بهینه سازی مصرف انرژی در بویلرهای واحدهای صنعتی

مریم مشکلانی، سهیلا مهدی زاده[1]

۱. کارشناس ارشد مهندسی شیمی soheilamehdizadeh@yahoo.com

چکیده

این مقاله به بهینه سازی مصرف انرژی در بویلرهای واحدهای صنعتی اختصاص دارد. هدف از ارائهٔ مقالهٔ مذکور بیان روشهای متفاوت بهینه سازی و کاهش تلفات انرژی در دیگهای بخار می باشد. به علاوه به راهکارهای صرفه جویی انرژی در دیگهای بخار نیز اشاره گردیده است. در ادامه به بررسی عملکرد بویلرهای دو کارخانه منتخب A و B پرداخته شده و عملکرد سیستم تولید بخار هر دو کارخانه نامطلوب ارزیابی گردید و با تنظیم نسبت هوا به سوخت برای دو کارخانه A و B بترتیب ۲۳۱/۷ و ۱۱۵ میلیون ریال صرفه جویی سالیانه با بازگشت سرمایه بین ۱ تا ۲ ماه برآورد گردید.

واژه های کلیدی: دیگ بخار- بهینه سازی- بویلر- اتلاف انرژی- راهکارهای صرفه جویی انرژی

۱- مقدمه

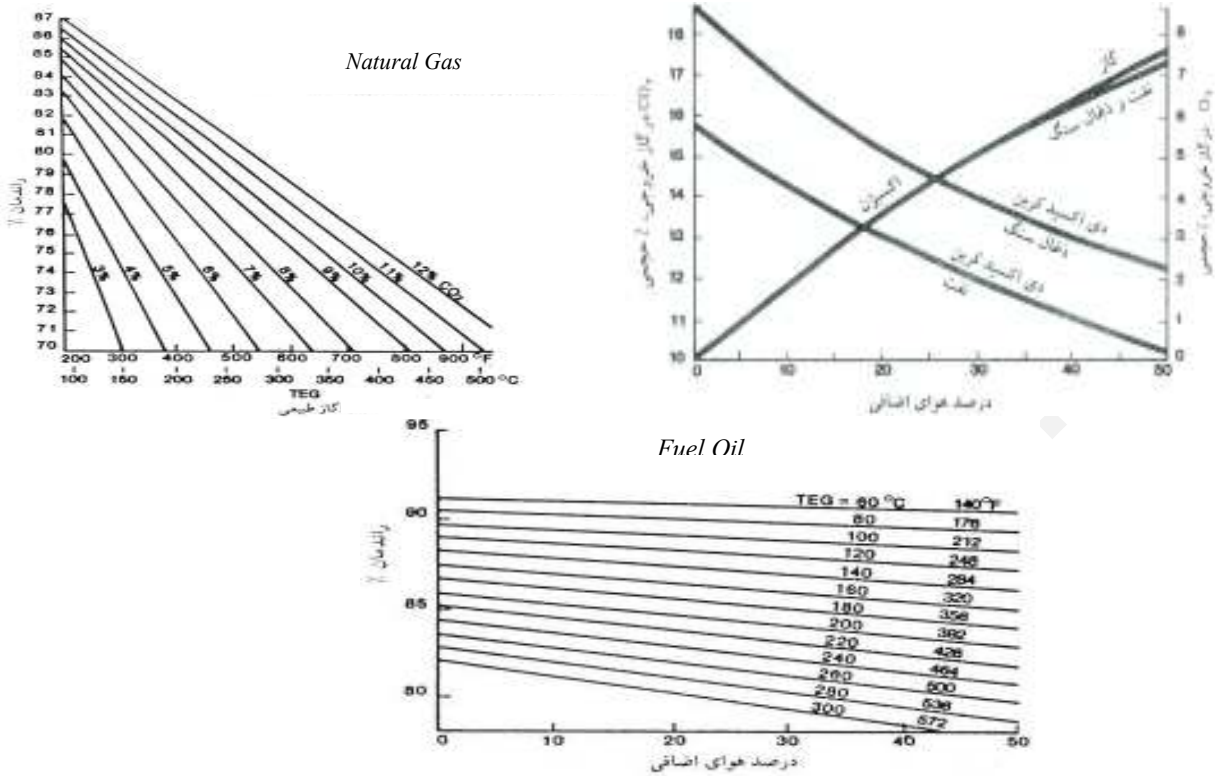
معمولا" در امور گرمایشی فرآیندها، بخار به عنوان حامل ایده آل انرژی گرمایی به کار می رود. زیرا اولا" انرژی گرمایی آن در دمای ثابت انتقال می یابد. دوما" دمای آن بستگی به فشار داشته و بنابراین کنترل دما به سادگی امکان پذیراست. به طور کلی بخار مورد نیاز در یک واحد صنعتی در دیگ بخار تولید می شود بنابراین بویلرخانه اغلب بزرگترین واحد مصرف کننده انرژی به شکل سوخت در کل واحد صنعتی محسوب می گردد. [۱].

با توجه به هزینه بر بودن تولید بخار و ارزش اقتصادی آن، بهینه سازی و بررسی عملکرد بویلرها که جهت تولید بخار بکار می روند، در بحث تکنولوژی بازیافت انرژی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. به طور کلی بویلرها بر اساس انتقال حرارت میان آب و گرمای ایجاد شده توسط انواع سوختها کار می کنند و میزان مصرف انرژی در آنها بستگی به ظرفیت بخار و شرایط فیزیکی بخار از لحاظ دما و فشار دارد که میزان این انرژی در بویلرهای صنعتی به علت بالا بودن ظرفیت بخار تولیدی قابل ملاحظه می باشد.

۲-۱- تلفات حاصل از گازهای خروجی از دودکش

برای نیل به بازده حرارتی بالا و در نتیجه کاهش هزینه سوخت، در یک دیگ بخار میزان هوای احتراق باید محدود به هوای مورد نیازجهت احتراق کامل سوخت از جمله هوای لازم متناسب با ترکیب خاص مشعل و دیگ بخار باشد[۳].

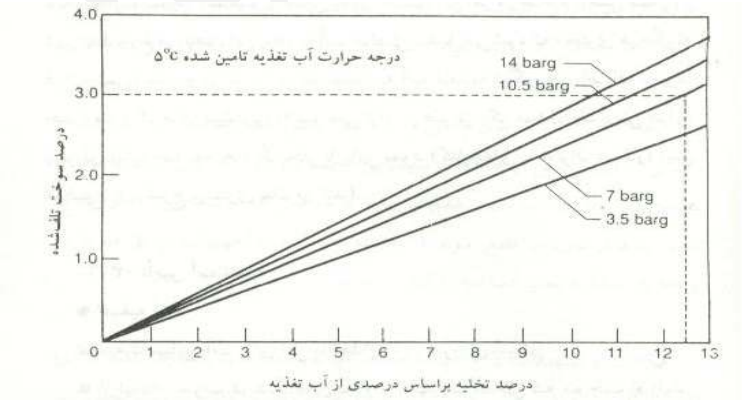
میزان هوای اضافی از طریق آنالیز گازهای خروجی از دودکش قابل اندازه گیری است. استفاده از تکنولوژی های جدید احتراق ازجمله کنترل الکتریکی، سیستم تنظیم کننده اکسیژن، دستگاه آنالیز کننده گاز خروجی و استفاده از اکونومایزر صرفه جویی به سزایی در مصرف سوخت و انرژی را در پی دارد. در نمودار (۱) اثرات درصد هوای اضافی بر راندمان بویلر نشان داده شده است که بر اساس نمودار کاهش یک درصدی هوای اضافی موجب کاهش یک درصدی در مصرف سوخت می گردد.



نمودار (۱) : اثرات درصد هوای اضافی بر روی تلفات گازهای خروجی[۱]

۲-۲- تلفات حاصل از تخلیه آب داغ دیگ بخار

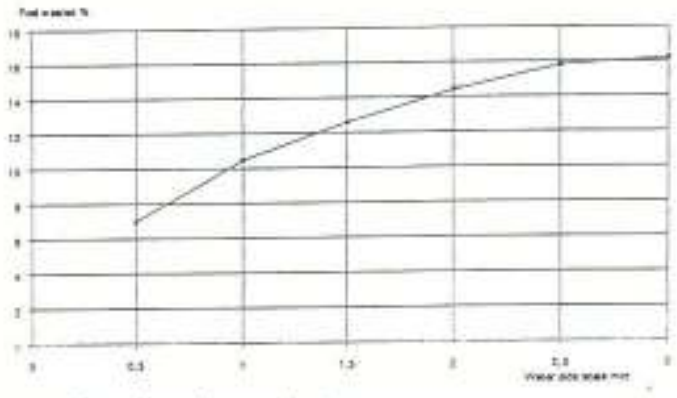
مهمترین گام در تخلیه، کنترل صحیح میزان آن می باشد زیرا تخلیه بیش از حد سبب اتلاف حرارتی می گردد. در این صورت بازیابی انرژی از آن حدود ۵۰٪ می باشد. در نمودار (۲) اثرات ناشی از اتلاف سوخت ناشی از تخلیهٔ دیگ بخار نشان داده شده است.



نمودار (۲) : اثرات ناشی از اتلاف سوخت ناشی از تخلیهٔ دیگ بخار[۱]

۲-۳- تلفات حاصل از رسوب و دوده سطوح انتقال حرارت

- راندمان انتقال حرارت به آب دیگ بخار به علت تجمع دوده در سمت تماس شعله و تجمع رسوب در سمت عبور آب کاهش می یابد. سطوح دوده و رسوب گرفته موجب افزایش دمای گازهای خروجی و اتلاف حرارتی از دودکش می شوند. به طور تقریبی می توان گفت هر یک میلی متر رسوب میزان مصرف سوخت را ۲٪ افزایش می دهد. در نمودار (۳) اثرات ناشی از میزان اتلاف سوخت بویلر بر حسب ضخامت رسوب نشان داده شده است.



نمودار (۳) : اثرات ناشی از میزان اتلاف سوخت بویلر بر حسب ضخامت رسوب[۴]

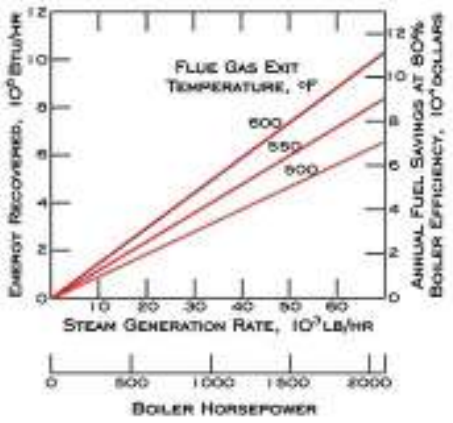
۲-۵- تلفات تشعشعی پوستهٔ دیگ بخار

تلفات شعشعی در دیگ ناشی از تلفات حرارتی از سطح خارجی دیگ می باشد و معمولاً به سادگی قابل اندازه گیری نمی باشند. بنابراین به صورت تلفات پراکنده جهت جبران توازن حرارتی منظور می گردند. این تلفات در دیگهای مدرن کمتر از یک درصد گرمای ورودی به دیگ در بار حداکثر می باشد. البته این مقدار برای دیگهای قدیمی به میزان ۱۰ درصد افزایش می یابد.

۳- راهکارها و فرصتهای صرفه جویی انرژی

۳-۱- روشهای بازیافت حرارت

با تبدیل و انتقال حرارت اتلافی در گازهای خروجی به قسمتهای دیگر بخار می توان در صرفه جویی انرژی کوشید . میزان تلفات حرارتی دیگهای بخار از گازهای خروجی دودکش عموماً مقدار قابل توجهی بوده که برای کاهش آن و بازیابی حرارت ازگازهای خروجی از مبدلهای حرارتی استفاده می شود. میزان انرژی بازیابی شده و صرفه‌جویی در مصرف سالیانه سوخت بر حسب بخار تولیدی در نمودار (۴) آمده است. ازجمله دستگاههای بازیافت حرارت به شرح زیر می باشند .



نمودار (۴) : انرژی بازیابی شده و صرفه‌جویی در مصرف سالیانه سوخت بر حسب بخار تولیدی

الف- اکونومایزر

مبدل حرارتی که قابلیت انتقال حرارت از گازهای خروجی به آب تغذیه دیگ بخار را دارد اکونومایزر نام دارد و حدود ۵ درصد از سوخت را صرفه جویی می کند و مخصوصاً مناسب دیگهای بخار گاز سوز است .

ب- پیش گرم کن هوا

در این نوع از تجهیزات از یک پیش گرم کن جهت گرم کردن هوای احتراق توسط انرژی گازهای داغ دودکش استفاده می شود.

ب-۱- رکوپراتور پاششی

ب-۲- پمپ حرارتی

ب-۳- چرخهای احیای حرارتی

ب-۴- دمپر های گاز خروجی

از جمله روشهای صرفه جویی قراردادن دمپرهای ایزوله کننده در مسیر گاز خروجی است. به طور کلی برای اینکه بتوان میزان صرفه جویی بالقوه دیگ بخار را تخمین زد باید ترکیبی از برنامه بهره برداری دیگ بخار و شرایط گاز خروجی را مورد بررسی قرار داد همچنین طرحهای پیشنهادی باید مسائل ایمنی را نیز مورد توجه قرار دهند.

۳-۲- عایق بندی

۳-۳- کنترل دور موتور فن های هوا با استفاده از VSD

۳-۴- راهکارهای نگهداری وتعمیرات

۴- بررسی عملکرد و تعیین میزان تلفات بویلرهای دو کارخانه منتخب

جهت بررسی عملکرد بویلرهای یک کارخانه پس از تعیین کمیتهای اندازه گیری، انجام اندازه گیریهای لازم صورت خواهدگرفت. فهرست تجهیزات مورد استفاده جهت اندازه گیری کمیتهای حرارتی درجدول (۲) آمده است.

جدول (۲): لیست دستگاههای اندازه گیری پارامترهای حرارتی

ردیف	عنوان

دستگاه testo 350 جهت آنالیزگاز و متعلقات: • سنسورهای گازهای CO_2 , O_2 ,CO, H_2 , SO_2 , NO_X , H_2S	
دستگاه Flexim جهت اندازه گیری دبی سیال	
دستگاه Reytek 3i جهت اندازه گیری دمای سطوح به روش غیرتماسی	
دستگاه Testo 400 جهت اندازه گیری دبی هوای فن ها	

- در این مقاله بر اساس اندازه گیری های انجام شده بر روی دیگهای بخار دو کارخانه منتخب به ارزیابی دقیق عملکرد بویلرهای دو کارخانه پرداخته و پارامترهای مختلف نشان دهنده عملکرد دیگهای بخار مورد تجزیه وتحلیل قرار می گیرد.

۴-۱- داده های اندازه گیری (دبی آب مصرفی و آنالیز گاز خروجی از دودکش بویلرها)

پارامترهای حرارتی اندازه گیری شده شامل پارامترهایی نظیر دبی آب تغذیه هر یک از بویلرها، دبی آب کل کندانسه برگشتی، آب تازه ورودی به بویلرها (آب جبرانی) که این دبی ها توسط دبی سنج آلتراسونیک اندازه گیری گردید. همچنین آنالیز دود خروجی از دودکش هریک از بویلرها توسط دستگاه تستو (testo) صورت گرفت. جمع بندی نتایج حاصل از اندازه گیری کلیه پارامترهای فوق در دو کارخانه منتخب در جداول (۳) و (۴) ارائه شده است.

جدول(۳): نتایج اندازه گیری دبی در قسمتهای مختلف بویلرخانه دو کارخانه منتخب

عنوان	کارخانه A		کارخانه B	
	دبی میانگین (ton/hr)	ظرفیت اسمی بویلر (ton/hr)	دبی میانگین (ton/hr)	ظرفیت اسمی بویلر (ton/hr)
آب تغذیه بویلر۱	۸/۵۳	۱۳/۶	۴/۱۴	۶
آب تغذیه بویلر۲	۱/۹۵	۱۴/۹	۷/۱۸۶	۱۲
آب تغذیه بویلر۳	۹/۳۱	۱۰/۲	۷/۰۵	۱۰
آب تغذیه بویلر۴	۹/۳۱	۱۰/۲	-	-
آب تغذیه بویلر۵	۷/۴۹	۱۰/۲	-	-
آب تغذیه بویلر۶	۱/۱۷	۷/۲	-	-

جدول (۴) : نتایج آنالیز گازهای خروجی از دودکش دیگهای بخار دو کارخانه منتخب

	کارخانه A						کارخانه B					
	دما (°C)	٪O_2	CO_2 ٪	CO (ppm)	EX.Air	Eff.%	دما (°C)	٪O_2	CO_2 ٪	CO (ppm)	EX.Air	Eff.%
۱	۲۰۷/۱۲	۱۰/۸۹	۵/۷۳	۰	۱۰۷/۶۴	۷۸/۲۶	۲۲۵/۱۳	۸/۸۵	۷/۳۷	۰/۰۰	۷۲/۸۳	۷۸/۳۶
							۲۲۱/۵۳	۱۲/۵۸	۵/۵۵	۱/۴۶	۱۳۲/۳۸	۷۳/۹۱
۲	۲۳۵/۶۲	۱۰/۸۱	۵/۷۷	۰/۳۳	۱۰۶/۱	۷۶/۰۶	۲۵۸/۸۵	۳/۸۷	۱۱/۶۸	۱۵۰۴/۶۷	۳۰/۹۳	۷۸/۸۰
۳	۱۹۳/۹۸	۹/۱۲	۶/۷۴	۰	۶۷/۷	۸۰/۶۶	۱۹۴/۳۰	۸/۷۵	۷/۲۱	۰/۰۰	۷۱/۴۶	۸۰/۱۸
۴	۱۹۶/۸	۱/۹	۱۰/۸۲	۹/۲	۹/۹۵	۸۳/۵۷	-	-	-	-	-	-
۵	۲۰۱/۱۳	۶/۴۶	۸/۲۴	۰	۴۴/۴۵	۸۱/۵۹	-	-	-	-	-	-
۶	۱۶۶/۱۵	۱۰/۷۴	۵/۸۱	۰	۱۰۴/۷۷	۸۱/۱	-	-	-	-	-	-

۴-۲- برآورد میزان مصرف سوخت دیگهای بخار

در این قسمت براساس راندمان کلی بدست آمده برای هریک از بویلرهای دو کارخانه منتخب با توجه به روابط تئوری موجود، میزان مصرف گاز طبیعی هریک از بویلرها محاسبه گردیده است. راندمان کلی یک دیگ بخار به وسیله رابطه زیر بدست می آید:

$$Overall\ efficiency\ \%= \frac{Heat\ Transfer\ To\ Medium}{LHV \times Fuel\ Consumption} \times ۱۰۰$$

با انجام محاسبات در مورد بویلرهای دو کارخانه منتخب، میزان سوخت مصرفی دیگهای بخارمحاسبه ودر جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵) : میزان مصرف گاز طبیعی بویلرهای دو کارخانه منتخب

عنوان	بویلر ۱		بویلر ۲	بویلر ۳	بویلر ۴	بویلر ۵	بویلر ۶	مجموع
	شعله کوتاه	شعله بلند						
کارخانه A	۷۱۹/۲۳		۱۶۹	۷۵۵/۴	۷۱۷/۸	۵۹۴/۷	۹۴/۳	۳۰۵۰/۴۳
کارخانهB	۳۳۲/۷۶	۳۳۲/۷۶	۵۶۸/۱۴	۵۶۸/۱۴	-	-	-	-

۴-۳- محاسبه و تحلیل درصد هوای اضافه بویلرها و تعیین میزان تلفات

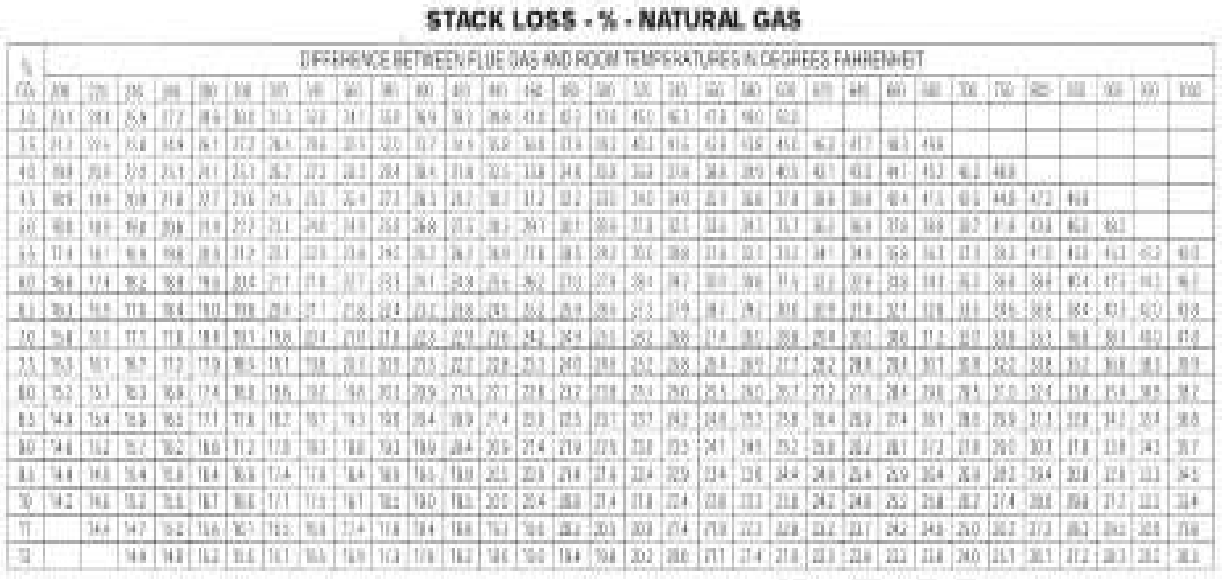
نتایج آنالیز گازهای خروجی از دودکش هریک از بویلرها در جدول (۶) آورده شده است.

جدول (۶) : نتایج محاسبه درصد هوای اضافی بویلرهای دوکارخانه منتخب

	عنوان	بویلر ۱		بویلر ۲	بویلر ۳	بویلر ۴	بویلر ۵	بویلر ۶
		شعله کوتاه	شعله بلند					
کارخانه B	O_2(درصد)	۸/۸۵	۱۲/۵۸	۳/۸۷	۸/۷۵	-	-	-
	CO_2(درصد)	۷/۳۷	۵/۵۵	۱۱/۶۸	۷/۲۱	-	-	-
	هوای اضافی (درصد)	۶۴/۹۹	۱۳۴/۱۵	۱۰۶/۴۸	۶۳/۴۷	-	-	-
کارخانه A	O_2(درصد)	۱۰/۸۹		۱۰/۸۱	۹/۱۲	۱/۹	۶/۴۶	۱۰/۷۴
	CO_2(درصد)	۵/۷۳		۵/۷۷	۶/۷۴	۱۰/۸۲	۸/۲۴	۵/۸۱
	هوای اضافی (درصد)	۹۴/۹		۹۳/۵۵	۶۷/۸۹	۸/۸	۳۹/۳۹	۹۲/۳۶

با تنظیم میزان درصد هوای اضافی توسط آنالیز دود خروجی می توان درصد هوا به سوخت بویلر را در مقدار نرمال آن تثبیت نمود. با استفاده از نتایج آنالیز گاز خروجی از دودکش بویلرهای دو کارخانه منتخب، درصد تلفات گازهای خروجی دیگهای بخار بر اساس جدول (۸) محاسبه ودر جداول (۹) و (۱۰) ارائه شده است.

جدول (۸) : تلفات گازهای خروجی از دیگ بخار بر حسب درصد هوای اضافی(سوخت گاز طبیعی) [۸]



جدول (۹) : درصد تلفات گازهای خروجی در دیگهای بخار کارخانه A قبل از تنظیم درصد هوای اضافی آنها

عنوان	بویلر۱	بویلر۲	بویلر۳	بویلر۴	بویلر۵	بویلر۶
CO_2 فعلی (درصد)	۵/۷۳	۵/۷۷	۶/۷۴	۱۰/۸۲	۸/۲۴	۵/۸۱
دمای فعلی دودکش (C°)	۲۰۷/۱۲	۲۳۵/۶۲	۱۹۳/۹۸	۱۹۶/۸	۲۰۱/۱۳	۱۶۶/۱۵
اختلاف دمای دودکش با محیط (F°)	۳۶۳/۴	۴۱۴/۷۲	۳۳۹/۸	۳۴۴/۸	۳۵۲/۶	۲۸۹/۷
تلفات گازهای خروجی درحال حاضر ٪	۲۳/۲	۲۵/۱	۲۰/۸	۱۷/۱	۱۹/۳	۲۰/۱

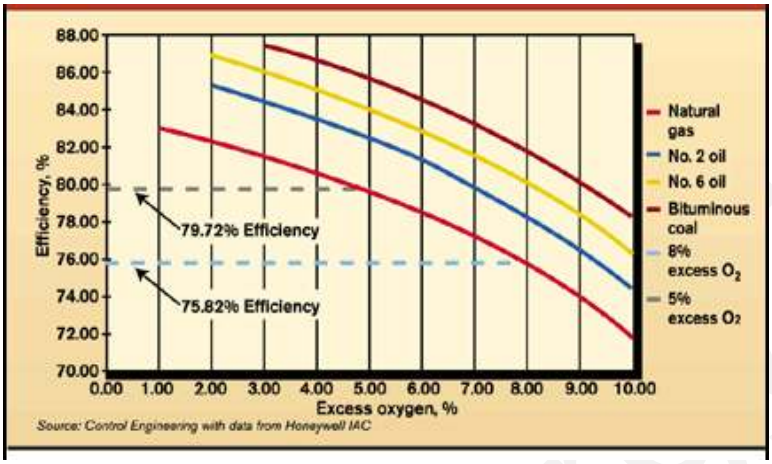
جدول (۱۰) : درصد تلفات گازهای خروجی در دیگهای بخار کارخانه B قبل از تنظیم درصد هوای اضافی آنها

عنوان	بویلر۱ (شعله کوتاه)	بویلر۱ (شعله بلند)	بویلر۲	بویلر۳
CO_2 فعلی (درصد)	۷/۳۷	۵/۵۵	۱۱/۶۸	۷/۲۱
دمای فعلی دودکش (C°)	۲۲۵/۱۳	۲۲۱/۵۳	۲۵۸/۸۵	۱۹۴/۳
اختلاف دمای دودکش با محیط (F°)	۳۵۹/۲۳	۳۵۲/۷۵	۴۱۹/۹۳	۳۰۳/۷۴
تلفات گازهای خروجی درحال حاضر %	۲۰/۵	۲۳/۳	۱۸/۵	۱۸/۹

از آنجائیکه با تنظیم درصد هوای اضافی، علاوه بر درصد O_2 درصد گازCO_2 نیز تغییر می کند، تعیین دقیق تلفات گازهای خروجی پس از تنظیم نسبت هوا به سوخت باتوجه به داده های فعلی امکان پذیر نمی باشد.

با مقایسه نتایج درصد هوای اضافی اندازه گیری شده در دیگهای بخار دو کارخانه با میزان متعارف درصد هوای اضافی برای احتراق گاز طبیعی(۱۵-۱۰درصد)، ملاحظه می شود که فرآیند احتراق دیگهای بخار دو کارخانه مناسب نبوده است. البته این موضوع به دلیل آنکه تنظیم نسبت هوا به سوخت دیگهای بخار بصورت دستی انجام می شود کاملاً طبیعی است. زیرا که هیچگاه با توجه به شکل و رنگ شعله نمی توان نسبت دقیق هوا وسوخت را تنظیم نمود. با تنظیم درصد هوای اضافی می توان راندمان بویلرها را افزایش داد. هرچه میزان هوای اضافی نسبت به مقدار مطلوب آن بیشتر باشد، دمای محفظه احتراق کوره کاهش یافته و

راندمان کلی کوره کاهش می یابد. این امر باعث افزایش مصرف سوخت و در نتیجه افزایش شدت مصرف انرژی حرارتی می شود. با توجه به نمودار (۶) برای محاسبه افزایش راندمان بویلر باسوخت گازطبیعی، درصدO_2 گازهای خروجی از دودکش مورد نیازمیباشد.



نمودار(۶): تغییرات راندمان احتراق بویلر با سوخت گاز طبیعی برحسب درصد O_2 (درصد هوای اضافی) [۹]

براساس نتایج اندازه گیری صورت گرفته بر روی بویلرهای دو کارخانه منتخب با داشتن میزان O_2 اندازه گیری شده و مقایسه آن با میزان متعارف O_2 برای احتراق گاز طبیعی (۲/۷-۲ درصد)، میزان افزایش راندمان احتراق هریک از بویلرها با توجه به نمودار (۶) محاسبه و در جداول (۱۱) و (۱۲) آورده شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده، پیش بینی می شود با کاهش درصد هوای اضافی در خصوص بویلرها و تنظیم نمودن آن برای کنترل ورود هوای اضافی، بتوان به افزایش هر چه بیشتر راندمان دست یافت. میزان صرفه جویی حاصل از افزایش راندمان را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود.

جدول (۱۱) : نتایج افزایش راندمان بویلرهای کارخانه A بعد از تنظیم درصد هوای اضافی (درصد O_2 گازهای خروجی)

عنوان	بویلر ۱	بویلر ۲	بویلر ۳	بویلر ۴	بویلر ۵	بویلر ۶
O_2 ٪	۱۰/۸۹	۱۰/۸۱	۹/۱۲	۱/۹	۶/۴۶	۱۰/۷۴
هوای اضافی٪	۱۰۷/۶۴	۱۰۶/۱	۶۷/۷	۹/۹۵	۴۴/۴۵	۱۰۴/۷۷
راندمان کلی(اولیه) ٪	۷۹/۱	۷۶/۸۸	۸۲/۲	۸۶/۵	۸۴	۸۲/۷
افزایش راندمان٪	۱۱/۵	۱۱/۵	۷/۵	۰/۵	۳/۵	۱۱/۴

جدول (۱۲) : نتایج افزایش راندمان بویلرهای کارخانه B بعد از تنظیم درصد هوای اضافی (درصد O_2 گازهای خروجی)

عنوان	بویلر ۱ شعله کوتاه	بویلر ۱ شعله بلند	بویلر ۲	بویلر ۳
O_2 ٪	۸/۸۵	۱۲/۵۸	۳/۸۷	۸/۷۵
هوای اضافی٪	۶۴/۹۹	۱۳۴/۱۵	۱۰۶/۴۸	۶۳/۴۷
راندمان کلی (اولیه)٪	۸۰/۸۷	۷۶/۸۴	۸۲/۲۶	۸۳/۰۳

افزایش راندمان٪	۷	۱۶/۳	۰/۵	۷/۲

$$Cost\,Saving = \frac{E_2 - E_1}{E_2} \times Annually \quad Fuel \quad Cost$$

E_1 : راندمان اولیه E_2: راندمان بهبود یافته

بنابراین با توجه به مشخص بودن میزان مصرف سوخت هر یک از بویلرهای کارخانه (جدول (۵)) میزان صرفه جویی گازطبیعی برای هر بویلر محاسبه و در جدول (۱۳) آورده شده است.

جدول (۱۳) : میزان صرفه جویی گاز طبیعی برای بویلرهای کارخانه های B و A بعد از تنظیم درصد هوای اضافی

عنوان	بویلر ۱		بویلر ۲	بویلر ۳	بویلر ۴	بویلر ۵	بویلر ۶
	شعله کوتاه	شعله بلند					
میزان صرفه جویی سالیانه کارخانهB (ریال)	۰۹/*۱۰^۶ ۲۹	۲۳/*۱۰^۶ ۶۷	۶۴/*۱۰^۶ ۳۷	۴۸/۳۱*۱۰^۶	-	-	-
میزان صرفه جویی سالیانه کارخانهA (ریال)	۹۷/۹۷*۱۰^۶		۲۳/۷*۱۰^۶	۶۷/۸*۱۰^۶	۴/۴*۱۰^۶	۲۵/۵*۱۰^۶	۱۲/۳*۱۰^۶

بنابر این با تنظیم بویلر ها، برای کارخانه B در مجموع سالیانه حدود ۱۱۵ میلیون ریال و برای کارخانه A سالیانه حدود ۲۳۱/۷میلیون ریال می توان صرفه جویی کرد. البته مقادیر بالا بسیار خوشبینانه است و در صورتی قابل دستیابی است که اجزاء بویلر مثل مشعل دارای کارایی پایین نباشد. بنابر این در کنار تنظیم احتراق، بهبود قطعات بویلر و مشعلها ضروری است. از طرفی کنترل مداوم تجهیزات مطابق یک برنامه زمانبندی بازدید لازم است.

پیش بینی می شود حداقل به ۵۰ درصد این مقدار صرفه جویی بتوان دست یافت. لذا با در نظر گرفتن هزینه تست، تنظیم و تحلیل احتراق هر بویلر به وسیله کارشناس هر شش ماه یکبار، میزان بازگشت سرمایه بین ۱ تا ۲ ماه خواهد بود. که یکی از راهکارهای مناسب و کم هزینه می باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که افزایش راندمان بویلر تنها باعث صرفه جویی در سوخت نشده و به طور کلی بر سایر هزینه ها نیز اثر گذاشته و سبب کاهش آنها می گردد. از آن جمله کاهش ساعات کارکرد بویلر، کاهش هزینه های تعمیر، نگهداری واستهلاک بویلر و نیز هزینه نیروی انسانی می باشد.

۴-۴- بررسی عملکرد سیستم تولید بخار

بر اساس اندازه گیریهای انجام گرفته بر روی دبی آب تغذیه بویلرهای کارخانه های منتخب توسط دستگاه دبی سنج آلتراسونیک، درصد بخار تولیدی بویلرها به ظرفیت اسمی آنها به ترتیب برابر ۶۵/۴٪ و ۵۶/۹۵٪ بدست آمده است و این موضوع نشانگر بالا بودن پتانسیل صرفه جویی انرژی حرارتی در بخش دیگهای بخار در تولید بخار می باشد.

۴-۵- بهبود سیکل کارکرد دیگهای بخار

یکی از راههای کاهش مصرف سوخت در دیگهای بخار، بهبود بخشیدن به مدیریت بار می باشد. با بررسی های و اندازه گیریهای انجام گرفته بر روی بخار تولیدی توسط دیگهای بخار کارخانه می توان گفت که در صورت بهینه کردن سیستم تولید بخار

در حالت کارکرد بویلرها با راندمان حدود۸۰ درصد، می توان یکی از بویلرهای هر کارخانه را از مدار خارج و بعنوان رزرو استفاده کرد که با از مدار خارج کردن یک بویلر علاوه بر کاهش قابل ملاحظه ای در مصرف سوخت کارخانه، هزینه های مربوط به تعمیر ونگهداری بویلرها نیز کاهش می یابد.

۴-۶- کنترل دمای گازهای خروجی

با توجه به بالا بودن دمای دود خروجی از دودکش دیگهای بخار هر دو کارخانه (جداول (۹) و (۱۰))، می توان از انرژی حرارتی دود خروجی جهت پیشگرم کردن هوای ورودی به مشعلهای بویلرها ویا پیشگرم کردن آب تغذیه ورودی به بویلرها استفاده نمود.

۵- نتیجه گیری

دیگهای بخار از جمله بزرگترین مصرف کننده های انرژی به شکل سوخت می باشند. بر اساس بررسی های انجام گرفته بر روی عملکرد دیگهای بخار اغلب صنایع کشور بویژه صنایع قدیمی، درعملکرد دیگهای بخار نسبت به وضعیت طراحی تفاوت زیادی دیده شده، از این رو بهینه سازی مصرف انرژی در آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از جمله اتلافهای انرژی در دیگهای بخار به تلفات حاصل از گازهای خروجی از دودکش, تلفات حاصل از تخلیه آب داغ دیگ بخار, تلفات حاصل از رسوب و دوده سطوح انتقال حرارت, تلفات حاصل از بخار کندانس شده, تلفات تشعشعی پوستهٔ دیگ بخار و تلفات مربوط به گرم کردن سوخت می توان اشاره کرد. راهکارهای موثر در جهت بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش راندمان دیگهای بخار شامل بازیافت حرارت, عایق بندی، تنظیم دوره ای احتراق مشعلهای بویلر، کنترل دور موتور فن های هوا با استفاده از VSD و تدوین منظم برنامهٔ تعمیر و نگهداری می باشند.

مراجع

۱- مهندسین مشاور ره شهر،"راهنماهای فنی مدیریت انرژی استفاده اقتصادی از دیگهای بخار با سوخت گاز"، وزارت نیرو.

2- http://en.wikipedia.org/wiki/boiler

3- Dockrill, P., Friedrich, F., "Boilers and Heaters Improving Energy Efficiency" Natural Resources Canada

4- Gunn, D., "Industrial Boilers", 1989

۵- مهندسین مشاور ره شهر،"راهنماهای فنی مدیریت انرژی استفاده اقتصادی از دیگهای بخار با سوخت نفت، وزارت نیرو.

۶- رضا پور, ک., زربخش, م. ح., "مبانی صرفه جویی و اصول مدیریت انرژی", چاپ اول, وزارت نیرو, سازمان بهره وری انرژی ایران, تهران, ۱۳۸۴

7- Garg, A., Ghosh, H., "Good Heat Transfer Specification Pay Off", Chemm. Eng. Jour., Vol. 95, No.7, pp. 77-88, 1988

8- www.cleaver-brooks.com, Boiler Efficiency

9- Schilling, J., "Reduce Stack Emission and Improve Boiler Efficiency", IAC