تعیین می‌شود. محرک کمپرسورها معمولاً الکتروموتوری است که بوسیله محور خود باعث گردش کمپرسور می‌گردد. دو عامل خیلی مهم در کمپرسورها مورد توجه است که عبارتست از:

۱- ظرفیت کمپرسور ۲- قدرت مورد نیاز کمپرسور، که این دو عامل در کمپرسورها بطور مؤثری بوسیله فشار مکش و رانش تغییر می‌کنند، البته اثر فشار مکش بیشتر است.

۵-۶-۵-۱- موارد صرفه‌جویی انرژی در طراحی و کاربرد کمپرسورها

۱- در طراحی سیکل کار نو در تبرید باید سعی شود عمل تراکم از نوع مرطوب نبوده بلکه از نوع تراکم خشک باشد.

۲- در تراکم مرطوب مقداری مایع وارد سیلندر می‌شود که با بالا آمدن پیستون در سیلندر و عدم تراکم مایع، ضایعاتی در سوپاپ‌ها و یا سرسیلندر بوجود می‌آورد.

۳- در تراکم مرطوب مایع باعث شستن داخل سیلندر شده و عمل روغنکاری را مختل می‌کند.

۴- چون روغن روانکاری کمپرسورها با مبرد در تماس می‌باشد، لازم است روغن مورد استفاده برای روانکاری کمپرسورها، از نوع روغن‌های مخصوص باشد.

۵- برخی از خواص مهم روغن روانکاری کمپرسورها عبارتند از: پایداری شیمیای، نقطه سیلان ، نقطه انعقاد، پایداری دی الکتریک و ویسکوزیته .

۶- سطح روغن در کمپرسورها باید همیشه کنترل و در حد مطلوب باشد و در صورت نشتی رفع عیب شود.

۷- بطور دائم کمپرسورها از نظر نشتی روغن و گاز، بایستی کنترل شوند و کسری آنها جبران شود.

۸- در طراحی کمپرسورهای واحدهای خانگی، صداگیری و لرزه‌گیری از ضروریات طراحی می‌باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۹- لرزه‌گیری کمپرسورهای بزرگ از مسائل مهم طراحی و نصب دستگاه می‌باشد.

۱۰- خنک‌کاری موتور و کمپرسور ضروریست و بایستی در طراحی و نصب مورد توجه قرار گیرد.

توجه : با رعایت نکات فوق عملکرد کمپرسورها در شرایط مطلوبی بوده، راندمان آنها افزایش یافته، در مصرف برق، ماده مبرد و روغن، صرفه‌جویی خواهد شد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۶-۶- صرفه‌جویی انرژی در کندانسورها

کندانسور نیز همچون اواپراتورها از وسایل انتقال حرارت می‌باشند که در آنها حرارت بخار مبرد داغ از طریق سطوح لوله‌ها به عامل تقطیر (مثلاً هوا یا آب) منتقل شده و در اثر آن بخار مبرد ابتدا تا دمای اشباع سرد و سپس به مایع تبدیل می‌شود.

با وجودی که در بعضی از سیستم‌های دمای پایین گاهی از آب‌نمک یا مبردهای انبساط مستقیم بعنوان عامل تقطیر استفاده می‌کنند، ولی در اکثر موارد هوا یا آب و یا ترکیبی از آنها بکار برده می‌شود. بطور کلی کندانسورها بر سه نوع می‌باشند:

۱- خنک‌شونده با هوا

۲- خنک شونده با آب

۳- کندانسور تبخیری

در کندانسورهای هوائی از هوا بعنوان عامل تقطیر استفاده می‌کنند در حالی که در کندانسورهای آبی برای تقطیر مبرد از آب استفاده می‌شود، در هر دو کندانسور فوق‌الذکر حرارت دفع شده بوسیله مبرد، دمای عامل تقطیر را افزایش می‌دهد. در کندانسور تبخیری، هم هوا و هم آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. گرچه در کندانسورهای تبخیری، دمای هوای عبوری مقداری افزایش می‌یابد اما تقطیر مبرد عمدتاً از تبخیر آب پاشیده شده بر روی کندانسور ناشی می‌شود و وظیفه هوا افزایش شدت تبخیر با دفع بخار آب حاصل از تحول تبخیر می‌باشد.

مقدار حرارت دفع شده در کندانسورها، مجموع حرارت جذب شده در اواپراتور و حرارت معادل کار تراکمی کمپرسور می‌باشد و هر گونه جذب حرارت از محیط بوسیله بخار مکش نیز قسمتی از بار کندانسور را تشکیل می‌دهد، با توجه باینکه کار تراکمی بازای واحد ظرفیت تبرید به نسبت تراکم بستگی دارد، مقدار حرارت دفع شده در کندانسور بازای واحد ظرفیت تبرید، با شرایط کاری سیستم تغییر می‌کند.

۵-۶-۶-۱- موارد صرفه‌جویی انرژی در کندانسورها

۱- ظرفیت کندانسور به سه عامل بستگی دارد ($Q = A \times U \times \Delta t$)، برای افزایش ظرفیت از نظر اقتصادی، کدام عامل را باید افزایش داد؟ چرا و چقدر؟

۲- افزایش دمای عامل تقطیر (هوا یا آب) با بار کندانسور نسبت مستقیم دارد ($\Delta t = \frac{Q}{m \times c}$)

۳- در یک طراحی خوب، حداقل سرعت هوا که جریانی آشفته و ضریب انتقال حرارت بالایی داشته باشد، برای کندانسورهای هوایی با جریان اجباری تجویز می‌شود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

مقدار هوا = $\frac{\text{سرعت هوا}}{\text{سطح کندانسور}}$ V

۴- کثیف بودن کندانسورهای پره‌دار، مقدار هوای جریانی و در نتیجه مقدار حرارت‌دهی کندانسور را کاهش می‌دهد.

۵- در کندانسورهای آبی با برج خنک‌کن, دبی ۰/۰۴۵ تا ۰/۰۶ لیتر در ثانیه بازای هر کیلووات بار کندانسور اقتصادی‌ترین موازنه بین توان لازم کمپرسور و پمپ را فراهم می‌نماید.

۶- در انتخاب کندانسورهای آبی، رسوب‌گذاری لوله‌ها بسیار مهم است زیرا هم انتقال حرارت لوله‌ها و هم قطر آنها را کاهش می‌دهد.

۷- انتخاب کندانسور تبخیری در اصل برای صرفه‌جویی در مصرف آب است،چون در واقع ترکیبی از کندانسور آبی و برج خنک‌کن می‌باشد که بصورت یکدستگاه ساخته می‌شود.

۸- افزایش مقدار هوای جریانی در کندانسورهای تبخیری ظرفیت آنرا افزایش می‌دهد، ولی افزایش دبی آب خیس‌کننده لوله‌ها، بی‌فایده بوده فقط توان لازم پمپ را افزایش می‌دهد.

۹- در کندانسورهای آبی فاضلابی، برای صرفه‌جویی در مصرف آب، دبی آب جریانی در کندانسور با فشار گاز خروجی از کمپرسور، و بوسیله شیری، بطور اتوماتیک کنترل می‌شود.

۱۰- بدلایل اقتصادی، تنها هنگامی که کمپرسور روشن می‌باشد، سیال عامل در کندانسور جریان می‌یابد، بنابراین یا فن کندانسور را از نظر الکتریکی با مدار محرک کمپرسور هم‌بندی می‌کنند.

۱۱- در کندانسورهای هوائی، روغنکاری منظم یاتاقان فن و موتور، عمر دستگاه را افزایش می‌دهد و تمیز کردن پره‌های فن و سطوح تقطیر از تجمع گرد و خاک و سایر مواد زائد خارجی، راندمان آنرا بهبود می‌بخشد.

۱۲- هر نوع کندانسور آبی در معرض خطر رسوب‌گیری لوله‌ها، خوردگی و رشد جلبک و باکتری در سطوح خیس می‌باشد. می‌توان آنرا با تمیز کردن متناوب سطوح لازم با اسیدهای مختلف،کنترل نمود.

۵-۶-۷- صرفه‌جویی انرژی در وسایل انبساط

کنترل‌کننده‌های جریان مبرد بر شش نوع می‌باشند:

۱- شیر انبساط (دستی – اتوماتیک – ترموستاتیک)

۲- لوله موئین

۳- شیر شناوری سمت کم فشار

۴- شیر شناوری سمت پرفشار

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

کنترل‌کننده‌های مبرد بدون توجه به نوع کارشان دو وظیفه بعهده دارند:

۱- اجازه جریان مبرد مایع از لوله مایع به اواپراتور با همان شدت تبخیر مایع در اواپراتور.

۲- ایجاد اختلاف فشار بین طرفین پرفشار و کم‌فشار سیستم، برای اینکه مبرد بتواند تحت شرایطی که در فشار کم اواپراتور تبخیر می‌شود در همان زمان در فشار زیاد در کندانسور نیز تقطیر شود. از بین چند کنترل‌کننده، لوله موئین در سیستم‌های تبرید کم ظرفیت و شیر انبساط اتوماتیک و ترموستاتیک در سیستم‌های تبرید با ظرفیت زیاد، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

لوله مائین ساده‌ترین وسیله برای کنترل جریان مبرد است و شامل طول معینی از لوله‌ای به قطر خیلی کم می‌باشد که مابین کندانسور و اواپراتور و معمولاً بجای لوله مایع قرار می‌گیرید. لوله موئین بعلت مقاومت اصطکاکی زیاد و قطر کم و همچنین پدیده خفگی ناشی از تبخیر تدریجی مایع مبرد در لوله به دلیل کاهش فشار به کمتر از فشار اشباع، در مقابل جریان مبرد مایع از کندانسور به اواپراتور مقاومت می‌نماید و با کنترل دبی مبرد عبوری، اختلاف فشار بین آن دو را در حد لازم نگه می‌دارد مقاومت لوله موئین با طول و قطر معین، در جریان مبرد ثابت است، و دبی عبوری از آن با اختلاف فشار در طرفین لوله که همان اختلاف فشار تبخیر و تقطیر سیستم تبرید می‌باشد، متناسب است و ظرفیت جریان در لوله موئین، برابر ظرفیت پمپاژ می‌باشد.

در صورتیکه طراحی لوله‌های موئین نسبت به ظرفیت تبرید مناسب بوده و صحیح بکار برده شوند، در محدودهٔ قابل قبولی از شرایط کاری، بطور رضایت بخش عمل خواهد کرد.

لوله‌های موئین از این نظر که در طول خاموش بودن سیکل، جریان مبرد مایع به اواپراتور را متوقف نمی‌کنند با سایر انواع کنترل‌کننده‌های جریان مبرد،تفاوت دارند چون در طول خاموشی سیستم، فشار طرف پرفشار و کم‌فشار سیستم از طریق لوله موئین برابر می‌شود. باین دلیل در چنین سیستم‌هایی معمولاً از مخزن مایع استفاده نمی‌شود.

لوله‌های موئین علاوه بر ساختمان ساده و قیمت ارزان، هزینه سیستم تبرید و تولید را پایین می‌آورند. پیچیدن (لحیم کردن) طول معینی از لوله موئین به لوله مکش برای ایجاد مبدل حرارتی بین این دو لوله بوده و عمل مادون سرد شدن مایع و سوپرهیت شدن بخار خروجی از اواپراتور را ایجاد می‌نماید.

۵-۶-۷-۱- موارد صرفه جویی انرژی در وسایل انبساط

۱- قطر و طول انتخابی لوله موئین باید متناسب با ظرفیت تبرید و اختلاف فشار سیستم باشد.

۲- لوله‌های موئین در محل روی سیستم تبرید نصب می‌شوند و قابل تنظیم نیستند، در صورت تعویض شرایط محل را رعایت کنید.

۳- درشیرهای انبساط ترموستاتیکی، کپسول حساس لوله موئین در انتهای لوله مکش و بصورت مطمئن نصب می‌شود.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴- نصب شیر انبساط مناسب در اواپراتور، حالت سوپرهیت بخار خروجی را تضمین و از ورود مایع به کمپرسور و صدمه زدن به آن، جلوگیری می‌کند.

۵- تنظیم شیر انبساط یک عملکرد مناسب و مطمئن را بوجود آورد و بازده سیستم را بالا می‌برد.

۵-۶-۸- مبردها و صرفه‌جویی انرژی

به بیان کلی مبرد ماده‌ای است که با جذب حرارت از یک ماده، بصورت عامل خنک‌کن عمل می‌نماید. دریک سیکل تراکمی تبخیری، مبرد سیال عامل سیکل بوده و با تبخیر و تقطیر تناوبی، به ترتیب حرارت را جذب و دفع می‌نماید، برای اینکه مبردی برای استفاده در سیکل تبرید مناسب باشد بایستی دارای خواص شیمیایی، فیزیکی و ترمودینامیکی ویژه‌ای باشد که استفاده از آنرا مطمئن و اقتصادی می‌سازد. بسیاری از مبردهایی که بطور گسترده‌ای امروز مورد استفاده قرار می‌گیرند ازخانواده شیمیایی CPC(کلروفلوئور کربن) بوده و برای لایه ازن زیان آورند. زیان‌های وارده بر محیط زیست موجب شده است که تغییراتی در ترکیبات بعضی از مبردها داده شود.

اولین بار در سال ۱۹۸۸ میلادی پروتکل مونترال در خصوص موادی که لایه ازن را از بین می‌برند مورد موافقت قرار گرفت و تاکنون توسط بیش از ۱۰۰ کشور به امضاء رسیده است.

مطابق این پروتکل روز اول ژانویه ۱۹۹۶ را بعنوان مهلت کنار گذاشتن CFC ها قرار داده است و جایگزین موقتی آنها را (HCFC) (هیدرکلروفلوئروکربن) قرار داده است. HCFCها از نوع R-22 که در مقایسه با CFC ها اثر زیان‌آور کمتری بر لایه ازن دارند بعنوان مواد انتقالی در نظر گرفته شده و نمی‌توان مقایسه با CFC ها اثر زیان‌آور کمتری بر لایه ازن دارند بعنوان مواد انتقالی در نظر گرفته شده و نمی‌توان برای درازمدت آنها را بعنوان مبرد بی‌زیان بکار برد. در بسیاری از کاربردها (HCFC) های جدید بهمراه R-22 جهت جایگزینی (CFC) ها تکامل یافته‌اند. در سال‌های اخیر مبردهای جدید مثل (R-134a) بصورت تجاری ساخته شده‌اند و برای جایگزینی (R-12) در سیستم‌های تبرید و تهویه مطبوع متحرک و در تبرید خانگی بکار برده می‌شود. مبردهای (HCFC) نیز تا سال ۲۰۳۰ باید صد در صد حذف و با مواد جدیدتر دیگری جایگزین خواهند شد. آمونیاک بطور گسترده‌ای بعنوان یک مبرد در تأسیسات صنعتی بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده بازده خوبی دارد لیکن سمی بودن و قابلیت اشتعال آن کاربرد آنرا در بعضی از سیستم‌ها مشکل می‌نماید در صورتیکه آمونیاک در سیستم‌های تجاری (تولید و نگهداری مواد غذایی) مورد استفاده قرار گیرد بایستی آنرا با یک مبرد ثانویه و یا یک سیال دیگری بکار برد که در این صورت بازده سیستم حدود ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

مبردهای ثانویه که در بعضی از سیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از : آب – پروپیلن – گلیکول – اتیلن گلیکول – الکل اتیلیک – کلسیم کلراید.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵–۶–۹– روش‌های بازیافت در سیستم‌های تبرید

تأسیسات تبرید در شرایطی کار می‌کنند که دمای دفع حرارت، بالاتر از دمای محیط می‌باشد. بعلاوه مقدار حرارت دفع شده برای میزان برودت تولید شده باضافه کار حرارتی کمپرسور می‌باشد. لذا می‌توان از حرارت مذکور در مواردی بازیافت انرژی حرارتی کرد:

ازگاز داغ خروجی از کمپرسور که دارای حدود $^{\circ}C$ ۱۵۰ می‌باشد.

از کندانسور که معمولاً حدود ۳۰ درجه‌ای از دمای محیط بیشتر است

از جریان روغنی در کمپرسور که دمای آن بین ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد می‌باشد

بازیافت حرارت می‌بایست در مرحله طراحی سیستم مد نظر باشد و از اثرات منفی آن بر عملکرد سیستم جلوگیری نماید.

یک دی سوپرهیتر حرارت زیاد گاز در حال تخلیه از کمپرسور سیستم تبرید را باز می‌یابد. البته دمای تخلیه بستگی به شرایط کار سیستم و مبرد دارد. (R-22) و آمونیاک که دارای دمای تخلیه نسبتاً بالائی نسبت به دیگر مبردها می‌باشند. برای مثال در یک سیستم آمونیاکی با ظرفیت ۱۰۰ کیلووات با استفاده از دی‌سوپرهیتر می‌توان در حدود ۲۴ کیلووات بازیافت کرد.

در یک سیستم تبرید با طراحی خوب، دمای کندانسور بحدی است که می‌توان آنرا بازیافت کرده و برای گرم کردن بعضی مکان‌ها مثل رختکن‌ها و سرویس‌ها بکار برد.

اگر مبرد ورودی به شیر انبساط توسط آب خنک شود ظرفیت اواپراتور سیستم افزایش می‌یابد و اندازه کمپرسور مورد نیاز برای ۱۰۰ کیلووات خنک‌سازی کاهش پیدا کرده و در نتیجه از انرژی مصرفی صرفه‌جویی بعمل می‌آید.

در کمپرسورهای پیچی شناور در روغن بخش بزرگی از حرارت موتور به روغن منتقل می‌شود معمولاً روغن ورودی به کمپرسور ۴۰ درجه سانتیگراد بوده و دمای خروجی در حدود ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. در یک سیستم تبرید با (R-22) در حدود ۳۸ درصد توان موتور بوسیله روغن جذب می‌شود که برای بازیافت مناسب می‌باشد، برای سیستم‌های آمونیاکی این رقم به ۶۰ درصد افزایش می‌یابد. بعضی از سیستم‌های مجهز به مخازن بزرگ ذخیره آب با آب نمک با استفاده از برق ارزان قیمت در شب‌ها برودت تولید و ذخیره می‌کنند و در ایام روز که برق گران است از منابع ذخیره استفاده می‌نمایند. (Ice Storage)

۵–۶–۱۰– بهره‌برداری و صرفه‌جویی انرژی در سیستم‌های گرم‌کننده

۱– انواع گرم‌کننده‌ها

این بخش راهنمای خوبی برای مهندسین و تکنسین‌هائیست که طراحی و نصب و نگهداری سیستم‌های گرمایش ساختمان‌های مسکونی – تجاری و صنعتی را بعهده دارند. درک صحیح و رعایت مطالب این بخش، باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های جاری سیستم‌های گرمایش و سرمایش می‌شود. در سال‌های نه چندان دور گرمایش ساختمان‌ها با استفاده از گرم‌کننده‌های نفتی و گازی

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

انجام می‌شد که بتدریج این دستگاه‌ها در حال پیشرفت و توسعه بوده‌اند بگونه‌ای که اکنون نسبت به مدل‌های قدیمی کوچکتر – ارزانتر و مفیدتر شده اند و نوع جدیدتر آنها برای ساختمان های بزرگ و صنعتی بصورت اتوماتیک درآمده‌اند.

از مزایای سیستم‌های جدید، کاهش در هزینه‌های سرمایه‌گذاری – سهولت در نصب، و پایین بودن هزینه‌های جاری با راندمان زیاد می‌باشد، گرمایش با هوای گرم این مزایا را دارد که می‌توان فضای ساختمان را با حداکثر ورودی هوای گرم و در مدت خیلی کوتاه گرم کرد و لذا به گرم کردن ساختمان از ساعت‌ها قبل، و یا در تمام ایام شب نیازی نمی‌باشد و باین ترتیب می‌توان حدود ۵۰ درصد در مصرف انرژی حرارتی ساختمان صرفه‌جویی کرد.

سیستم‌های گرمایش ساختمان‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- گرمایش با آب گرم ۲- گرمایش با هوای گرم ۳- گرمایش با بخار

گرمایش با بخار بصورت مستقیم در ساختمان‌ها و صنایع مخصوصی بکار برده می‌شود و بصورت غیر مستقیم نیز می‌تواند سیستم‌های گرمایش با آب گرم (با استفاده از مبدل‌های حرارتی) و سیستم‌های گرمایش با هوای گرم (با استفاده از کویل‌های حرارتی بخار) را در برگیرد. این امر بخاطر توان حرارتی در بخار تولیدی بوسیله دیگ‌های بخار را شامل می‌گردد و این سیستم را در ردیف اول سیستم‌های گرمایشی قرار می‌دهد.

بخار بعنوان حامل ایده‌آل انرژی حرارتی در امور گرمایشی و فرآیندها بکار برده می‌شود و دارای سه مزیت عمده به شرح زیر می‌باشد:

۱- بخار انرژی حرارتی را در دمای ثابت انتقال می‌دهد (بخاطر تغییر فاز در موقع انتقال حرارت) و این خاصیت بسیار مفید است.

۲- دمای بخار به فشار آن بستگی دارد و این موضوع باعث کنترل دما بروش ساده می‌گردد.

۳- بخار با توجه به میزان حرارتی که در واحد حجم خود دارد، فضای کمتری را اشغال می‌کند. انتقال آن با یک سیستم لوله‌کشی ساده امکان‌پذیر است.

بعلت ناآگاهی از توان سیستم‌های بخار، متأسفانه از این سیستم‌ها به صورت بهینه استفاده نمی‌شود و تلفات حرارتی زیادی به وجود می‌آید که اگر نکات استفاده بهینه و صرفه‌جویی انرژی در استفاده از بخار مورد توجه قرار گیرد این سیستم‌ها انرژی حرارتی قابل توجهی تولید می‌نمایند. در سیستم‌های بخار اغلب توجهی به نشتی اندک بخار از یک اتصال، فقدان عایق‌بندی در یک بخش از لوله و شیرها، خروج بخار از یک شیر بخار، و تخلیه دیگ، نمی‌شود. امکان ورود هوا و یا تشکیل آب به خاطر خرابی قسمتی از شبکه ممکن است تولید بخار را کاهش دهد. بعلاوه یک سیستم بخار که در آن بی‌توجهی باشد، می‌تواند موجب بروز مشکلاتی از نقطه نظر صرفه‌جویی اقتصادی در رابطه با هزینه انرژی و بهره‌برداری باشد.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

گرمایش با آب گرم (شوفاژ) یکی از متداولترین روش‌های گرمایش ساختمان‌ها است. در این سیستم آب در موتورخانه بوسیله دیگ آبگرم و با کمک مشعل گرم می‌شود و با استفاده از شبکه دو لوله‌ای رفت و برگشت و با کمک پمپ جریان به فضاهای مختلف ساختمان ارسال می‌شود. در فضاهای گرم شونده نیز وسایل توزیع حرارت از جمله رادیاتور یا یونیت هیتر نصب شده‌اند که با دریافت آبگرم دیگ و تبادل حرارت باعث گرم شدن فضاهای مورد نظر می‌شوند. در صورتیکه بهر علتی در موتورخانه مولد حرارت دیگ بخار باشد می‌توان با استفاده از مبدل‌های حرارتی (بخار – آب) آبگرم مورد نیاز در سیستم گرمایش با آب را تهیه نمود.

گرمایش با هوای گرم متداولترین روش گرم‌کننده کارگاه‌ها و کارخانه‌ها و صنایع مختلف می‌باشد. معمولی‌ترین روش تهیه هوای گرم مورد نیاز ساختمان‌ها، با استفاده از کوره‌های هوای گرم می‌باشد که در این روش، هوا پس از گذاشتن از فیلتر، به بدنه گرم شونده ارسال می‌گردد. قسمتی از هوای گرم فضاها به وسیله کانال هائی برگشت داده می‌شود و پس از مخلوط شدن با مقدار هوای تازه، به طرف کوره ارسال می‌شود تا پس از گرم شدن مجدد به فضاهای گرم شونده فرستاده شود. انواع گرم‌کننده‌های هوا به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۲- سیستم گرم‌کننده‌های هوای گرم

در این نوع، هوای گرم و گازهای احتراقی کاملاً از هم جدا هستند و تبادل حرارتی بین این دو سیال توسط مبدل حرارتی (بدنه کوره و یا یک کویل حرارتی) صورت می‌گیرد. این نوع گرم‌کننده‌ها دارای راندمانی تا حدود بین ۷۵ تا ۸۵ درصد می‌باشند.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۳– گرم‌کننده‌های تقطیری و احتراق پالسی

با تقطیر بخار آبی که از گازهای احتراقی خروجی از کوره‌ها وجود دارد، می‌توان راندمان حرارتی در این کوره‌ها را به حدود ۹۶ درصد رساند. برای این منظور در نزدیکی خروجی گازهای احتراقی از انواع مستقیم، یک مبدل حرارتی نصب می‌کنند که با خنک کردن گازهای خروجی، درجه حرارت آنها را تا زیر ۱۰۰ درجه سانتیگراد می‌رساند، چون مکش گازهای خروجی در این دمای پایین امکان‌پذیر نیست لذا از یک سیستم کمکی مانند سیستم احتراقی پالسی برای گازهای خروجی استفاده می‌کنند.

۴– سیستم توزیع حرارت با سرعت زیاد

در این سیستم نیز مثل یک سیستم حرارتی مستقیم، هوا گرم شده ولی تا دمای (۱۰۰°C تا ۱۵۰ °C) می‌رسد، و با سرعت زیاد از طریق کانال‌های توزیع هوا، توزیع و تخلیه می‌شود و در نتیجه هوای گرم به صورت اجباری در فضای مورد نظر پخش می‌شود.

این سیستم برای فضاهای با ارتفاع زیاد که امکان تجمع هوای گرم در ارتفاع بالا وجود دارد، مفید است.

۵– گرم‌کننده‌های تشعشعی

در این نوع گرم‌کننده‌ها، گرم کردن با استفاده از تشعشع مادون قرمز که فقط در برخورد با اجسام حرارت تولید می‌کنند، صورت می‌گیرد. اجسام ممکن است اشخاص، وسایل، دیوارها، و یا هر وسیله وجود دیگر در اتاق باشند. در این روش پرتوهای مادون قرمز به این اجسام برخورد کرده تبدیل به حرارت شده و قسمتی از آن جذب و قسمتی منتشر می‌شود. نتیجه این عمل افزایش دمای هر شیئی یا اشخاص داخل اتاق می‌گردد و هوا نیز اندکی گرم می‌شود. با این روش،گرم کردن بخشی از مکان‌هائیکه دارای تهویه هستند، امکان‌پذیر می‌گردد.

انواع گرم‌کننده‌های تشعشعی عبارتند از : لوله‌ای،صفحه‌ای ،که هر کدام از آنها با ساختمان مخصوص خودشان دارای مزایایی می‌باشند.

۵–۶–۱۰–۱–کاهش هزینه‌های انرژی در گرمایش

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

با کاهش تلفات می توان هزینه‌های گرمایش را کاهش داد. این کاهش تلفات را هم در طراحی و هم در نصب گرم‌کننده، می‌توان در نظر گرفت، رابطه زیر بازده حرارتی را نشان می‌دهد:

(تلفات بدنه و کانال‌ها = تلفات گازهای خروجی) – ۱۰۰ = راندمان حرارتی بر حسب درصد

همچنین حفظ هزینه‌های انرژی در سطح پایین به نحو مؤثری بستگی به کنترل استفاده از گرم‌کننده از دو جنبه زمان و دما دارد، و بایستی دستورات راهنمای سازنده دستگاه را مورد توجه قرار داد. ولی به طور کلی عواملی که باعث کاهش هزینه می‌شوند: عوامل نصب – کنترل – نگهداری شامل: عایقکاری کانال‌های هوا، استفاده از فن‌های سقفی برای گردش هوا، نصب دریچه کنترل اتوماتیک، نصب کنترل درجه حرارت الکترونیکی.

بطور خلاصه اگر نصب، بهره‌برداری و نگهداری یک گرم‌کننده بر طبق دستورات سازنده انجام گیرد، دستگاه با بازدهی بالا کار خواهد کرد در غیر این صورت به میزان چند درصد کاهش راندمان وجود خواهد داشت.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۵-۶-۱۱- توصیه های بهینه سازی مصرف انرژی در تاسیسات حرارتی و آبگرم مصرفی

الف- بازرسی تأسیسات حرارتی

۱- در زمانی که دمای هوا متعادل است سیستم بخار (گرمایش) را خاموش کنید.

۲- عایقکاری لوله‌ها را کنترل و نواقص موجود را برطرف کنید.

۳- تله‌های بخار را کنترل و قطعات معیوب را تعویض یا تعمیر کنید.

۴- تله‌های بخار را همیشه تحت نظر داشته باشید.

۵- اتلافات سیستم توزیع بخار را کاهش دهید.

۶- شیرها و اتصالات را از جهت اتلاف حرارتی بازبینی کنید.

۷- از لوله‌های بخار به اندازه مناسب استفاده کنید و سیستم تغذیه بخار را کنترل نمایید.

۸- کارآئی انتقال حرارت در محل‌های مصرف را بهبود بخشید.

۹- از انرژی حرارتی بخار برای تولید آبگرم مصرفی و گرمایش با آبگرم استفاده کنید.

۱۰- از بخار برای فرایندهای با فشار کم استفاده کنید.

۱۱- با نگهداری و مراقبت از کارکرد مناسب وسایل و تجهیزات مطمئن شوید.

۱۲- از برج‌های تقطیر در شرایط نزدیک به سرریزی استفاده کنید.

۱۳- خطوط لوله‌کشی بخار تقطیر شده را عایقکاری کنید.

۱۴- رسوب‌زدایی لوله‌های آب را مرتب انجام دهید.

۱۵- از عایقکاری مناسب در کوره‌ها، دیگ‌ها، کانال‌ها و لوله‌های حامل سیال گرم،استفاده کنید.

۱۶- در دیگ‌ها و کوره‌ها از مشعل‌های کارآ استفاده کنید.

۱۷- در کوره‌ها، هوای احتراق اولیه و ثانویه را کنترل کنید و آنرا با اندازه واقعی تنظیم نمایید.

۱۸- درجه حرارت آب گرم مصرفی را کاهش دهید.

۱۹- تجهیزات فرآیند تأمین گرمایش را در زمانی که استفاده نمی‌کنید، خاموش کنید.

ب- بازرسی تأسیسات

۱- سیستم تهویه مطبوع را در ساعات غیرکارکرد خاموش کنید.

۲- هوای دمیده شده را کنترل کنید و کاهش دهید.

۳- کندانسورهای سیستم تبرید را مرتب تمیز کنید.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

۴- دریچه‌های هواساز، میزان گرد و غبار و کویل‌ها و فیلترها را بازرسی کنید تا مقاومت هوا کاهش یابد.

۵- از ورودی هوای خیلی مرطوب به سیستم تهویه مطبوع خودداری کنید.

۶- فقط در مکان‌های مورد نیاز واقعی،از سیستم تهویه ، مطبوع استفاده کنید.

۷- برج خنک‌کن را در زمانی که نیاز نیست،خاموش کنید.

۸- از ضخامت اقتصادی مناسب برای عایقکاری در سیستم‌های با درجه حرارت پایین استفاده کنید.

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

مقررات ملی ساختمان ایران

مبحث نوزدهم (۱۹)

(صرفه‌جویی در مصرف انرژی)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- ✓ تعاریف
- ✓ مقررات کلی طراحی و اجراء
- ✓ عایق‌کاری پوسته خارجی ساختمان
- ✓ روش الف – رویش کارکردی
- ✓ روش ب – روش تجویزی
- ✓ چک لیست مبحث ۱۹

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

تعاریف :

– پوسته خارجی :

کلیه سطوح پیرامونی ساختمان ،اعم از دیوارها ، سقف‌ها ، کف‌ها ، بازشوها ، سطوح نور گذر (شیشه) و نظایر آنها که از یک طرف با فضاهای خارج یا فضای کنترل نشده و از طرف دیگر با فضای کنترل شده داخل ساختمان در ارتباط هستند .

– فضای کنترل شده :

بخش‌هایی از فضای داخل ساختمان ، که به علت داشتن عملکرد و بهره‌برداری خاص ، به منظور ایجاد شرایط آسایش انسانی تحت کنترل می‌باشند (نیاز به گرمایش و سرمایش فضاها)

– محدودهٔ آسایش :

شرایط حرارتی و رطوبتی که حدود ۸۰٪ ساکنین یا استفاده کنندگان در آن احساس آسایش می‌کنند که تابع پارامترهای درجه حرارت ، رطوبت نسبی محیط و سرعت باد می‌باشد .

– فضاهای کنترل نشدهٔ :

بخشهایی از فضای ساختمان که تعریف فضای کنترل شده در موردشان صادق نمی‌باشد (همانند : فضاهای درز انقطاع بین دو ساختمان ، راه‌پله‌ها ، دالان‌ها و پارکینگ‌هایی که مورد گرمایش و سرمایش قرار نمی‌گیرند .

– کاربری ساختمان :

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

نوع کاربرد ساختمان طبق گروه‌بندی ارائه شدهٔ در پیوست ۴ مبحث ۱۹ (گروه‌بندی کاربری ساختمان‌ها)

- **عایق (عایق حرارت) :**

مصالح یا سیستم مرکبی که انتقال گرما را از محیطی به محیطی دیگر بطور مؤثر کاهش دهد . عایق حرارت قابل استفاده در ساختمان به عایقی اطلاق می‌شود که دارای ضریب هدایت حرارتی کمتر یا مساوی $W/m.^{\circ}k$ ۰/۰۶۵ و مقاومت حرارتی مساوی یا بیشتر از $m^2.k/W$ ۰/۵ باشد .

- **ضریب هدایت حرارت K یا λ :**

مقدار حرارتی که در یک ثانیه از یک متر مربع عنصری همگن به ضخامت یک متر ، در حالت پایدار ، عبور می‌کند و اختلافی برابر یک درجه کلوین و یا سانتی‌گراد) بین دمای دو سطح طرفین عنصر ایجاد نماید . ضریب هدایت حرارتی (Thermal Conductivity) با K یا λ نشان داده می‌شود و واحد آن $W/m.^{\circ}k$ یا $W/m^{\circ}.C$ است . (مقادیر λ در پیوست ۷ مبحث ۱۹)

- **مقاومت حرارتی R :**

نسبت ضخامت لایه (x) به ضریب هدایت حرارتی آن λ می‌باشد ، بدیهی است که مقاومت الکتریکی یک پوسته تشکیل شده از چند لایه ، مساوی است با مجموع مقاومت‌های هر یک از لایه‌ها . مقاومت حرارتی قابلیت عایق بودن (از نظر حرارتی) یک یا چند لایه از پوسته و یا کل پوسته را مشخص می‌کند . مقاومت حرارتی (Thermal Resistance) با R نشا ن داده می‌شود و واحد آن $m^2.k/W$ است (مقادیر R در پیوست ۸ مبحث ۱۹)

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

$$R = \frac{X}{\lambda}$$

- **ضریب انتقال حرارت سطحی U :**

ضریب انتقال حرارت سطحی قسمتی از پوسته خارجی ساختمان برابر است با توان حرارتی منتقل شده از سطحی از آن ، با مساحت یک مترمربع در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه باشد . واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت (Heat Transfer Cofficient) ، [$W/m^{\circ.k}$ یا $W/m^2.^{\circ}C$] است .

$$U=\frac{1}{R}=\frac{\lambda}{X}$$

- **ضریب انتقال حرارت طرح H :**

ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان یا بخشی از آن برابر است با مجموع انتقال حرارت از جداره‌های فضاهای کنترل شده ، در صورتیکه اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه باشد . واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت [W/K] یا [W/°C] است .

در روش کارکردی (روش الف) برای کنترل صحت طراحی ،این ضریب با ضریب انتقال حرارت مرجع مقایسه می‌گردد .

- ضریب انتقال حرارت $\hat{H}$: ضریب انتقال حرارت مرجع ، ضریب انتقال حرارت حداکثر مجاز ساختمان یا بخشی از آن است و با استفاده از روابط ارائه شده در این مبحث محاسبه می‌گردد . واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت [W/K] است .

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

- **ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع $\hat{U}$:**

ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع ، ضریب انتقال حرارت سطحی انواع مختلف جداره‌های تشکیل دهندهٔ پوسته خارجی ساختمان (دیوار، سقف ، کف ، جدار نور گذر ، در و ...) است که دراین مبحث برای محاسبهٔ ضریب انتقال حرارت مرجع $\hat{H}$ مورد استفاده قرار می‌گیرد . واحد مورد استفادهٔ ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع $[W/m^2.k]$ است .

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

ضریب انتقال حرارت سطحی U :

ضریب انتقال حرارت سطحی قسمتی از پوسته خارجی ساختمان که برابر است با توان حرارتی منتقل شده از سطحی از آن ، با مساحت یک متر مربع در صورتیکه اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه باشد . این ضریب دراین مبحث برای محاسبهٔ ضریب انتقال حرارت طرح H مورد استفاده قرار می‌گیرد . واحد مورد استفاده ضریب انتقال حرارت سطحی $W/m^2.°k$ است .

عوامل ویژه

عواملی که نقش تعیین وضعیت ساختمان را از نظر صرفه‌جوئی در مصرف ایفا می‌کنند این عوامل شامل دو نوع اصلی و فرعی می‌باشند .

- **ضریب تحصیح انتقال حرارت مرجع γ :**

ضریبی که در صورت طراحی مناسب و بهره‌گیری بهینه از انرژی خورشیدی درمناطق سردسیر برای تصحیح مقادیر انتقال حرارت مرجع محاسبه می‌گردد .

- **اینرسی حرارتی :**

قابلیت کلی پوسته خارجی دیوارهای داخلی در ذخیره کردن انرژی (با جذب آن) و باز پس دادن آن

(در صورت لزوم) برای به حداقل رساندن نوسان‌های دما و بارگرمایی – سرمایی در فضاهای کنترل

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

شده ساختمان . گروه بندی اینرسی حرارت کلی ساختمان با استفاده از جرم سطحی مفید ساختمان

(پیوست ۱) صورت می‌گیرد .

www.Parsbook.Org

www.Parsbook.Org

– شاخص خورشیدی I_S :

ضریبی که بر اساس آن ، مقدار بهره‌گیری ساختمان از انرژی تابشی خورشید (پیوست ۲) تعیین می‌شود .

– ضریب انتقال خورشیدی سطح نورگذر S_i :

نسبت انرژی عبور کرده به انرژی تابیده شده به سطح نور گذر (پیوست ۲)

– روز درجه سرمایش (Cooling Degree Days)

واحدی براساس دما و زمان ، که برای برآورد مصرف انرژی و تعیین بار سرمایش یک ساختمان در اوقات گرم سال به کار می‌رود . روز درجه سرمایش برابر است با مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه نسبت به ۲۱ درجه سانتیگراد مربوط به دوره‌ای از سال که دمای متوسط روزانه از ۲۱ درجه سانتیگراد بالاتر است .

– روز درجه گرمایش (Heating Degree Days) :

واحدی بر اساس دما و زمان ، که برای برآورد مصرف انرژی و تعیین بار گرمایشی یک ساختمان در اوقات سرد سال به کار می‌رود . روز درجه گرمایش برابر است با مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه نسبت به ۱۸ درجه سانتیگراد مربوط به دوره‌ای از سال که دمای متوسط روزانه از ۱۸ درجه سانتیگراد پائین‌تر است .

www.Parsbook.Org

ParsBook.Org

پارس بوک، بزرگترین کتابخانه الکترونیکی فارسی زبان