

بهسازی الگوی گرمایش در ساختمان‌های صنعتی و آثار زیست‌محیطی آن در صنایع چوب و کاغذ مازندران

چکیده

محدودیت منابع انرژی و رشد چشمگیر مصرف آن در ایران، نسبت به متوسط شدت مصرف آن در جهان و نیز آثار زیانباری که مصرف بالای انرژی بر محیط زیست تحمیل می‌کند، لزوم صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشورمان را دو چندان کرده است. سیستم‌های گرمایش یکی از مصرف‌کنندگان عمده انرژی محسوب شده و استفاده از روشی با بازده بالا، در بخش‌های مختلف، بویژه ساختمان‌های صنعتی و سوله‌ها، ضروری به نظر می‌رسد. به این منظور، سیستم گرمایش تابشی، نسبت به طرق دیگر، از بازده بالاتری برخوردار است. در گرمایش تابشی، گرما، از طریق اشعه مادون قرمز به کف سالن می‌تابد و با برخورد با افراد و اشیاء آنها را گرم می‌کند. در این سیستم اتلاف انرژی از طریق هوا بسیار ناچیز است. در تحقیق حاضر، ممیزی انرژی الکتریکی و گاز مصرفی پس از بهسازی الگوی گرمایش در یک مطالعه موردی که بزرگترین مجتمع صنعتی مصرف‌کننده انرژی در شمال کشور است، نشان می‌دهد که استفاده از این روش، تا ۷۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف سوخت و تا ۹۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف برق، نسبت به دیگر سیستم‌های گرمایشی را به همراه دارد و می‌تواند سهم چشمگیری در مصرف بهینه انرژی و حفظ محیط زیست داشته باشد. از آنجایی که ثابت شده، فعالیت‌های نیروگاهی منجر به تولید گازهای آلاینده، نظیر SO_2 ، CO_2 و NOx می‌شود و بهسازی مصرف انرژی، به معنای کاهش نیاز به تولیدات نیروگاهی و در نتیجه کاستن از آثار مخربی است که فرایند تولید انرژی از سوی نیروگاهها، بر محیط زیست کشور تحمیل می‌کند، سعی بر آن شده است تا حاصل این اصلاح در سیستم گرمایش سازمان، از منظر زیست‌محیطی نیز مورد کاوش قرار گیرد. نتایج حاصل از تعمیم فعالیت‌های انجام یافته در مطالعه موردی و بهسازی الگوی گرمایش در ساختمان‌های مشابه، کاهش هزینه‌های اجتماعی چشمگیری را نمایش می‌دهد.

کلید واژه

بهسازی، الگو، مصرف انرژی، گرمایش تابشی، ساختمان

سر آغاز

بوده و هزینه تولید آن را زیاد تصور می‌کردند. با ظهور سیستم گرمایش تابشی، بهره‌گیری از آن در گرمایش ساختمان‌ها رونق گرفت (مرکز مطالعات تکنولوژی، ۱۳۸۵). در گرمایش تابشی، گرما، از طریق اشعه مادون قرمز به کف سالن می‌تابد و با برخورد با افراد و اشیاء آنها را گرم می‌کند و اتلاف انرژی از طریق هوا بسیار ناچیز است (یاری، ۱۳۸۳). در گرمکن‌های مادون قرمز، از گاز یا برق استفاده شده و مصرف انرژی آن در مقایسه با سایر گرمکن‌ها کمتر است (هینس، ۱۳۸۵). طبق مطالعات «انجمن مهندسان تهویه مطبوع، گرمایش و تبرید امریکا»

بیانیه پایانی سمینار بین‌المللی سال ۱۹۹۷ ژاپن، این پیام را ابلاغ داشت که هیچ کشوری نمی‌تواند بدون توجه به تخریب‌های زیست محیطی ناشی از استفاده غلط از انرژی‌های تجدیدناپذیر باشد و هر کشور باید موظف به رعایت اصولی باشد که سلامت محیط زیست در گرو آنهاست (حیدری، ۱۳۸۲). گرمایش تابشی، صورتی از تأمین گرما با تابش مادون قرمز است (حقوقی، ۱۳۸۳). قبل از سال ۱۹۵۵ مردم معتقد بودند که مادون قرمز فقط با الکتریسیته مرتبط

اثبات کرد که اصلاح و بهسازی الگوی گرمایش، نتایج زیست‌محیطی با ارزشی برای سازمان در پی دارد و با تعمیم آنها در سطح ملی، می‌توان نتایج چشمگیری را پیش‌بینی کرد.

گرمایش

در سیستم‌های سنتی گرمایش ساختمان‌ها، هوا به عنوان سیال واسطه گرم شده و هوای گرم وارد محیط می‌شود. هوای گرم به علت چگالی کمتر، به سطوح بالایی ساختمان می‌رود و افراد نزدیک به کف بنا، احساس گرمای مطلوبی ندارند (باستانی، ۱۳۸۴).

در روش گرمایش جابه‌جایی، گرم شدن محیط، به کندی و بعد از گرم شدن کامل هوای موجود در محیط انجام گرفته و با وجود مصرف سوخت زیاد، سطوح نزدیک به کف دیرتر گرم می‌شوند. شکل شماره (۱) نمایشی از نحوه گرمایش جابه‌جایی است.



شکل شماره (۱): گرمایش جابه‌جایی منبع: (توکلی مقدم و همکاران، ۱۳۸۸)

سیستم گرمایش تابشی روشی مطلوب و با بهره‌وری بالا برای گرمایش سالن‌ها، است. دکتر ادوارد هال^۲ در مقاله‌ای یادآور شده است که ما ساختمان‌ها را گرم می‌کنیم تا از این طریق افراد گرم شوند و این کار خوبی نیست (Richardson, 2006). در سیستم‌های گرمایش تابشی، افراد به صورت مستقیم توسط شار تابشی، گرم می‌شوند. تابش از این جهت که نیازی به وجود محیط مادی دیگری ندارد، از روش‌های دیگر انتقال حرارت متمایز می‌شود (رضانی، ۱۳۸۳). شکل شماره (۲) نحوه گرمایش تابشی را به تصویر کشیده است.



شکل شماره (۲): گرمایش تابشی منبع: (توکلی مقدم و همکاران، ۱۳۸۸)

با استفاده از گرمایش تابشی، احساس گرمای مطلوب در افراد، حدود ۲-۳ درجه سانتیگراد کمتر از زمانی که از گرمایش جابه‌جایی استفاده می‌شود، به دست می‌آید (اسمیت، ۱۳۷۶).

از طرفی، آلودگی هوا، از پیامدهای فعالیت بشر امروزی که آثار مستقیم و غیرمستقیمی بر انسان و محیط پیرامون آن دارد محققان محیط زیست و اکولوژیست‌ها مطالعات زیادی در زمینه تحلیل کمی و پیش‌بینی آلودگی هوا ناشی از فعالیت‌های صنعتی انجام داده‌اند (خسروی، ۱۳۸۶). از جمله، صنایع نیروگاهی که با فرایند تولید خود، آلودگی زیادی بر محیط زیست تحمیل می‌کنند (Hauske, 1999).

مقاله حاضر، سعی دارد که ضمن ارائه مزایای استفاده از این روش گرمایش ساختمان‌ها، جوانب موضوع را در نمونه اجرا شده، تحلیل کرده، مزایای آن را نسبت به سایر روش‌ها مورد ممیزی قرار دهد تا منفعت حاصل از این جایگزینی نمایان شود. در ادامه، این تحول از منظر زیست‌محیطی نیز تحلیل شده و در پایان، موارد مذکور جمع‌بندی شده، بحث و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

مواد و روش بررسی

در این تحقیق، نخست روش متداول گرمایش و شیوه بهینه‌ای برای جایگزینی آن بررسی شده و دو روش گرمایش مورد مقایسه قرار گرفتند. تولید انرژی نیروگاهی، منجر به انتشار آلاینده‌هایی در محیط زیست می‌شود که در ادامه، این آثار تشریح شد تا در پایان، از مطالب مورد نظر به منظور توجیه این بهسازی در گرمایش، از منظر زیست محیطی بهره گرفته شود.

در مطالعه موردی انجام گرفته بهینه سازی الگوی گرمایش در یک شرکت تولیدی بزرگ در شمال کشور، به صورت عملی انجام شد. مصرف گاز طبیعی و انرژی الکتریکی، در یکی از سالن‌های اصلی مجتمع، به‌طور جداگانه برای دو روش گرمایش سنتی و تابشی محاسبه و مقایسه شده‌اند تا مزایای حاصل از محل این بهسازی، از منظر سازمان و با در نظر گرفتن یارانه‌های پرداختی از سوی دولت برای مصارف انرژی در صنعت، از منظر ملی نمایان شود. جدول هزینه-منفعت این جایگزینی، مبنای مقایسه مطلوبی، برای جمع‌بندی نتایج اقدامات انجام شده است. در ادامه و با توجه به این‌که با کاهش انرژی مصرفی نیروگاه‌ها که از آلاینده‌های مهم محیط زیست هستند و فعالیت کمتری اعمال خواهند کرد، صرفه‌جویی در هزینه‌های اجتماعی و ارتفاع زیست‌محیطی محاسبه خواهد شد و بدین ترتیب تأثیر بهینه‌سازی گرمایش بر محیط زیست نیز نمایان می‌شود. بدین نحو می‌توان اهداف تحقیق را آزمون و

مقایسه سیستم‌های گرمایش تابشی و جابه‌جایی

در این قیاس، محورهای مختلفی مورد توجه قرار گرفته‌اند تا مبنایی برای مقایسه این دو سیستم و بررسی جوانب مختلف هر یک وجود داشته باشد.

• تلفات گرمایی در نتیجه تعویض هوا

بین ۵ تا ۵۰ درصد انرژی که صرف گرمایش در روش سنتی می‌شود، از طریق باز شدن در و پنجره‌ها به هدر می‌رود (مرکز مطالعات تکنولوژی، ۱۳۸۵) ولی گرمایش تابشی، توسط هوا جذب نشده و برای فضاهایی که دارای تعویض هوای زیاد هستند، مناسب است (عظیمی و همکاران، ۱۳۸۵).

• کنترل مسیر دما

سیستم گرمایش تابشی، توسط امواج مادون قرمز، با امکان جهت دادن منتقل می‌شود. ولی در سالن‌هایی که به دستگاههای هوای گرم مجهزند، در بعضی نقاط، سطح کار دارای نقاط سرد بوده و گرما معمولاً در زیر سقف متمرکز می‌شود (حقوقی، ۱۳۸۳).

• کنترل از طریق ناحیه بندی

هیترهای تابشی، مدیریت گرمایش و منطقه بندی آن‌را امکان‌پذیر می‌کنند و از گرم شدن نقاط غیر ضروری و مناطق ناخواسته، جلوگیری به عمل می‌آورند. با اعمال کنترل، ۳ تا ۵۰ درصد

از انرژی گرمایشی، بنا به موضع و زاویه تابشی دستگاه، قابل صرفه‌جویی است (مرکز مطالعات و همکاران، ۱۳۸۵)

• تلفات حرارتی سقف

هیترهای تابشی، تلفات حرارتی سقف را به حداقل کاهش می‌دهند. زیرا که منعکس‌کننده‌ها، حرارت را به نقاطی که نیاز گرمایشی دارند، روانه می‌کنند. اما در سیستم‌های گرمایش جابه‌جایی، هوای گرم به بالا صعود می‌کند و انرژی زیادی از ناحیه سقف هدر می‌رود (عظیمی و همکاران، ۱۳۸۵).

• زمان گرم کردن

گرمایش تابشی خیلی سریع‌تر از هوای گرم به نیازهای حرارتی کارگاه پاسخ می‌دهد. هر چه زمان گرم شدن کوتاه‌تر باشد، مصرف سوخت کمتر است و سیستم گرمایشی را برای سازگاری و مطابقت با برنامه کاری متغیر آماده می‌کند (مرکز مطالعات تکنولوژی، ۱۳۸۵).

• جابجایی هوا

صرفه‌جویی در سوخت، با استفاده از گرمایش تابشی، حداقل ۳۰ درصد نسبت به هوای گرم گازسوز است. مصرف انرژی الکتریکی به دلیل استفاده از الکتروموتورهای کوچک تا ۹۰ درصد کاهش می‌یابد (حقوقی، ۱۳۸۳). در شمای کلی نتیجه مقایسه دو روش گرمایش در جدول شماره ۳) به تفکیک نمایش داده شده است

جدول شماره (۱): مقایسه سیستم‌های گرمایش جابه‌جایی و گرمایش تابشی

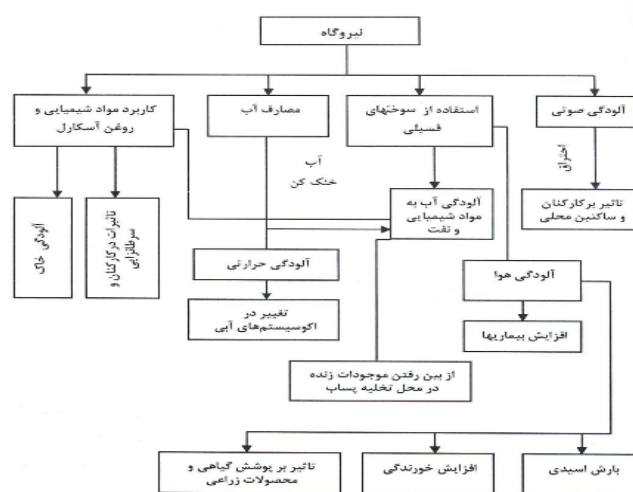
سیستم گرمایش تابشی	سیستم گرمایش جابه‌جایی	
گرمایش تابشی، توسط هوا جذب نمی‌شود و برای ساختمان‌هایی که دارای تهویه و تعویض هوای زیاد هستند و درها زیاد باز و بسته می‌شوند، بسیار مناسب است.	دستگاه گرمایش، ابتدا هوا را گرم می‌کند و پس از آن فضا گرم می‌شود. باز و بسته شدن درها موجب تعویض هوای زیاد و اتلاف حرارتی فوق‌العاده می‌شود	تلفات گرمایی تعویض هوا
گرما توسط امواج مادون قرمز، با امکان جهت دادن منتقل می‌شود. با تنظیم و تعیین صحیح جهت برای دستگاه، به‌طور مطمئن از وجود نقاط سرد، اجتناب و ممانعت به عمل می‌آید.	جهت دهی گرما به محل‌های کار با این سیستم، مشکل و در بعضی از نقاط سالن‌هایی که به آن مجهزند، سطح کار دارای نقاط سرد خواهد بود و گرما در زیر سقف متمرکز می‌شود	کنترل مسیر دما
کنترل ناحیه‌ای هیترهای تابشی، اعمال مدیریت گرمایش و منطقه‌بندی آن‌را امکان‌پذیر می‌کند و از گرم شدن نقاط غیر ضروری و نیز مناطق ناخواسته جلوگیری به عمل می‌آورد.	کنترل جریان هوای گرم مشکل است و در نتیجه هوای گرم به سمت محل‌هایی روانه می‌شود که غیر ضروری بوده و باعث تلفات حرارتی بیشتر و افزایش هزینه‌های مربوط خواهد شد	کنترل از طریق ناحیه بندی
هیترهای تابشی موجود، تلفات حرارتی ناشی از قسمت سقف ساختمان را به حداقل کاهش می‌دهند. زیرا که منعکس‌کننده‌های آن، حرارت را به نقاطی که نیاز گرمایشی دارند، روانه می‌کنند.	هوای گرم به سمت بالا صعود می‌کند و در نتیجه سقف کارگاه گرم می‌شود. عایق‌کاری‌ها و درزبندی‌های ضعیف سقف، تلفات انرژی زیاد و افزایش هزینه‌های سوخت را در پی دارند	تلفات حرارتی سقف
سیستم گرمایش تابشی، بدنه‌های سرد را به‌طور مستقیم گرم می‌کنند، بدون این‌که نیاز به گرم شدن فضای ساختمان باشد.	سیستم، فضای سالن را بتدریج گرم کرده و برای سرعت عمل و تأثیر بیشتر لازم است که کل حجم هوای موجود در سالن گرم شود	زمان گرم کردن
گردش هوا را تشدید نکرده و احساس وزش ایجاد نمی‌کند. آلودگی هوا را کاهش داده و برای فضاهایی که نیاز به هوای بسیار تمیز دارند، بسیار مناسب است.	جریان هوای گرم، گرد و خاک و آلودگی و مواد معلق را ناخواسته جابه‌جا می‌کند و این حرکت و جابه‌جایی سریع هوا، به‌صورت بالفعل، دارای اثر سرد بر روی بدن است	جابه‌جایی هوا

آثار زیست محیطی

محلی و منطقه‌ای اثر بگذارند. دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای ازت، منواکسید کربن، دی‌اکسید کربن و ذرات معلق، در اثر سوخت‌های فسیلی در هوا تخلیه می‌شوند (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۴). نیروگاه‌های مختلف در حین تأمین الکتریسیته مورد نیاز، بر محیط زیست، به خصوص آب و هوای پیرامون خود، به طرق مختلف تأثیر نامطلوب می‌گذارند که در شکل زیر شبکه تأثیرات، آلودگی‌هایی که از سوی نیروگاه به محیط وارد می‌شود و نحوه ارتباطات موجود در آن نمایش داده شده است (صمدی و سهراب، ۱۳۸۶).

آثار آلاینده‌های زیست‌محیطی بخش انرژی، از مباحث بنیادی جهان امروز است و بر این اساس، صدمات زیست‌محیطی این فعالیت‌ها را می‌توان آلودگی آب، تشعشعات رادیو اکتیو، زواید جامد آلاینده‌های خطرناک، باران‌های اسیدی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب ازون، تغییر جهانی آب و هوا، آلودگی‌های صوتی و ... برشمرد (Hauske, 1999). نیروگاه‌های حرارتی، به‌عنوان منابع اصلی خروجی آلاینده‌های هوا تلقی شده و می‌توانند بر کیفیت هوای

شکل شماره (۳): شبکه تأثیرات زیست محیطی نیروگاهها



منبع: (صمدی و سهراب، ۱۳۸۶)

در ایران بیشترین سهم مصرف حامل‌های انرژی را نیروگاه‌های حرارتی دارند. عملکرد نیروگاه با تلفات انرژی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی همراه است (وروانی، ۱۳۸۲). سازوکار سوخت در نیروگاه‌ها، برخی از گازهای آلاینده مانند CO_2 , SO_2 , NOX را بوجود می‌آورد که بشدت باعث آلودگی هوا می‌شوند (شهباز طبری، ۱۳۸۲). مطابق گزارش‌های ارائه شده در ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۴

در ایران بیشترین سهم مصرف حامل‌های انرژی را نیروگاه‌های حرارتی دارند. عملکرد نیروگاه با تلفات انرژی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی همراه است (وروانی، ۱۳۸۲). سازوکار سوخت در نیروگاه‌ها، برخی از گازهای آلاینده مانند CO_2 , SO_2 , NOX را بوجود می‌آورد که بشدت باعث آلودگی هوا می‌شوند (شهباز طبری، ۱۳۸۲). مطابق گزارش‌های ارائه شده در ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۴

جدول شماره (۲): میزان هزینه اجتماعی انتشار انواع آلاینده‌های زیست محیطی در سال ۱۳۸۸

Total	CO2	SO2	NOX	
۱۰۰۰/۹	۷۴۴/۷۳	۲۵/۴۴	۲۳۰/۷۳	ریال به ازای گاز متر مکعب مصرفی
۱۹۷/۱۱	۱۲۱/۶۹	۸/۶۵	۶۶/۷۷	ریال به ازای کیلو وات ساعت برق مصرفی

منبع: (وزارت نیرو، ۱۳۸۵)

$$3587000 / 3/968 = 903982 \quad (\text{kcal/h})$$

میزان فوق بر حسب متر مکعب بر ساعت برابر است با :

$$903982 / 1117 = 111/36 \quad (\text{M3/h})$$

(نسبت تبدیل)

میزان مصرف گاز برای پنج دستگاه سیستم گرمایش تابشی مستقر

در واحد که مصرف هر یک ۴/۷ متر مکعب بر ساعت است ،

$$5 \times 4/7 = 23/5 \quad (\text{M3/h})$$

میزان صرفه جویی حاصل از این جایگزینی در هر ساعت

$$111/36 - 23/5 = 87/86 \quad (\text{M3/h})$$

میزان صرفه جویی در مصرف گاز طی سال (۴/۵ ماه سرد سال)

$$87/86 \times 10 \times 30 \times 4/5 = 118611 \quad (\text{متر مکعب})$$

(ماه) (روز) (ساعت)

بر اساس قیمت هر متر مکعب گاز ۱۷۵ ریالی، میزان صرفه‌جویی

اقتصادی طی یک‌سال از دیدگاه بنگاه اقتصادی

$$118611 \times 175 = 20756925 \quad (\text{ریال})$$

(فی) (مصرف)

با توجه به تخصیص یارانه به گاز مصرفی، میزان صرفه‌جویی

اقتصادی بر حسب ریال طی یک‌سال از دیدگاه ملی

$$118611 \times 175 \times 3/3 = 61497852 \quad (\text{ریال})$$

(ضریب یارانه)

• ممیزی انرژی الکتریکی

برای همان سالن، ممیزی انرژی بر این مبنا انجام می‌گیرد. میزان

مصرف انرژی الکتریکی با موتورهای سیستم سنتی طی یک‌سال (۴/۵

ماه) با احتساب ۷۵ اسب بخار قدرت موتور، بر حسب کیلو وات ساعت

عبارت است از:

$$75 \times 0/736 \times 10 \times 30 \times 4/5 \times 0/8 = 59616$$

(ضریب مصرف) (ماه) (روز) (ساعت) (ضریب) (HP)

و میزان مصرف انرژی الکتریکی سیستم تابشی بر حسب کیلو وات

ساعت طی یکسال عبارت است از:

$$0/1 \times 10 \times 30 \times 4/5 \times 0/8 = 135$$

(ماه) (روز) (ساعت) (KW)

میزان صرفه جویی انرژی الکتریکی بر حسب کیلو وات ساعت

$$59616 - 135 = 59481 \quad (\text{کیلو وات ساعت})$$

صرفه‌جویی اقتصادی طی یک‌سال از دیدگاه بنگاه اقتصادی بر

مبنای قیمت ۲۰۰ ریال به ازای هر کیلو وات ساعت قابل محاسبه است.

با توجه به این‌که بخش اعظم برق تولیدی کشور با استفاده از

سوخت‌های فسیلی و به‌وسیله نیروگاههای بخار، گازی، و یا چرخه

ترکیبی، تولید می‌شود، تأکید اصلی بر آلاینده‌های ناشی از سوخت

فسیلی خواهد بود (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۴). مطابق مطالب

مطروحه، نقش نیروگاه در آلودگی محیط زیست شفاف شد. سعی بر

این‌است که نشان داده شود با اصلاح الگوی گرمایش و کاهش نیاز

به تولیدات نیروگاهی، می‌توان از میزان آلودگی تحمیلی بر هوا

کاست.

مطالعه موردی

صنایع چوب و کاغذ مازندران، بزرگ‌ترین تولیدکننده انواع کاغذ

در ایران، دارای ظرفیت تولید به مقدار ۲۱۰۰۰۰ تن کاغذ در سال،

شامل ۹۵۰۰۰ تن کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر و ۱۱۵۰۰۰ تن کاغذ

فلوتینگ است. این شرکت در شمال کشور و در جنوب شرقی

شهرستان ساری، احداث شده و از سال ۷۶ تا کنون، در حال فعالیت

و تولید محصولات است. میزان سرمایه‌گذاری برای احداث و

راه‌اندازی این کارخانه در حدود ۵۳۰/۵ میلیون دلار امریکا و

۵۹۵۵۵۳ میلیون ریال است. سهامداران آن شامل بانک ملی ایران

۵۸/۰۶ درصد، سازمان‌های بازنشستگی کشوری و تأمین اجتماعی

جمعاً ۴۱/۹۴ درصد است. این شرکت، دارای سه محصول و دو خط

تولید است که توانسته علاوه بر تأمین کاغذ برای بازار داخلی،

محصولات خود را، به بازارهای خارج از کشور نیز صادر کند. به منظور

هر چه بهتر روشن شدن میزان صرفه جویی اقتصادی این جایگزینی،

انرژی‌های مصرفی برای گرمایش یکی از واحدهای مجتمع ممیزی^۴

می‌شود.

• ممیزی گاز مصرفی

ابتدا سالی از مجتمع مورد نظر به ابعاد ۷ × ۶۰ × ۵۰ متر در

نظر گرفته شده و محاسبات انجام گرفت. در این سالن گرمایش

سنتی با تأمین گرما به وسیله سیستم‌های گرمایش تابشی جایگزین

شد. مصارف گاز طبیعی برای دو سیستم ارزیابی و مقایسه شد تا

مزیت‌های این تغییر و اصلاح به‌وجود آمده در الگوی نشان داده

شود. میزان مصرف گاز برای تأمین آبگرم در سیستم سنتی بخش

مورد نظر:

$$2362000 + 1225000 = 3587000 \quad (\text{متر مکعب})$$

(بویلر ۲) (بویلر ۱)

بر اساس نسبت تبدیل ۳/۹۶۸، مقدار متر مکعب فوق به کیلو

کالری بر ساعت تبدیل شد.

• بررسی آثار زیست محیطی

با ممیزی انجام یافته و اثبات این که با استفاده از گرمایش تابشی به جای گرمایش سنتی، در مصرف انرژی صرفه جویی مقداری و اقتصادی می شود، منطقی است که نتیجه گیری نماییم با مصرف کمتر انرژی الکتریکی و گاز، در هزینه های اجتماعی نیز صرفه جویی می شود و انتظار می رود که با بهسازی الگوی گرمایش، آلاینده های کمتری به محیط زیست وارد شده و خسارات کمتری به بار آید.

هزینه اجتماعی یک کیلو وات ساعت برق در سال ۸۴ معادل ۱۴۵/۱ ریال است (وزارت نیرو، ۱۳۸۵) که با محاسبه و اعمال تغییرات، برای سال ۸۸ مبلغی در حدود ۱۹۷/۱۱ ریال به دست می آید. بنابراین برای برآورد میزان کاهش هزینه های اجتماعی مصرف انرژی الکتریکی با جایگزینی سیستم گرمایش تابشی، مقدار کل صرفه جویی در مبلغ هزینه اجتماعی مربوطه ضرب می شود.

$$۳۳۷۹۲۴ \times ۱۹۷/۱۱ = ۴۶۸۹۷۲۰۰ \quad (\text{ریال})$$

به طریق مشابه، میزان کاهش هزینه های اجتماعی مصرف گاز طبیعی با جایگزینی سیستم گرمایش تابشی بر حسب ریال:

$$۴۷۴۴۴۴ \times ۱۰۰۰/۹ = ۴۷۴۸۷۱۰۰۰ \quad (\text{ریال})$$

مجموع تأثیر استفاده از گرمایش تابشی در کاهش هزینه های اجتماعی بر حسب ریال برابر است با:

$$۴۶۸۹۷۲۰۰ + ۴۷۴۸۷۱۰۰۰ = ۵۲۱۷۶۸۲۰۰ \quad (\text{ریال})$$

نتایج

به منظور عملی کردن سیستم گرمایش تابشی، در این مجتمع، تعداد ۲۰ دستگاه تجهیز گرمایش تابشی در واحدهای مختلفی نظیر کرسازی، آپندر، ۴۵۱، ۶۵۰، Work Shop، نقلیه و ... نصب شد. مدل های استفاده شده شامل مدل AR50UT، با ظرفیت ۴۵۰۰۰ کیلو کالری در ساعت گاز طبیعی و 22UT، به ظرفیت حدود ۲۰۰۰۰ کیلو کالری در ساعت گاز طبیعی هستند، که در مجموع با ظرفیتی در حدود ۸۰۰۰۰۰ کیلو کالری در ساعت، در ۱۰ واحد مختلف مجتمع نصب و استفاده شده اند. با توجه به ارتفاع نصب ۳ و ۵ متری و عدم عایق کاری دیوارها و سقف ها، در مجموع کارکنان شاغل در آن بخش ها، نسبت به سیستم گرمایش تابشی استفاده در مقایسه با سیستم گرمایش سنتی، رضایت کامل دارند.

جدول تحلیل «هزینه - منفعت»^۵ این اصلاح در سیستم گرمایش، برای سازمان مورد نظر، طی جدول شماره (۳) محاسبه شده است.

$$۵۹۴۸۱ \times ۲۰۰ = ۱۱۸۹۶۲۰۰ \quad (\text{ریال})$$

میزان صرفه جویی اقتصادی طی یک سال از دیدگاه ملی با احتساب قیمت تمام شده برق ۷۸۰ ریال به شکل زیر قابل محاسبه است:

$$۵۹۴۸۱ \times ۷۸۰ = ۴۶۳۹۵۱۸۰ \quad (\text{ریال})$$

• ممیزی کل انرژی

مطابق با نتایج حاصل از دو مرحله ممیزی قبلی، می توان میزان کل صرفه جویی اقتصادی را از دیدگاه های مختلف، به شکل زیر محاسبه و بررسی کرد. میزان کل صرفه جویی اقتصادی سالانه از دیدگاه بنگاه اقتصادی برابر است با:

$$۲۰۷۵۶۹۲۵ + ۱۱۸۹۶۲۰۰ = ۳۲۶۵۳۱۲۵ \quad (\text{ریال})$$

(برق) (گاز)

و میزان کل صرفه جویی اقتصادی سالانه از دیدگاه ملی:

$$۶۸۴۹۷۸۵۲ + ۴۶۳۹۵۱۸۰ = ۱۱۴۸۹۳۰۳۲ \quad (\text{ریال})$$

(برق) (گاز)

صرفه جویی اقتصادی از دیدگاه بنگاه اقتصادی برای کل سازمان طی یکسال (طبق برآورد، برای کل سازمان، معادل چهار برابر سالن مورد نظر، فضا برای گرمایش داریم) قابل محاسبه است.

$$۳۲۶۵۳۱۲۵ \times ۴ = ۱۳۰۶۱۲۵۰۰ \quad (\text{ریال})$$

با استقرار سیستم گرمایش تابشی، هزینه های نگهداری و تعمیرات حداقل ۲۰ درصد کاهش خواهد یافت. یعنی، حداقل ۲۰ درصد صرفه جویی در هزینه ها ایجاد می شود، میزان صرفه جویی سالانه به شرح زیر محاسبه می شود:

$$۱۳۰۶۱۲۵۰۰ \times ۱/۲ = ۱۵۶۷۳۵۰۰۰ \quad (\text{ریال})$$

میزان مجموع صرفه جویی اقتصادی از دیدگاه ملی برای ۱۰ واحد طی یک سال (در چهار پروژه برآورد شده مشابه):

$$۱۱۴۸۹۳۰۳۲ \times ۴ = ۴۵۹۵۷۲۱۲۸ \quad (\text{ریال})$$

مشابه حالت قبل با احتساب ۲۰ درصد صرفه جویی در نگهداری و تعمیرات، میزان کل صرفه جویی سالانه بر حسب ریال از دیدگاه ملی برای شرکت عبارت است از:

$$۴۵۹۵۷۲۱۲۸ \times ۱/۲ = ۵۵۱۴۸۶۵۵۳ \quad (\text{ریال})$$

جدول شماره (۳): تحلیل هزینه - فایده جایگزینی گرمایش تابشی به جای گرمایش سنتی

مصرف گاز سالانه		مصرف انرژی الکتریکی سالانه			هزینه نگهداری و تعمیرات سالانه بر حسب ریال	هزینه احداث بر حسب ریال	سیستم گرمایش	
هزینه اقتصادی (ریال)		هزینه اقتصادی (ریال)		کیلو وات				
از منظر ملی	از منظر سازمانی	مترمکعب	از منظر ملی		از منظر سازمانی	حساب ریال	حساب ریال	
۳۴۷۲۷۶۱۶۰	۱۰۵۲۳۵۲۰۰	۶۰۱۳۴۴	۱۸۶۰۰۱۹۲۰	۴۷۶۹۲۸۰۰	۲۳۸۴۶۴	۴۱۰۰۰۰۰	۸۲۰۰۰۰۰۰	گرمایش سنتی
۷۳۲۸۴۷۵۰	۲۲۲۰۷۵۰۰	۱۲۶۹۰۰	۴۲۱۲۰۰	۱۰۸۰۰۰	۵۴۰	.	۳۰۰۰۰۰۰۰	گرمایش تابشی
۲۷۳۹۹۱۴۱۰	۸۳۰۲۷۷۰۰	۴۷۴۴۴۴	۱۸۵۵۸۰۷۲۰	۴۷۵۸۴۸۰۰	۲۳۷۹۲۴	۴۱۰۰۰۰۰	۵۲۰۰۰۰۰۰	Benefit

کاهش میزان سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری، از بار مالی یارانه پرداختی دولت در بخش انرژی به میزان فوق‌العاده زیادی خواهد کاست و سبب تقلیل گازهای آلاینده زیست‌محیطی می‌شود. در واقع در خصوص میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های اجتماعی که با این اصلاح و بهینه‌سازی برای محیط زیست حاصل شد، می‌توان ممیزی فوق و کاهش هزینه اجتماعی آلاینده‌های مختلف را به تفکیک، به شرح جدول شماره (۴) نمایش داد.

استفاده از این سیستم موجب صرفه‌جویی به میزان حدود ۷۵ درصد در مصرف گاز طبیعی و ۹۵ درصد در انرژی الکتریکی مصرفی برای گرمایش شده است. بر اساس ممیزی انرژی که تشریح شد و با در نظر گرفتن چندین میلیون متر مربع فضاهای صنعتی موجود و در دست احداث در ایران، قابل پیش‌بینی است که کار برد سیستم گرمایش تابشی در صنایع، منجر به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و انرژی الکتریکی در این بخش خواهد شد که علاوه بر

جدول شماره (۴): صرفه جویی هزینه‌های اجتماعی گاز طبیعی و انرژی الکتریکی در سال بر حسب ریال

Total	CO2	SO2	NOX	
۴۷۴۸۷۱۰۰۰	۳۵۳۳۳۲۶۸۱	۱۲۰۶۹۸۵۵	۱۰۹۴۶۸۴۶۴	گاز طبیعی
۴۶۸۹۷۲۰۰	۲۸۹۵۲۹۷۲	۲۰۵۸۰۴۳	۱۵۸۸۶۱۸۵	انرژی الکتریکی
۵۲۱۷۶۸۲۰۰	۳۸۲۲۸۵۶۵۳	۱۴۱۲۷۸۹۸	۱۲۵۳۵۴۶۴۹	جمع کل

تأمین گرمای مورد نیاز می‌شود که ضمن کاهش چشمگیر در هزینه‌ها، موجب کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیز می‌شود. این موضوع طی ممیزی‌های انجام گرفته برای گاز مصرفی و انرژی الکتریکی مورد استفاده در دو روش سنتی جابه‌جایی و روش جدید گرمایش تابشی، مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت دو روش مورد نظر مقایسه و میزان صرفه‌جویی ریالی حاصل از این فرایند نیز محاسبه

بحث و نتیجه گیری

استفاده بهینه از سیستم‌های گرمایش تابشی، در سالن‌های واحدهای صنعتی و تولیدی و سوله‌هایی که حداقل ارتفاع آنها ۳ متر باشد، موجب صرفه‌جویی تا حدود ۶۰ درصد در مصرف انرژی‌های فسیلی و تا ۹۰ درصد در انرژی الکتریکی مصرفی برای

- اتلاف انرژی حرارتی از طریق جدار لوله‌های ارتباطی از موتورخانه به سالن تولید.
- اتلاف انرژی حرارتی از طریق دودکش‌ها و خرابی عایق‌کاری لوله‌ها.
- اتلاف انرژی حرارتی از طریق منابع انبساط، و یا تخلیه دیگ.
- اتلاف انرژی حرارتی در اثر باز و بسته شدن در سالن و فرار هوای گرم به بیرون.
- اتلاف انرژی حرارتی از طریق سقف سالن و اگزوز فن^۸ های مربوط به تهویه.
- اتلاف انرژی حرارتی از طریق گرمایش فضاها ناخواسته.
- اتلاف انرژی حرارتی ناشی از روشن بودن دستگاهها در ایام تعطیلی کارخانه.

و مشخص شد. در پایان می‌توان با حسابی ساده، موضوع را از منظر دیگر نیز مورد بررسی قرار داد تا جایگزین کردن سیستم گرمایش تابشی به جای گرمایش جابه‌جایی کاملاً اقتصادی داشته باشد. به این منظور به محاسبه دوره بازگشت این سرمایه‌گذاری پرداخته می‌شود و یادآوری این نکته ضروری است که تجهیزات مستهلک سیستم گرمایش جابه‌جایی نیز برای خود ارزشی دارند، که در محاسبات، صفر منظور شده است.

میزان سرمایه‌گذاری برای تهیه، نصب و راه‌اندازی سیستم گرمایش تابشی برای ۲۰ دستگاه:

$$20 \times 15000000 = 300000000 \text{ (ریال)}$$

زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه بنگاه اقتصادی:

$$300000000 \div 156735000 = 2 \text{ (سال)}$$

زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی:

$$300000000 \div 551486553 = 0/6 \text{ (سال)}$$

با توجه به هزینه و یارانه‌های مربوط به انرژی در کشور و نتایج مستند حاصل از این تحقیق، منطقی و مطلوب به نظر می‌رسد که این سیستم در سالن‌های مختلف واحدهای صنعتی و حتی مرغداری‌ها و ... ، به سبب صرفه‌جویی چشمگیری که در پی دارد، جایگزین دیگر سیستم‌های گرمایشی با بازده پایین شود تا ضمن بهره‌گیری از مزایای گرمایشی آن، در هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم، با کاهش به وجود آمده و آلودگی زیست محیطی کمتر شود.

پیشنهادها

علاوه بر موارد مطروحه در این مقاله، اتلاف انرژی در موارد زیر نیز قابل بررسی است و جا دارد که در مراکز صنعتی به‌طور مشخص و موردی هر یک از این موقعیت‌ها بررسی شود و راهکار مناسبی برای کاهش اتلاف انرژی سازمان، اتخاذ شود تا بتوان مصرف انرژی را بهینه کرد:

- مصرف بالای انرژی الکتریکی جهت گردش آبگرم در داخل لوله‌ها به وسیله پمپ‌های سیرکولاسیون^۶ موتورخانه و یونیت هیترا، و یا دستگاه‌های هوا ساز.
- اتلاف انرژی حرارتی از طریق جدار لوله‌ها، کلکتورها^۷ و دیگ‌های حرارت مرکزی موتورخانه.

یادداشت‌ها

1- ASHRAE

۲- Edward T. Hall متولد سال ۱۹۱۴، انسان شناس و محقق

سرشناس امریکایی معاصر، در زمینه‌های فرهنگی

۳- تراز انرژی که مبنای محاسبات است، با حدود سه سال تأخیر، منتشر می‌شود. از آنجایی که موضوع، گرمایش ساختمان‌هاست آمار مربوط به مصارف خانگی و عمومی و آلاینده‌های ناشی از مصارف گاز و برق در این بخش مد نظر گرفته، بررسی مصارف گاز در سنوات ۷۹ تا ۸۴، مبین میانگین افزایش ۱۰ درصدی در هر سال نسبت به سال قبل است و محاسبات به دست آمده سال ۸۴، با ۱۰/۴۴ درصد افزایش در هر سال، محاسبه شده تا اطلاعات برای سال ۸۸ به دست آید. در خصوص برق نیز متوسط روند افزایشی تولید نیروگاهی طی سنوات ۷۹ تا ۸۴ را برای محاسبات پایه ۸۴ در نظر گرفته (۷/۹۶ درصد متوسط رشد سالانه) و اطلاعات مربوط به انتشارات آلاینده‌ها، برای سال ۸۸ به روز شده‌اند (وزارت نیرو، ۱۳۸۵).

۴- مجموعه اقداماتی که برای شناسایی چگونگی، مقادیر و موقعیت‌های مصرف انرژی در یک فعالیت یا فرایند، انجام گرفته و طی آن فرصت‌ها و امکانات صرفه‌جویی انرژی مشخص شده و ارزیابی می‌شود (حاج سقطی، ۱۳۷۷).

5-Cost – Benefit Analysis

۶- موتور پمپ‌هایی هستند که با برق کار می‌کنند و به منظور جابه‌جایی آب گرم مصرفی، بهداشتی و ... به کار می‌روند.

۷- هر نوع دستگاهی که برای سیستم‌های مربوط به خود، به‌عنوان جمع‌کننده استفاده می‌شود، کلکتور گویند. نظیر منبع آبی که از چند موتور پمپ آب تغذیه می‌شود

۸- فن‌های تهویه که کاربردهای صنعتی داشته باشند و معمولاً با ظرفیت و قدرت بالاتری نسبت به فن‌های خانگی و تجاری کار می‌کنند، آگزوز فن گویند. آگزوز فن، هوای گرم، یا بوی نامطبوع را به خارج هدایت می‌کند

منابع مورد استفاده

- اسمیت، ک. ب. ۱۳۷۶. اصول مدیریت انرژی، ترجمه شهناز صادقی و مهرداد طباطبایی، چاپ اول، نشر دانشگاه، آذر ۷۶.
- باستانی، ع. ۱۳۸۴. گرمایش ساختمان، چاپ اول، انتشارات دانشگاه مازندران، بهار ۸۴
- توکلی مقدم، ر. و یزدانی، ا.ع. و رضایی، ع. ۱۳۸۸. اصلاح سیستم گرمایش، راهکاری در راستای مصرف بهینه انرژی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی اصلاح الگوی مصرف، تهران، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
- حاج سقطی، ا. و رحیم‌خانی، محمدیه، ع.ر. ۱۳۷۷. آموزش مدیریت انرژی، چاپ اول، انتشارات سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، پاییز ۷۷.
- حقوقی، ن.ا. ۱۳۸۳. انرژی مادون قرمز حاصل از گاز، جهت گرمایش ساختمان‌ها، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در صنایع، صص ۱۱۸ - ۱۳۰، تهران، مرکز همایش‌های بین‌المللی صدا و سیما، خرداد ۸۳.
- حیدری، ش ۱۳۸۲. سیستم‌های تهویه مطبوع در ایران، مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی انرژی، صص ۹۷۹ - ۹۸۶، تهران.
- خسروی دهکردی، ا. و مدرس، ر. ۱۳۸۶. تحلیل سری زمانی روزانه آلودگی هوای اصفهان ناشی از صنعت پتروشیمی، مجله علمی پژوهشی محیط شناسی، دانشگاه تهران، سال سی و سوم، شماره ۴۴، صص ۳۳ - ۴۲، زمستان ۸۶.
- رمضانی، و. ۱۳۸۳. مقایسه سیستم‌های گرمایش جابه‌جایی و تابشی، گزارش کارآموزی شرکت ایران مشعل، تابستان ۸۳.
- سعیدی، م. و کرباسی، ع.ر. و سهراب، ت.ا. و صمدی، ر. ۱۳۸۴. مدیریت زیست محیطی نیروگاهها، چاپ اول، انتشارات سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، زمستان ۸۴.
- شهباز طبری، ز. ۱۳۸۲. برقی کردن چاههای کشاورزی در ارزیابی توسعه پایدار، مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی انرژی، صص ۲۶۱ - ۲۷۱، تهران، اردیبهشت ۸۲.
- صمدی، ر. و سهراب، ت. ۱۳۸۶. تهیه مدل محیط زیستی جهت استقرار نیروگاههای حرارتی در کشور، مجله علمی پژوهشی محیط شناسی، دانشگاه تهران، سال سی و سوم، شماره ۴۴، صص ۷۳ - ۸۲، زمستان ۸۶.
- عظیمی، ع. و شاه محمدی، ف. و کاظم زاده حنانی، س. ۱۳۸۵. شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مصرف انرژی گرمایشی ساختمان، مجموعه مقالات پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، اردیبهشت ۸۵.
- مرکز مطالعات تکنولوژی دانشگاه صنعتی شریف. ۱۳۸۵. مرجع کاربردی مدیریت انرژی، چاپ اول، تهران، گروه نفت و انرژی با همکاری شرکت توسعه بهره‌وری انرژی فناوران.

وروانی فراهانی، ح. ۱۳۸۲. نیروگاههای حرارتی، نیروی بهینه سازی انرژی، آب، آلودگی، مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی انرژی، صص ۷۰۷ - ۷۱۹، تهران، اردیبهشت ۸۲.

وزارت نیرو. ۱۳۸۵. ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۴، معاونت امور برق و انرژی، زمستان ۸۵.

هینس، ر. و هیتل، د. ۱۳۸۵. سیستم‌های کنترل تهویه مطبوع، ترجمه صادق صمدی و سلیمان چگینی، نشر تهویه و تبرید.

یاری، م. و توکلی، ب. و مرادیان، ح. و انصاری، ع. ۱۳۸۳. انتخاب یک سیستم گرمایشی بهینه برای استفاده در صنعت مرغداری، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در صنایع، صص ۴۶۷ - ۴۷۷، تهران، خرداد ۸۳.

Hauske, K. 1999. a. The convergence of ideas on improving the Environmental protection systems, Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, March, 1999.

Hauske, K. 1999. b. Reinventing Environmental Regulation. The only Path to a sustainable Future. Environmental Law Report, 29 ELR 10148, Mar 1999.

Richardson, B. & S., Wood. 2006. Environmental Law for Sustainability, Hart Publishing, Oxford.