

بررسی فاکتورهای مؤثر در میزان تولید هوای مازاد در واحدهای صنعتی استان اصفهان با کاربرد CPA

محمدهادی ابوالحسنی^۱، زهرا جوهری^۲، مریم نصری نصرآبادی^۲

^۱استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول)

^۲دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

هدف بررسی عملکرد احتراق در بویلرهای نیروگاهی یکی از مباحث مهم در تعیین تلفات انرژی خروجی از دودکش یک نیروگاه حرارتی می‌باشد که متأثر از پارامترهای متعددی است. به منظور بررسی تلفات انرژی در بویلرهای نیروگاهی به ویژه تلفات ناشی از عدم تنظیم نسبت هوا به سوخت در واحدهای صنعتی پرسشنامه‌ای براساس مشخصات واحدهای صنعتی همچون محل نمونه‌برداری، درجه حرارت محیط، سطح مقطع دودکش، قطر نازل انتخابی، میزان رطوبت نسبی، دمای گاز خروجی دودکش، دبی گاز خروجی در شرایط استاندارد، دبی گاز خروجی، سرعت گاز خروجی، حجم مکش شده در شرایط استاندارد، حجم مکش شده، وزن اولیه فیلتر، وزن ثانویه فیلتر و اختلاف وزن فیلتر، میزان ذرات معلق خروجی دودکش تر و میزان ذرات معلق خروجی دودکش خشک تهیه گردید. زمان نمونه‌برداری اواسط هر فصل و به ترتیب ۱۵ اردیبهشت، ۱۵ مرداد، ۱۵ آبان و ۱۵ بهمن ماه بود. طبق یافته‌های این پژوهش، میزان خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل توجهی از این خلأ را جبران کرد و به پتانسیل عملکرد رسید. دستیابی به پتانسیل عملکرد به ندرت حاصل می‌شود و در عمل تنها به بخشی از آن می‌توان دست یافت. براساس نتایج بدست آمده، روش تحلیل مقایسه کارکرد یا CPA روشی مناسب برای تعیین اثرات فاکتورهای مؤثر بر تولید هوای مازاد است.

واژه‌های کلیدی: احتراق، هوای مازاد، تلفات انرژی، تحلیل مقایسه عملکرد

۱- مقدمه

چالش محیط‌زیستی کنونی یکی از پیچیده‌ترین چالش‌هایی است که انسان با آن روبه‌رو است. در قرن بیستم با گسترش زندگی شهرنشینی و توسعه شهرها و رشد آن‌ها، چالش‌های بزرگی در حوزه‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی به وجود آمده است و همچنین رشد اقتصاد جهانی همراه با پیشرفت تکنولوژی‌های جدید، تغییراتی در زندگی مردم و محیط‌زیست آنها به وجود آورده است. تخریب خاک، آب، جنگل، آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای، گرم شدن زمین و تغییرات اقلیمی اصلی‌ترین اثرات محیط‌زیستی فعالیت اقتصادی انسان است. فاجعه محیط‌زیستی نه تنها امنیت و آرامش را از زندگی انسان حذف می‌کند بلکه موجودیت بشر را هم مورد تهدید قرار می‌دهد، به همین خاطر در محافل علمی و سیاسی بحث محیط‌زیستی جدی‌ترین و پر سر و صداترین بحث روز است (سجادیان و سعیدی، ۱۳۹۹). ناهماهنگی بین توسعه شرکت‌های به شدت آلوده‌کننده و حفاظت از محیط‌زیست، تضاد اصلی در حاکمیت محیط‌زیست است. تنها با توسعه اقتصاد سبز و ترویج حاکمیت محیط‌زیستی می‌توان این مشکل را به طور اساسی حل کرد. توسعه اقتصادی و اجتماعی نه تنها باید بر منافع متمرکز شود، بلکه باید بر توسعه پایدار نسل‌های آینده نیز تمرکز داشته باشد (چن و مو^۱، ۲۰۲۱). اهمیت این موضوع به اندازه‌ای است که بسیاری از پروتکل‌ها و سمینارهای بین‌المللی مانند کنفرانس ریو، کنفرانس استکهلم، پروتکل کیوتو و ... در سطح جهانی در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش انرژی، برگزار گردیده است (پورعبادالهان و همکاران، ۱۳۹۴). در مواجهه با الزامات سختگیرانه حفاظت از محیط‌زیست، توسعه روش‌های احتراق جدید برای بهبود کیفیت احتراق و دستیابی به انتشار گازهای گلخانه‌ای کم NO_x ضروری است. ویژگی‌های احتراق سوخت تحت تأثیر ضریب هوای اضافی است که مستقیماً بر دمای احتراق و انتشار NO_x تأثیر می‌گذارد در حال حاضر، فن‌آوری‌های مختلف احتراق کم NO_x برای برآورده کردن انتشار استاندارد استفاده می‌شود مانند احتراق مرحله‌ای، گردش مجدد گاز دودکش، احتراق ملایم و مشعل‌های چرخشی که می‌توانند غلظت موضعی اکسیژن را رقیق کنند و در نتیجه‌ی ایجاد حداکثر دمای شعله، انتشار NO_x را کاهش دهد (فن و همکاران^۲، ۲۰۲۱). هدف از این مقاله، شناسایی هوای مازاد و میزان فاکتورهای تاثیرگذار بر تولید هوای مازاد و همچنین میزان تاثیرگذاری آن‌ها، توسط روش تحلیل مقایسه کارکرد یا CPA در واحدهای صنعتی شهرستان اصفهان می‌باشد.

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱- هوای اضافی^۳

به منظور فعال کردن احتراق کامل در یک فرآیند، مقدار اکسیژن باید تا درصد معینی از سطح تئوری بالاتر رود، مقدار هوای بیشتر از مقدار تئوری را هوای اضافی می‌گویند. در واقع تخمین هوای اضافی مورد نیاز و پیش‌بینی احتراق واقعی بدون اندازه‌گیری محصولات احتراق ممکن نیست. هوای اضافی نه تنها در جهت اطمینان از احتراق کامل مهم است، همچنین تضمین

¹ Jing Chen and Xiaoxue Mu

² Huanbao Fan, Junxiao Feng, Wenhao Hu, Weidong Li, and Jun Gao

³ Excess Air

می‌کند که سوخت هدر نمی‌رود. نقش دیگر این هوای اضافه کاهش تشکیل گازهای خطرناک مانند مونوکسیدکربن است (سلک و پینارباسی^۴، ۲۰۱۹). در هنگام بررسی تأثیر کنترل هوای اضافی، مهم است که در نظر داشت نسبت هوا به سوخت، همیشه بر اساس جرم است تا حجم، به دلیل این که چگالی هوا و سوخت‌های گازی با فشار و دما تغییر می‌کند. اگر در زمان کنترل در نظر گرفته نشود، تغییرات فصلی فشار و دمای هوا می‌تواند باعث شود که مقدار هوای اضافی به مقدار قابل توجهی تغییر کند. هدف از کنترل هوا فقط افزایش کارایی و کاهش مصرف سوخت نیست، با اطمینان از احتراق کامل، ایمنی نیز وجود دارد. اگر این ترکیبات در قسمتی از دیگ بخار جمع شوند، به عنوان مثال درون اتصالات پیچیده در مشعل، ممکن است افزایش هوای اضافی اثرات فاجعه باری داشته باشد (کریستینسون و لنگ^۵، ۲۰۱۰).

۲-۲- روش تحلیل مقایسه عملکرد^۶

در سال‌های اخیر، آنالیز خلأ عملکرد به طور گسترده‌ای در جهان مورد بررسی قرار گرفته است که می‌توان آن را از نظر وسعت در سطوح جهانی؛ ملی؛ و منطقه‌ای قرار داد که بیشتر این پژوهش‌ها بر روی گیاهان زراعی که تأمین کننده غذای انسان هستند، متمرکز بوده است. در ایران نیز آنالیز خلأ عملکرد به طور پراکنده بر روی گیاهان زراعی محدودی انجام گرفته است (حلالخور و همکاران، ۱۳۹۷). روش تحلیل مقایسه عملکرد یا CPA یکی از روش‌هایی است که به منظور کمی کردن خلأ عملکرد استفاده می‌گردد. با این روش محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی شده برای خلأ عملکرد با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام به گام تعیین می‌شود (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۶). روش CPA به این منظور طراحی شده است تا از بین شمار زیادی متغیر تعیین نماید که کدام متغیرها بیشترین تأثیر را بر عملکرد داشته و کدام یک تأثیرشان منفی یا مثبت است. در این روش نباید این طور استنباط شود که برای متغیرهایی که تأثیرشان در مدل منفی شده است، کمترین میزان آن مناسب می‌باشد و یا بالعکس برای متغیرهایی که تأثیرشان مثبت می‌باشد الزاماً بیشترین میزان آن مطلوب است. در تفسیر نتایج CPA باید دقت داشت که گاهی ورود یک متغیر به مدل امکان دارد به دلیل همبستگی و ارتباط قوی با سایر متغیرها باشد (حجارپور و همکاران، ۲۰۱۶).

۳- روش تحقیق

۳-۱- جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

ابتدا پرسشنامه‌ای شامل ویژگی‌های واحدهای صنعتی از جمله محل نمونه‌برداری، میزان رطوبت نسبی، درجه حرارت محیط، قطر نازل انتخابی، سطح مقطع دودکش، سرعت گاز خروجی، دمای گاز خروجی دودکش، دبی گاز خروجی، دبی گاز خروجی در شرایط استاندارد، اختلاف وزن فیلتر، میزان ذرات معلق خروجی از دودکش خشک و میزان ذرات معلق خروجی از دودکش تر، حجم مکش شده، حجم مکش شده در شرایط استاندارد، وزن اولیه فیلتر، وزن ثانویه فیلتر، تنظیم گردید سپس اعتبارسنجی پرسشنامه صورت گرفت (ابوالحسنی و همکاران، ۱۳۹۹). سؤال پرسشنامه بدین گونه بود که بر اساس واحد مشخص میزان هوای مازاد در هر یک از این خروجی‌ها بررسی گردید و در پرسشنامه میزان اطلاعات در رابطه با خروجی‌ها به

⁴ Cellek and Ali Pinarbasi

⁵ Kristinsson and Lang

⁶ Cubic Plus Association

صورت‌گزینشی مورد پرسش قرار گرفت. داده‌ها از بخش آلودگی هوای اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان اصفهان جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری اواسط هر فصل و به ترتیب ۱۵ اردیبهشت، ۱۵ مرداد، ۱۵ آبان و ۱۵ بهمن ماه انجام گرفت. غلظت هوای مازاد در طول یک سال و اواسط هر فصل در واحدهای صنعتی هدف، اندازه‌گیری شد و بر طبق پرسشنامه‌ها تکمیل گردید. در ابتدا سیستم‌های اصلی و جانبی نیروگاه‌های حرارتی که منابع تولید آلودگی بودند، شناسایی شد. در این رابطه سیستم‌های پایش سوخت، مشخصات مشعل‌ها و نوع دیگ بخار یا بویلر، سیستم کنترل آلاینده‌ها، مشخصات محفظه احتراق، سیستم کنترل احتراق، قطر و ارتفاع دودکش، چرخه آب و بخار و سیستم پایش آلاینده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد، غلظت حجمی آلاینده‌های منتشرشده براساس درصد برای انواع واحدها در هر نیروگاه به تفکیک تغییر سوخت و فصل کامل اندازه‌گیری شده و با توجه به ساعت‌های عملکرد واحدها در سال، فاکتور انتشار حقیقی گازهای هوای مازاد در هر یک از خروجی دودکش‌های ۶ نیروگاه مورد مطالعه در استان اصفهان، میزان کل آلودگی منتشره از هر واحد نیروگاهی در سال، محاسبه شد (ابوالحسینی و همکاران، ۱۳۹۹).

۳-۲- ابزار

برای تعیین مدل عملکرد، روابط بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده (کیفی و کمی؛ کدگذاری متغیرهای کیفی به صورت صفر و یک انجام شد) و از طریق روش رگرسیون گام به گام عملکرد مورد مطالعه قرار گرفت. مدل نهایی با روش آزمون و خطای کنترل شده تعیین گردید که می‌تواند اثر محدودیت‌های عملکرد را کمی کند. با قرار دادن متوسط مشاهده شده متغیرها (Xها) در نیروگاه‌های مورد بررسی در مدل عملکرد، حداکثر عملکرد مورد قبول محاسبه شد. اختلاف این دو، با خلأ عملکرد برابر بود. اختلاف حاصل ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن‌ها، با حاصل ضرب مقدار بهترین مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، میزان خلأ عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر را نشان می‌دهد. نسبت خلأ عملکرد برای هر متغیر به کل خلأ عملکرد، به صورت درصد نشان داده شده و نشان‌دهنده سهم آن در ایجاد خلأ عملکرد است. برای تجزیه و تحلیل از رویه‌های مختلف نرم افزار SAS استفاده شد (حلالخور و همکاران، ۱۳۹۷).

۴- یافته‌های تحقیق

معادله رگرسیون خطی چندگانه و یافته‌های رگرسیون گام به گام در جهت تعیین مهم‌ترین متغیرهای مدیریتی مؤثر بر عملکرد بیان شده است. در این مدل رگرسیونی، عملکرد هوای مازاد به عنوان متغیر وابسته لحاظ شد و دیگر متغیرها از قبیل حجم مکش شده در شرایط استاندارد، سرعت گاز خروجی، دمای گاز خروجی دودکش، قطر نازل انتخابی، میزان رطوبت نسبی و سطح مقطع دودکش به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و نتیجه آن در معادله نهایی (معادله ۱) ارائه شده است. از حدود ۶ متغیر مورد بررسی، معادله رگرسیون نهایی با سه متغیر مستقل انتخاب شد. بر اساس معادله رگرسیون خطی چندگانه (معادله ۱)، مقدار هوای مازاد را می‌توان با استفاده از مقادیر دمای گاز خروجی دودکش (D)، میزان رطوبت نسبی (F) و سطح مقطع دودکش (G) در یک معادله خطی درجه سه پیش‌بینی کرد. لازم به ذکر است جدول تجزیه واریانس به شرح زیر است.

جدول شماره ۱. واریانس

VARIABLE	PARAMETER ESTIMATE	STANDARD ERROR	TYPE II SS	F VALUE	PR > F
INTERCEPT	20.83611	13.03967	2194.57196	2.55	0.1158
D	0.62970	0.18219	10267	11.95	0.0011
F	0.64895	0.29622	4125.10555	4.80	0.0327
G	1.01353	0.35896	6852.32531	7.97	0.0066

معادله ۱

$$Y = 0.62970D + 0.64895F + 1.01353G + 20.83611$$

طبق یافته‌های این پژوهش، میزان خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل توجهی از این خلأ را جبران کرد و به پتانسیل عملکرد رسید. دستیابی به پتانسیل عملکرد به ندرت حاصل می‌شود و در عمل تنها به بخشی از آن می‌توان دست یافت.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

محمدی و عجم (۱۳۹۸) به بررسی اثرات نسبت هوای اضافی و مکانیزم‌های احتراقی به طور هم زمان، بر روی دما و انتشار گونه‌ها در مشعل در محیط متخلخل با تغییر تخلخل پیوسته پرداختند و به این نتیجه رسیدند که به ازای نسبت هوای اضافی ۱/۵، نتایج حاصل از مکانیزم‌های احتراقی، دقت یکسان در پیش‌بینی پروفیل دما و کسر جرمی گونه‌های اصلی را دارا هستند و بعد از آن نتایج ناشی از مکانیزم‌های احتراقی اختلاف کمی را برای مقادیر بیشتر نسبت هوای اضافی نشان می‌دهند. بیشترین اختلاف در نتایج برای حالت استوکیومتری نشان داده شد. کوچکی‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از آنالیز انرژی و انرژی، بهبود عملکرد بویلرهای پالایشگاه چهارم مجتمع گاز پارس جنوبی را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر محفظه احتراق بویلرها، میزان درصد هوای اضافی بود و با تنظیم درصد هوای اضافی در محفظه احتراق بویلر پالایشگاه راندمان انرژی بویلر می‌تواند تا ۴۶/۴۱ درصد افزایش پیدا کند. سلک و پینارباسی (۲۰۱۹) به بررسی محصولات احتراق گاز طبیعی در انواع بارهای حرارتی مشعل و ضرایب هوای اضافی در یک سیستم مشعل-دیگ صنعتی پرداختند که یافته‌ها نشان می‌دهد، اگر چه بار حرارتی افزایش می‌یابد، اما میزان تغییر محصولات احتراق مانند NO_x ، O_2 و CO_2 محدود باقی می‌ماند. از طرفی افزایش ضریب هوای مازاد بر این محصولات تأثیر قابل توجهی دارد. یانگ^۷ و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تجربی و نظری یک پمپ حرارتی جذبی کاملاً باز جدید که برای گرمایش منطقه‌ای با بازیابی گرمای اتلاف گاز دودکش اعمال می‌شود مشخص کردند که هوای بیش از حد می‌تواند میزان رطوبت در گاز دودکش را کاهش

⁷ Yang et al

دهد، اما مقدار رطوبت تا زمانی که نرخ جریان سوخت ثابت باشد هرگز تغییر نمی‌کند و بنابراین آنتالپی نهفته پایدار است. با افزایش مقدار هوای تازه، سرعت جریان گاز دودکش افزایش می‌یابد. از این‌رو، آنتالپی کل گاز دودکش کاهش می‌یابد و منجر به کاهش آنتالپی معقول می‌شود. به عبارت دیگر، دمای گاز دودکش با افزایش ضریب هوای اضافی کاهش می‌یابد. سینگ^۸ (۲۰۱۶) در مطالعه خود عامل اصلی برگشت‌ناپذیری در بویلرها را، واکنش شیمیایی سوخت و هوا عنوان کرد و کاهش میزان هوای اضافی در محفظه احتراق و کاهش دمای گاز خروجی دودکش را به عنوان عامل تأثیرگذار بر انرژی محفظه احتراق بویلر معرفی کرد. عارف‌دهقانی و خسروشاهی (۱۳۹۴) با استفاده از تحلیل انرژی و انرژی بویلر نیروگاه تبریز به این نتیجه رسیدند که با کاهش ضریب هوای اضافی احتراق از ۰/۴ تا ۰/۱۵، بازده انرژی و انرژی به ترتیب ۰/۴۹۷ درصد و ۰/۴۶ درصد افزایش یافتند و در مجموع، بازده انرژی و انرژی ۰/۹۵۷ درصد افزایش یافت. عارف‌دهقانی و خسروشاهی (۱۳۹۴) به بررسی کاهش مصرف سوخت با کاهش هوای اضافه مشعل پرداختند که به این نتیجه رسیدند که در مشعل‌ها با تنظیم نسبت سوخت و هوا، نه تنها در هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌شود بلکه آلودگی محیط‌زیست هم به شدت کاهش می‌یابد. تنظیم نسبت سوخت و هوا فرآیندی است که باید در هر فصل دوباره تکرار شود چون تغییرات دمایی باعث به هم خوردن نسبت‌های قبلی می‌شود. نصر آزادانی و احمدی‌دانش (۱۳۹۱) در مقاله‌ای، سیکل نیروگاه پالایشگاه اصفهان با ظرفیت ۶۴ مگاوات مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از معادلات بالانس جرم، انرژی و انرژی برای هر کدام از اجزای سیکل، بازده انرژی و درصد بازگشت-ناپذیری محاسبه شد. که مشخص شد در این سیکل‌ها مهم‌ترین منبع تلفات انرژی، بویلر است که واکنش‌های شیمیایی در درون محفظه احتراق بویلر، سهم عمده‌ای در این تلفات را دارا می‌باشد، لذا به منظور کاهش این تلفات، کاهش میزان هوای اضافی ورودی به بویلر و افزایش دمای هوای ورودی به بویلر پیشنهاد می‌گردد. با توجه به مطالعات انجام گرفته، افزایش دمای آب تغذیه هم می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کاهش تلفات انرژی بویلر و همچنین کل سیکل داشته باشد. آدویک^۹ و همکاران (۲۰۱۰) به مطالعه تجربی احتراق در یک محیط متخلخل برای مصارف خانگی پرداختند. آن‌ها نشان دادند که استفاده از مشعل متخلخل می‌تواند توان حرارتی NO_x را تا ۸ برابر مشعل‌های معمولی افزایش دهد و مقادیر CO را کاهش دهد. راسن و تانگ^{۱۰} (۲۰۰۶) به تحلیل انرژی و انرژی جریان هوای مورد نیاز برای احتراق در نیروگاه سیکل بخار پرداخت. او به این نتیجه رسید که مؤثرترین جزء در تخریب انرژی در یک سیکل بخار، بویلر است. همچنین عامل اصلی در افزایش بویلر را پارامتر هوای اضافی معرفی کرد و با تغییرات درصد هوای اضافی افزایش قابل توجهی در راندمان بویلر ایجاد نمود.

نتایج نشان داد که مقدار هوای مازاد را می‌توان با استفاده از مقادیر دمای گاز خروجی دودکش (D)، میزان رطوبت نسبی (F) و سطح مقطع دودکش (G) در یک معادله خطی درجه سه پیش‌بینی کرد. طبق یافته‌های این پژوهش، میزان خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل توجهی از این خلأ را جبران کرد و به پتانسیل عملکرد رسید. دستیابی به پتانسیل عملکرد به ندرت حاصل می‌شود و در عمل تنها به بخشی از آن می‌توان دست یافت.

⁸ Omendra Kumar Singh

⁹ Advik

¹⁰ Rosen and Tang

منابع

1. نصرآزادانی، سید حسن؛ سیدحسین، احمدی دانش. (۱۳۹۱). تحلیل انرژی و انرژی نیروگاه بخار پالایشگاه اصفهان. مهندسی و مدیریت انرژی، شماره ۲، دوره ۲، ص ۲۸-۳۹.
2. پورعبادالهی، محسن؛ برقی اسگویی، محمدمهدی؛ پناهی، حسین؛ صالحی، خدیجه؛ قاسمی، ایرج. (۱۳۹۴). تجزیه عوامل موثر بر انتشار آلودگی دی اکسید کربن در صنایع محصولات کانی غیرفلزی ایران. فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، شماره ۱۶، ص ۴-۵۷.
3. حجارپور، امیر؛ سلطانی، افشین؛ ترابی بنیامین. (۱۳۹۳). استفاده از آنالیز خط مرزی در مطالعات خلأ عملکرد: مطالعه موردی گندم در گرگان. مجله تولید گیاهان زراعی، شماره ۸، دوره ۴، ص ۱۸۳-۲۰۱.
4. حلالخور، سفالده؛ دستان، سلمان؛ سلطانی، افشین؛ عجم نوروزی، حسین. (۱۳۹۷). مستندسازی فرآیند تولید و منطقه بابل. به زراعی - برآورد خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی در برنج (مطالعه موردی: استان مازندران کشاورزی، شماره ۲، دوره ۲۰، ص ۳۹۷-۴۱۴).
5. عارفدهقانی، سجاد؛ رستمزاده خسروشاهی، علیرضا. (۱۳۹۴). تحلیل انرژی و انرژی نیروگاه حرارتی بخار تبریز. نشریه انرژی ایران، شماره ۳، دوره ۱۸، ص ۱۲۳-۱۴۴.
6. سجادیان، ناهید؛ سعیدی، جعفر. (۱۳۹۹). آسیب‌شناسی پایداری زیست‌محیطی با تأکید بر کلان‌شهر اهواز. پایداری، توسعه و محیط زیست، شماره ۱، دوره ۱، ص ۵۳-۶۷.
7. در CO₂ صنعتی نیا، بهزاد؛ ابوالحسنی محمدهادی؛ چمنی، عاطفه. (۱۳۹۹). بررسی فاکتورهای موثر در میزان تولید واحدهای صنعتی استان اصفهان با کاربرد آنالیز خط مرزی. فصلنامه علوم محیطی، شماره ۱، دوره ۱۸، ص ۴۵-۶۵.
8. محمدی، ایمان؛ عجم، حسین. (۱۴۰۰). ارزیابی مدل‌های احتراقی در احتراق محیط متخلخل با نسبت هوای اضافی مختلف. نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر، شماره ۱، دوره ۵۳، ص ۶۵-۸۰.
9. نه‌بندانی، علیرضا؛ سلطانی، افشین؛ زینلی، ابراهیم؛ حسینی، فریما. (۱۳۹۶). تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد سویا. کشاورزی بوم‌شناختی، شماره ۷، ۱۰۹-۱۲۳. در شرایط گرگان و علی آبادکتول با استفاده از روش
10. کوچکی‌نیا، سجاد؛ دیمی‌دشت‌بیاض، مهدی؛ گلناری اردکانی، عباس. (۱۳۹۷). بهبود عملکرد بویلرهای پالایشگاه چهارم مجتمع گاز پارس جنوبی به کمک تحلیل انرژی و انرژی. نشریه پژوهشی مهندسی مکانیک ایران، شماره ۲۰، ص ۷۲-۹۱.
11. نکاحی، محمدزمان؛ سلطانی، افشین؛ سیاهمرگویی، آسیه؛ باقرانی، ناصر. (۱۳۹۳). خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی و علف‌های هرز در گندم: مطالعه موردی استان گلستان - بندر گز. مجله تولید گیاهان زراعی، شماره ۷، ص ۱۳۵-۱۵۶.

12. Arya, A., liang,X.,von Solms,N., Kontogeorgis, G.M. (2015). Determination of asphaltene onset conditions using the Cubic Plus Association Equations of State. Fluid Phase Equilibria, 400, 8-19.
13. Arya, A., liang, X.,von Solms, N., Kontogeorgis, G.M.(2016). Modeling of Asphaltene Onset Precipitation Con-ditions with Cubic Pluse Association(CPA) and Perturbed Chain Statistical Associating Fluid Theory(PC-SAFT) Equations of State.Energy&Fuels, 30,8, 6835-6852.
14. Avdic, F., Adzic, M., Durst, F. (2010). Small scale porous medium combustion system for heat production in households. Applied Energy, 87, 2148-2155.
15. Cellek, M.S., Pinarbasi, A. (2019). Effects of thermal load and excess air coefficient on combustion products in a natural gas-fired burner-boiler. 5TH International Conference on Advances in Mechanical Engineering , Istanbul.
16. Chen, J., Mu, X.(2021). Review on environmental treatment of heavy pollution industry. In: Proceedings of the E3S Web of Conferences 329.
17. Fan, H., Feng, J., Hu, W., Li, W., Gao, J.(2021). Effect of excess air coefficient on the combustion characteristics of a multi-stage dual swirl burner. In: Proceedings of the Journal of Physics: Conference Series.
18. Kayiranga, D. (2006). The effect of land factors and management practices on rice yields. ITC.
19. Kristinsson, H., Lang, S. (2011). Boiler control improving efficiency of boiler systems. CODEN: LUTEDX/TEIE.
20. Pradhan, R. (2004). The effect of land and management aspects on maize yield. ITC.
21. Rajapakse, D.C. (2003). Biophysical factors defining rice yield gaps. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC) The Netherlands, 80.
22. Rosen, M.A., Tang, R. (2007). Effect of altering combustion air flow on a steam power plant: Energy and exergy analysis. International journal of energy research, 31, 3, 219-231.
23. Singh, O.K. (2016). Assessment of thermodynamic irreversibility in different zones of a heavy fuel oil fired high pressure boiler. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry,123, 1, 829-840.
24. Soltani, A., Hajjarpour, A., Vadez, V. (2016). Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in iran. Field Crops Research ,185, 21-30.

25. Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. (2012). Analyzing wheat yield constraints in gorgan.
26. Yang, B., Jiang, Y., Fu, L., Zhang, S. (2018). Experimental and theoretical investigation of a novel full-open absorption heat pump applied to district heating by recovering waste heat of flue gas. *Energy and Buildings*, 173, 45-57.
27. Zhang, M., Mu, H., Ning, Y., Song, Y. (2009). Decomposition of Energy-Related CO2 Emission Over 1991–2006 in China, *Ecological Economics*, 68, 2122-2128.
28. LI,Z., Firoozabadi, A.(2010). Modeling asphaltene precipitation by n-alkanes from heavy oils bitumens using cubic-plus-association equation of state. *Energy&Fuels*, 24,2, 1106-1113.

Investigating effective factors in producing excess air Esfahan industrial units by using Comparative Performance Analysis

Mohammad Hadi Abolhasani^{1*}, Zahra Johari¹, Maryam Nasri nasrabadi¹

¹Department of environmental Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Abstract

survey of combustion performance in power plant boilers is an important issue in determining output energy losses from chimney of thermal power station being influenced by various parameters. in order to consider losses of energy in power station boiler; especially losses resulting from downregulating air to fuel ratio in industrial units; questionnaire was provided on characteristics of units such as sampling place; ambient temperature; cross section of chimney; selected nozzle diameter; relative humidity content; temperature of exhaust gas in chimney; exhaust gas flow in standard conditions; exhaust gas flow; exhaust gas speed; volume sucked in standard conditions; sucked volume; first and second weight of filter and difference of filter weight and amount of dried-moist particles in chimney. Sampling time was in middle of each season and in 15 may; 15 July; 15 October; 15 January respectively. According to the findings of this research, the amount of performance gap and the contribution of each of the factors affecting it show that with proper management, a significant part of this gap can be compensated and the performance potential can be reached. Achieving the performance potential is rarely achieved and in practice only a part of it can be achieved. Based on the obtained results, the performance comparison analysis method or CPA is a suitable method to determine the effects of factors affecting the production of excess air.

Keywords: combustion; excess air; energy losses; Comparative Performance Analysis
