

## کاهش تلفات انرژی گرمائی در گلخانه ها ، مرعداریها وسالنهایی مسقف ورزشی با کنترل پارامترهای ورودی هواگرمکنهائی مورد استفاده

علی محمد رشیدی<sup>۱</sup>، مراد پاکنژاد<sup>۲</sup>، فرزاد ویسی<sup>۳</sup>، علی اتابکی<sup>۴</sup>

دپارتمان مهندسی مکانیک دانشکده فنی مهندسی دانشگاه رازی  
[Rashidi673@yahoo.com](mailto:Rashidi673@yahoo.com)

### چکیده

در مقاله حاضر اتلاف انرژی گرمائی در مکانهائی که نیازمند گرمایش همزمان با تهویه هستند، از دیدگاه تجهیزاتی مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفته است. مطابق نتایج حاصل برای حداقل شدن تلفات حرارتی مبدل مورد استفاده و کاهش مصرف سوخت تنظیم آهنگ مصرف سوخت، دمای پیشگرم آن ودبی هوای دمشی بر اساس تغییرات روزانه و فصلی دما ضروری است. با بکارگیری دمنده های قادر به تامین جریان هوا با دبی نزدیک به حد بالائی مجاز ، استفاده از چند مبدل با ظرفیت حرارتی پائین تر بجای یک مبدل با ظرفیت حرارتی بالا (حاصل از کارکرد مشعل با حداکثر آهنگ مصرف سوخت) و پیشگرم کردن سوخت می توان تلفات گرمائی مبدل های مورد استفاده را به میزان قابل توجهی کاهش داد.

**واژه های کلیدی:** مبدل حرارتی- تلفات حرارتی- گرمایش توام با تهویه- دبی هوای دمشی- آهنگ مصرف سوخت.

### ۱- مقدمه

مصرف انرژی امروزه یکی از چالشهای مهم پیش روی بشریت است. زیرا هم ذخیره برخی منابع تامین انرژی مانند میادین نفت وگاز رو به اتمام بوده وهم تلفات انرژی علاوه بر افزایش هزینه در برخی موارد با مشکلات جانبی مانند آلودگی محیط زیست وبخصوص تشدید اثرات گلخانه ای (Green House Effect) همراه است. از این رو، فنآوریهای گوناگونی برای بازیافت انرژی گرمایی اتلافی، نصب عایقهای حرارتی، بهبود احتراق و بهینه سازی فرآیندهای گرمایی توسعه داده شده [۱] و بیش از سه دهه است که کشورهای عمده مصرف کننده حاملهائی انرژی، بصورت کاملاً جدی و برنامه ریزی شده، فعالیتهای مربوط به کاهش تلفات ناشی از مصرف حاملهائی انرژی و سیاستهای بهینه سازی مصرف سوخت را دنبال می نمایند. در این رهگذر، نه تنها در هزینه های مربوط به مصارف انرژی، به صورت قابل ملاحظه ای صرفه جویی گردیده، بلکه از توسعه فزاینده روند تخریب محیط زیست نیز به نحو مؤثری جلوگیری شده و ارتقاء سطح تکنولوژی ساخت و تولید، افزایش درآمدهای دولت از ناحیه مالیاتهای کنترل کننده مصرف سوخت و نظایر آن، از دیگر ثمرات اجرای سیاستهای بهینه سازی مصرف سوخت بوده است [۲].

در برخی فضاها سرپوشیده مانند سالنهائی ورزشی مسقف ، سالنهائی پرورش دام و طیور و گلخانه ها تعویض پیوسته هوای بازدم سالن وجایگزینی آن با هوای سالم امری ضروری واجتناب ناپذیر است لذا تامین گرمایش این گونه مراکز در فصول

۱- دانشجوی دوره دکترای تخصصی مهندسی متالورژی دانشگاه تهران وعضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه

۲- دانشجوی دوره دکترای تخصصی مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر و عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه

۳- استادیار دانشگاه رازی کرمانشاه

۴- کارشناس مهندسی مکانیک

سرد سال ، باید همراه با تهویه مناسب باشد. بر این مبنا ، بکارگیری تجهیزات گرمایشی متداول مورد استفاده در ساختمانهای مسکونی ، اداری ، تجاری و صنعتی مانند انواع بخاریها ، سیستم شوفاژ، هیترهای برقی و... در سالنهای سرپوشیده ی نیازمند گرمایش همراه با تهویه، توصیه نشده و برای این منظور بیشتر از مبدل‌های هواگرمکن ، که هوای گرم را به داخل فضای مسقف می دمند، استفاده می شود.

در سالهای اخیر روند صنعتی شدن پرورش دام و طیور و کشت و زرع در کشور رشد سریعی داشته و این روند همچنان ادامه دارد. از آنجا که نفت و گاز از منابع مهم تولید و تامین گرمای مورد نیاز این صنایع می باشند ، به تبع رشد فزاینده ایجاد مراکز تولیدی مذکور، مصرف سوخت های نفت و گاز نیز رو به افزایش است. لذا توجه به بهینه سازی مصرف انرژی در اینگونه فضاها ضروری به نظر می‌رسد.

مصرف انرژی در یک صنعت فرآیندی (Process Industry) را می توان از دو دیدگاه تجهیزاتی (Unit Operation Wise) و یا فرآیندی (Process Integration Wise) مورد بررسی قرار داد [۱]. از آنجا که بهینه‌سازی نیاز به درک صحیح دینامیک انرژی بری تجهیزات داشته [۳]، اصلاح وضعیت تجهیزات یکی از سه راهکار پیشنهادی کاهش مصرف انرژی است [۲]، لذا در مقاله حاضر اتلاف انرژی گرمائی در مکانهایی که نیازمند گرمایش همزمان با تهویه هستند، از دیدگاه تجهیزاتی مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- روش تحقیق و آزمایش های انجام شده

با توجه به اینکه تعیین درصد تلفات حرارتی واقعی نیازمند معلوم بودن مقادیر دمای ورودی و خروجی جریان سرد است، لذا در تحقیق حاضر، دمای هوای خروجی از یک مبدل هواگرمکن طراحی و ساخته شده در دانشگاه رازی [۴] اندازه گیری و اثر تغییر پارامترهای ورودی ( آهنگ مصرف سوخت ، دمای سوخت و دمای و دبی جریان هوا دمیده شده) بر آن تعیین گردید. در مبدل مورد بررسی ، جریان سیال گرم، گازهای حاصل از احتراق گازوئیل و جریان سرد، هوای دمیده شده به داخل مبدل بود. دبی جریان سرد با اندازه گیری سرعت جریان خروجی با استفاده از دستگاه سرعت سنج تستو ۴۳۵، ترسیم منحنی سرعت در عرض سطح مقطع کانال خروجی و بکارگیری روابط ارائه شده برای تعیین دبی جریان سیالات [۵-۶] تعیین گردید. دمای هوای ورودی و خروجی و سوخت مصرفی با بکارگیری ترمومتر Center 301-Type K اندازه گیری شد. هنگام بررسی اثر تغییر دمای سوخت، به منظور اطمینان از انجام تبادل گرما در شرایط جدید، دمای هوای خروجی یک دقیقه پس از هر مرتبه کاهش دمای سوخت ، اندازه گیری گردید. برای تعیین آهنگ مصرف سوخت، ابتدا مخزنی که انتهای شلنگهای مربوط به مشعل در حال کار، داخل آن قرار داشت، پر از سوخت گردیده ، پس از گذشت ۱۵ دقیقه با استفاده از یک استوانه مدرج شیشه ای تا پر شدن مخزن همانند وضعیت اولیه، سوخت اضافه گردید. با بدست آوردن نسبت میزان سوخت اضافه شده بر زمان، آهنگ مصرف سوخت تعیین شد.

## ۳- نتایج و بحث و بررسی

در تحقیق حاضر اثر پارامترهای ورودی بر میزان انرژی گرمائی تلف شده حائز اهمیت است. برای محاسبه راندمان مبدلها برای بر حسب نوع مبدل روابط مختلفی ارائه شده است [۷-۱۱]. در این مقاله از این روابط و تعاریف ذکر شده ، استفاده نمی‌شود، زیرا آنچه مورد نظر است، بحث صرفه جوئی در مصرف انرژی با تعیین درصد تلفات حرارتی واقعی است. برای تعیین این کمیت کافی است مقدار انرژی حاصل از سوخت و میزان انرژی که به صورت مفید سبب گرم شدن جریان سرد شده، محاسبه گردد. در این صورت درصد تلفات حرارتی در واحد زمان ( $\eta$ ) با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\eta = \frac{(H_{com} - H_{exc})}{H_{com}} \times 100 \quad (1)$$

در رابطه (۱)  $H_{exc}$  و  $H_{com}$  به ترتیب آهنگ گرمای مبادله شده و آهنگ گرمای تئوریک حاصل از احتراق سوخت (گازوئیل) می باشند. در اینجا فرض بر این است که احتراق به صورت کامل انجام پذیرفته است.  $H_{exc}$  گرمائی است که از طریق هوای گرم شده توسط مبدل در مدت یک ساعت به داخل فضای مسقف وارد می شود. در پژوهش حاضر، مقدار  $H_{exc}$  با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شده است:

$$H_{exc} = \rho \times \left(\frac{V}{t}\right) \times C_p \times (T_{out} - T_{in}) \quad (2)$$

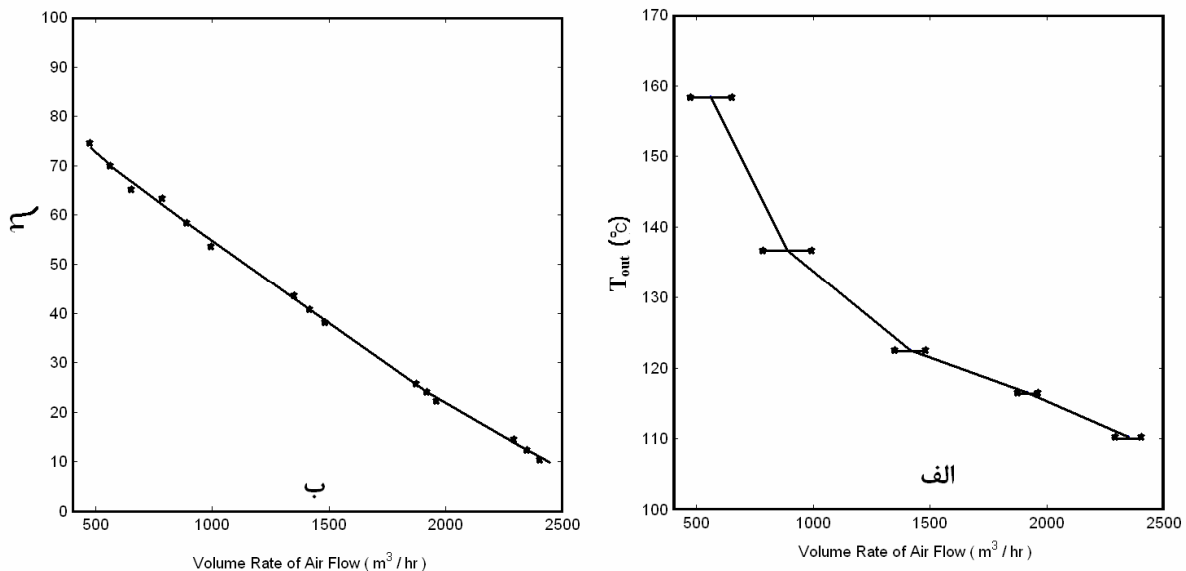
که در این رابطه  $\rho$  چگالی هوا،  $\left(\frac{V}{t}\right)$  دبی هوای خروجی،  $C_p$  گرمای ویژه هوا و  $(T_{out} - T_{in})$  اختلاف دمای خروجی و ورودی جریان سرد است. مقادیر پارامترهای بکار رفته در مقاله حاضر برای محاسبه  $H_{com}$  و  $H_{exc}$  در جدول ۱ ارائه گردیده است

جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده در محاسبه  $H_{exc}$  و  $H_{com}$  [۱۲].

مقدار	واحد	نام کمیت
۴۲۶۶۲	KJ / kg	گرمای احتراق پائینی
۹۰۰	Kg / m <sup>3</sup>	چگالی سوخت
۱ / ۰۰۷	KJ / kg.°C	گرمای ویژه هوا (متوسط)
۱ / ۲۹۳	Kg / m <sup>3</sup>	چگالی هوا در 0 C
۰ / ۹۴۶	Kg / m <sup>3</sup>	چگالی هوا در 100 C
۰ / ۷۴۷	Kg / m <sup>3</sup>	چگالی هوا در 200 C

### ۱-۳- اثر دبی و دمای ورودی جریان سرد

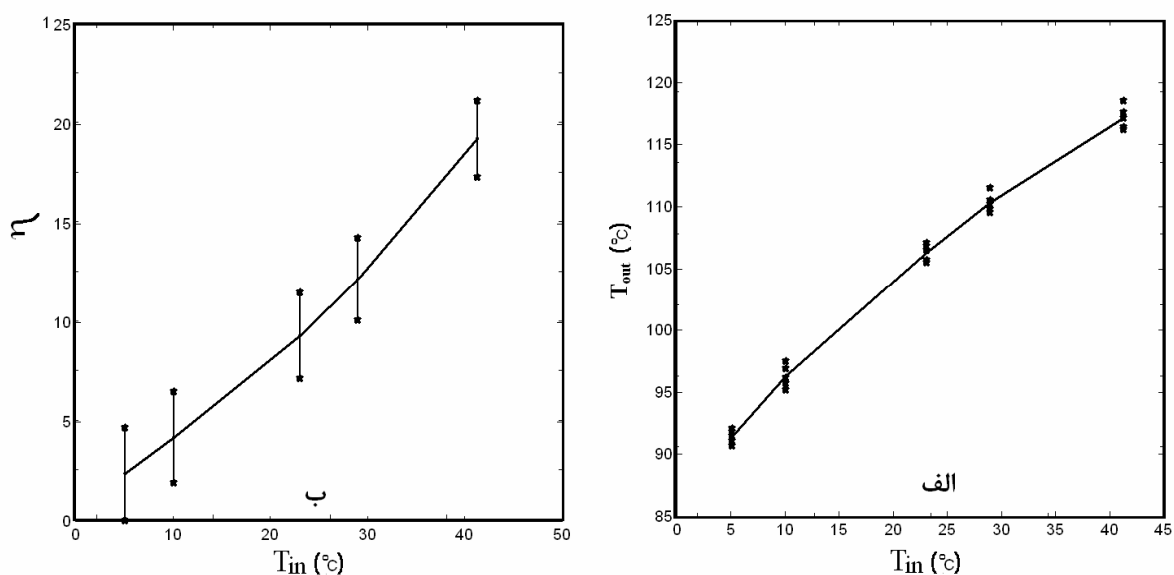
اثر دبی و دمای ورودی جریان سرد بر دمای خروجی این جریان و تلفات حرارتی مبدل در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- اثر دبی جریان هوای سرد بر الف) دمای خروجی ب) درصد تلفات حرارتی در واحد زمان، (دمای هوای ورودی C ۲۹، دمای سوخت C ۳۴ - آهنگ مصرف سوخت Lit/hr ۵/۲۸).

همانطور که این شکل نشان می دهد ، با افزایش دبی دمای ورودی هوا و درصد تلفات حرارتی هر دو کاهش می یابند. این نتیجه در محدوده پارامتر ورودی تحقیق حاضر معتبر بوده و نمی توان از آن نتیجه گیری کرد که همواره با افزایش دبی هوای دمشی می توان شرایط کاری مبدلها را بهبود بخشید. زیرا افزایش دبی از یک حدی به بالا نیازمند استفاده از فن های با قدرت بالا بوده و در نتیجه قیمت مبدل و همچنین انرژی الکتریکی مصرفی افزایش خواهد یافت. علاوه بر این شرایط محیط کار یک محدودیت جدی برای افزایش دبی دمشی ایجاد می کند زیرا برای مبادله گرما بین هوای ورودی به سالن با هوای داخل آن باید دمای هوای ورودی به مراتب بالاتر باشد تا دمای داخل سالن افزایش یافته و سالن گرم شده یا گرم نگه داشته شود. بنابراین دمای هوای ورودی نمی تواند از یک حدی کمتر باشد. همانطور که شکل ۱-الف نشان می دهد با افزایش دبی هوای خروجی، دمای آن ( و در واقع دمای هوای ورودی به سالن مرغداری یا گلخانه ) کاهش می یابد. در نتیجه حد مجاز دمای هوای ورودی به داخل سالن ، حد بالائی دبی جریان سرد را مشخص می کند. می توان نتیجه گرفت که برای به حداقل رساندن تلفات حرارتی باید در ساخت مبدل از فنی استفاده شود که قادر به تامین دبی هوای دمشی نزدیک به حد بالائی مجاز باشد. این موضوع متأسفانه در مبدلهای فعلی مورد استفاده در فضاهای ذکر شده ، رعایت نگردیده است.

شکل ۲ نشان می دهد که با افزایش دمای ورودی جریان سرد در محدوده مورد بررسی در این تحقیق ، با وجود افزایش دمای خروجی ، درصد تلفات حرارتی در واحد زمان زیاد می گردد. بنابراین با توجه به تغییر دمای محیط بیرون از فضاهای مسقف در طول شبانه روز و همچنین در فصول مختلف سال ، لازم است سیستم کنترل پارامترهای ورودی بگونه ای تنظیم شود که این تغییرات را در جهت بهینه کردن مصرف سوخت و کاهش تلفات حرارتی به صورت خودکار لحاظ نماید.

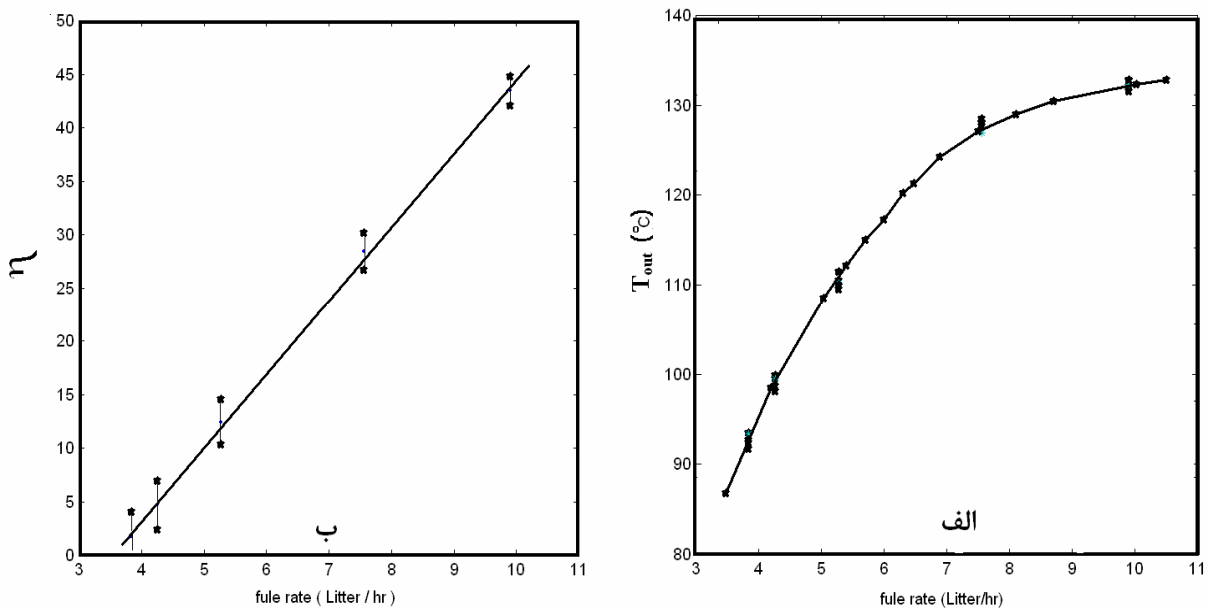


شکل ۲- اثر دمای ورودی جریان سرد بر (الف) دمای خروجی (ب) درصد تلفات حرارتی در واحد زمان (دبی خروجی جریان سرد  $2347 m^3/hr$ ، دمای سوخت  $34 C$ ، آهنگ مصرف سوخت  $5/28 Lit/hr$ )

### ۲-۳- اثر آهنگ مصرف و دمای پیشگرم سوخت

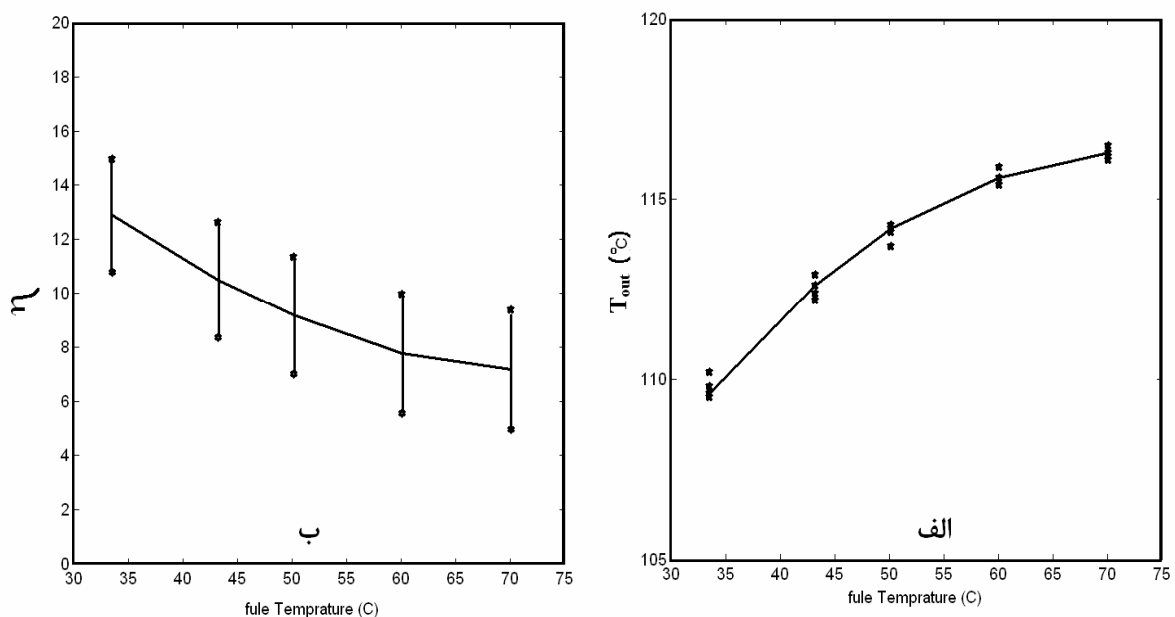
همانطور که در شکل ۳ مشاهده می گردد با ازدیاد آهنگ مصرف سوخت علیرغم زیاد شدن دمای خروجی جریان سرد ، درصد تلفات حرارتی در واحد زمان نیز افزایش می یابد ، در واقع میزان ازدیاد  $H_{com}$  حاصل از مصرف بیشتر سوخت برافزایش ناشی از زیاد شدن دمای خروجی جریان سرد غالب می باشد. بنابراین تامین گرمای مورد نیاز فضاهای مسقف با افزایش آهنگ مصرف سوخت مشعل روش مناسبی نبوده و منجر به افزایش تلفات حرارتی می شود. بکارگیری حداقل آهنگ مصرف سوخت سبب حداقل شدن تلفات انرژی گرمائی می شود. می توان نتیجه گرفت که بکارگیری چند مبدل حرارتی که با حداقل

آهنگ مصرف سوخت کار می کنند، بر استفاده از یک مبدل حرارتی با ظرفیت بالا که با ماکزیمم آهنگ مصرف سوخت کار می کند تا گرمای بیشتری ایجاد کند، ارجحیت دارد. متأسفانه در حال حاضر این موضوع کمتر رعایت می شود.



شکل ۳- اثر آهنگ مصرف سوخت بر الف) دمای خروجی ب) درصد تلفات حرارتی در واحد زمان، (دمای ورودی جریان سرد  $29\text{ C}$ ، دبی خروجی جریان سرد  $2347\text{ m}^3/\text{hr}$ ، دمای پیشگرم سوخت  $34\text{ C}$ )

شکل ۴ نشان می دهد که با بالا رفتن دمای پیشگرم سوخت مصرفی، هم دمای خروجی افزایش یافته و هم از درصد تلفات حرارتی در واحد زمان کاسته می شود. در واقع این تنها پارامتر ورودی است که افزایش آن سبب کاهش تلفات حرارتی و افزایش آهنگ گرمای وارد شونده به فضای مسقف می گردد. بنابراین پیشگرم کردن سوخت روش مفیدی برای به حداقل رساندن تلفات حرارتی است و به سادگی می توان با برگشت مقداری از دود خروجی از مبدل این کار را انجام داد.



شکل ۴- اثر دمای پیشگرم سوخت بر الف) دمای خروجی ب) درصد تلفات حرارتی در واحد زمان، (دمای ورودی جریان سرد  $29\text{ C}$ ، دبی خروجی جریان سرد  $2347\text{ m}^3/\text{hr}$ ، آهنگ مصرف سوخت  $5/28\text{ Lit./hr}$ )

#### ۴- نتیجه گیری

- با توجه به مباحث ذکر شده می توان نتیجه گرفت که:
- ۱- با افزایش دمای هوای ورودی، آهنگ مصرف سوخت و پیشگرم کردن سوخت، دمای هوای خروجی و در نتیجه آهنگ گرمای مبادله شده زیاد می شود.
  - ۲- برای حداقل شدن تلفات حرارتی، یک حد بالایی برای دبی جریان سرد وجود داشته و لازم است دمنده هایی انتخاب شوند که قادر به تامین هوای ورودی با دبی نزدیک به این حد بالایی باشند.
  - ۳- با پیشگرم کردن سوخت و افزایش دبی هوای دمشی، درصد تلفات حرارتی کاهش یافته ، اما با ازدیاد آهنگ مصرف سوخت و دمای ورودی جریان سرد، درصد تلفات حرارتی زیاد می شود.
  - ۴- استفاده از چند مبدل با آهنگ مصرف سوخت کمینه، بجای بکارگیری یک مبدل با ظرفیت حرارتی بالا، موجب صرفه جویی در مصرف سوخت و انرژی گرمائی می گردد.
  - ۵- برای حداقل شدن تلفات حرارتی لازم است با توجه به تغییرات دمای محیط بیرون از فضاهای مسقف در طول شبانه روز ویا در فصول مختلف، پارامترهای ورودی مانند دبی جریان سرد، آهنگ مصرف و دمای پیشگرم سوخت به صورت هوشمند تنظیم شوند.

#### تشکر و قدردانی

این تحقیق با پشتیبانی حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه رازی و همکاری شرکت مهندسی قاپی ساز و آقایان علیرضا باغبانباشی ، شهریار یاقوتی پور و مهندس محمدرضا پناهی انجام شده است بدینوسیله مراتب قدردانی خود را ابراز می دارد.

#### مراجع

- 1- [http://edi.ifco.ir/cat1/method\\_analytical.asp](http://edi.ifco.ir/cat1/method_analytical.asp)
- ۲- مهدی هاشمی ، "روشهای جلوگیری از اتلاف مصرف انرژی در کشور"، مجموعه مقالات کنفرانس روشهای پیشگیری از اتلاف منابع ملی ، فرهنگستان علوم ، جمهوری اسلامی ایران ، ۲۱-۱۹ خرداد ۳۸۳.
- ۳- اسماعیل فاتحی فر، سعید پاکنیا، پیمان کشاورز، "ارائه راهکارهایی برای صرفه جویی در مصرف انرژی"، همان مرجع شماره ۲.
- ۴- علی محمد رشیدی ، گزارش نهائی طرح پژوهشی "اثر آهنگ مصرف سوخت ، دبی دمش هوا و دمای پیشگرم سوخت بر راندمان حرارتی مبدلهای پوسته ای هوا خنک شو" ، معاونت پژوهشی دانشگاه رازی ، پائیز ۱۳۸۳
- 5- I.H. Shames, Mechanics of Fluid, (Third Edition), McGraw-Hill International Editions, 1992
- 6- A. Esposito, Fluid Mechanics With Applications, Prentice-Hall, Inc. , 1998
- 7- J.P. Holman , Heat Transfer , ( fifth Edition ) , International Student Edition, 1981.
- 8- E.A.D. Saunders, Heat Exchangers, Selection, Design, and Construction, Longman Scientific & Technical, 1988
- ۹- آرتور پ فرانس، (مترجمین: مجید ملکی و اسماعیل خوشروان)، طراحی مبادله کنه های گرما ، مرکز نشر دانشگاهی ، تهران، سال ۱۳۷۷.
- ۱۰- رستمی، علی اصغر، طراحی مبدلهای حرارتی، مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان ، سال ۱۳۷۲.
- ۱۱- کهرم، محسن، طراحی مبدلهای حرارتی، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی- مشهد ، سال ۱۳۷۰.
- 12- E.I. Kazantsev, Industrial Furnaces, (Translated from the Russian by I.V. Savin), Mir Publishers Moscow, 1977