

شبیه‌سازی عددی جریان آشفته احتراقی و ارائه یک طرح ارتقاء به منظور کاهش آلاینده‌گی CO در یک کوره پس‌سوز پالایشگاهی

مسعود دربندی^۱، باقر ابرار^۲، محمدباقر بارزبان^{۳*}، امین فریدوند^۴

تهران، خیابان آزادی، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی هوافضا

(محمدباقر بارزبان**barzban@gmail.com**)

چکیده

میزان آلاینده‌گی در یک کوره پس‌سوز ارتباط مستقیمی با کیفیت احتراق در آن دارد. دما، نحوه اختلاط و زمان ماندگاری سه پارامتر تأثیرگذار روی کیفیت احتراق و در نتیجه میزان آلاینده‌گی هستند. با استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی عددی می‌توان به بررسی کمی هر کدام از این پدیده‌ها و بهبود کیفیت احتراق در جهت کاهش آلاینده‌گی پرداخت. در این پژوهش، یک کوره پس‌سوز نمونه که برای سوزاندن پسماندهای نفتی حاصل از فرایندهای پالایشگاهی استفاده می‌شود مورد توجه قرار گرفته است. در تست‌های خود اظهاری که توسط آزمایشگاه‌های معتمد محیط‌زیست صورت گرفته، مشخص گردیده که این کوره با مشکل آلاینده‌گی بالای CO مواجه است. در اینجا علاوه بر طرح پایه کوره، یک طرح ارتقاء نیز ارائه شده و مورد شبیه‌سازی قرار گرفته است. با استفاده از شبیه‌سازی، فیزیک جریان و اثرات آن روی کیفیت احتراق در حالت پایه مشخص شده و تأثیرات مثبت طرح ارتقاء ارائه شده مشخص می‌شود. برای شبیه‌سازی آشفته‌گی از مدل $k-\epsilon$ استاندارد همراه با توابع دیواره استفاده شده است. انتقال حرارت تابشی با استفاده از مدل P_1 شبیه‌سازی شده است. همین طور شبیه‌سازی احتراق با فرض سریع بودن واکنش‌های شیمیایی و به کمک حل معادلات انتقال برای پارامتر کسر مخلوط و کسر مخلوط ثانویه صورت گرفته است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که به واسطه هندسه خاص ورودی‌های کوره، برای شرایط مرزی مورد بررسی شعله به سمت دیواره کوره انحراف دارد. این پدیده روی نحوه اختلاط گاز پسماند و جبهه شعله موثر است در طرح ارتقاء، با بکارگیری پره‌های زاویه‌دار در مسیر ورودی گاز پسماند و ایجاد الگوی پیچشی در کوره، پدیده کج بودن شعله مرتفع شده است. نتایج شبیه‌سازی طرح ارتقاء نشان‌دهنده تغییر بهبود اختلاط میان جریان‌های ورودی به کوره و همچنین افزایش زمان ماندگاری است. این پارامترها در کاهش آلاینده‌گی CO نقش مثبتی خواهند داشت.

کلمات کلیدی: کوره پس‌سوز- جریان آشفته احتراقی- شبیه‌سازی عددی- اختلاط- زمان ماندگاری.

۱- مقدمه

در کارخانه قیر سازی یکی از پالایشگاه‌های مربوط به شرکت نفت، برای سوزاندن گازهای پسماند حاصل از فرآیند هوادهی VB در رآکتورها از یک کوره پس‌سوز استفاده می‌شود. گازهای پسماند عمدتاً شامل نیتروژن، بخار آب و اکسیژن هستند. همچنین

darbandi@sharif.edu

bagher_abrar@ae.sharif.edu

barzban@gmail.com

a-faridvand@pasargadoil.com

^۱-استاد و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی شریف

^۲-دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی شریف

^۳-دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی شریف * نویسنده پاسخگو

^۴شرکت نفت پاسارگاد

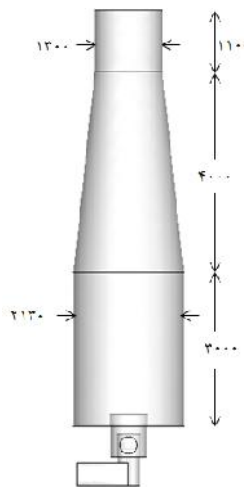
ترکیبات هیدروکربنی و مقادیر قابل توجهی CO نیز در این گازها وجود دارد. در تستهای مختلفی که قبلاً توسط آزمایشگاههای معتمد محیطزیست انجام گردیده، مقدار CO خروجی از دودکش کوره پسسوز بسیار بیشتر از حد مجاز استاندارد محیطزیست گزارش شده است. در این راستا و برای رفع مشکل آلایندهی کوره، همکاری مشترکی مابین تیمی از متخصصان دانشگاه صنعتی شریف با شرکت نفت انجام گردید. در نتیجه این همکاری، مشکل آلایندهی کوره و علل اصلی و پارامترهای موثر در کنترل آن مشخص گردیده است. همچنین یک طرح جامع و اجرایی برای رفع این مشکل ارائه شده است که هم اکنون در مراحل اجرا و تست قرار دارد. مقاله حاضر به ارائه بخشی از فعالیتهای شبیهسازی انجام شده در این پروژه اختصاص یافته است.

در یک کوره پسسوز، پارامترهایی همچون دما، نحوه اختلاط و زمان ماندگاری در کیفیت احتراق و میزان آلایندهی کوره موثر هستند. ابزارهای تجربی در دسترس به تنهایی برای درک پدیدههای فیزیکی جریان و احتراق در یک کوره کافی نیست. در این زمینه، استفاده از روشهای شبیهسازی عددی برای بررسی دقیق تر مورد توجه محققان قرار گرفته است. به عنوان مثال، چپوو همکاران در مرجع [۱] و فهر و همکاران در مرجع [۲] پدیده اختلاط هوا را به صورت سه بعدی در یک کوره زبالهسوز بدون مدل کردن احتراق شبیهسازی نموده اند. هوای و همکاران در مرجع [۳] مسئله جریان احتراقی درون یک کوره زبالهسوز با سوخت زغالسنگ را بررسی نموده و روی زمان ماندگاری، میزان اختلاط و شدت آشفتهگی جریان بحث کرده اند.

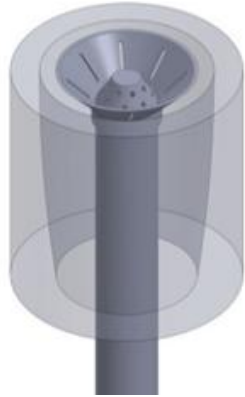
در پژوهش حاضر، به شبیهسازی جریان آشفته احتراقی در کوره پسسوز مورد بررسی پرداخته شده است. در این زمینه پس از شبیهسازی طرح فعلی کوره مشخص شده که برای شرایط مرزی مفروض، شعله به سمت دیواره کوره انحراف دارد. این پدیده به علت طرح هندسی خاص و محل ورود گاز پسماند است. برای رفع این مشکل، یک طرح برای ارتقا ورودی گاز پسماند ارائه شده و مورد شبیهسازی قرار گرفته است.

۲- مدل سازی هندسی و شبکه محاسباتی

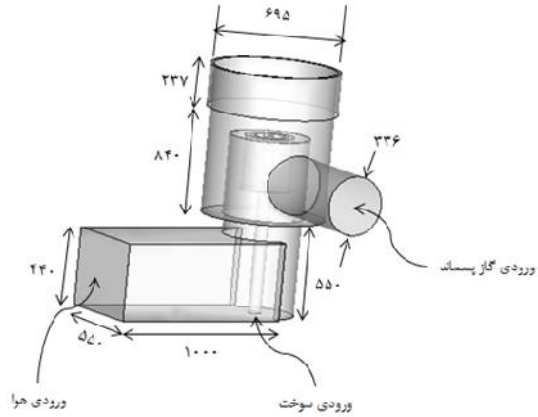
ارتفاع کلی کوره پس سوز مورد بررسی حدود ۷۴ متر است. در اینجا به منظور کاهش زمان محاسباتی تنها قسمت پایینی کوره مورد مدل سازی و شبیهسازی قرار گرفته است (شکل ۱). قسمت مورد بررسی از کوره دارای ارتفاع کلی ۸۱۰۰ میلی متر و سطح مقطع دایروی است که قطر آن در پایین برابر ۲۱۳۰ میلی متر است که توسط یک بخش مخروطی شکل در نهایت قطر کوره در خروجی به ۱۳۰۰ میلی متر می رسد. جداره های کوره توسط ماده عایق پوشانده شده است و مجموعه مشعل در زیر آن قرار گرفته است. کوره در قسمت پایین دارای سه ورودی مجزا برای جریان های گاز پسماند، هوا و سوخت است. مدل هندسی ورودی های کوره و مشعل آن در شکل ۲ و ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۱- مدل هندسی بدنه اصلی کوره

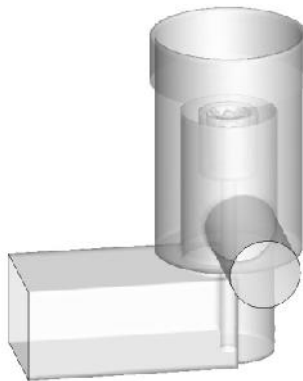


شکل ۳- مدل هندسی مشعل کوره

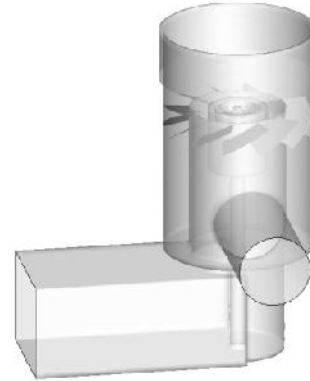


شکل ۲- مدل هندسی قسمت ورودی‌های کوره (ابعاد به میلی‌متر)

در **Error! Unknown switch argument.** مجموعه مشعل و لوله‌های ورودی کوره در دو طرح پایه (طرح ۱) و طرح ارتقاء (طرح ۲) ارائه شده‌است. در طرح پایه جریان گاز پسماند به صورت محوری وارد فضای احتراق کوره می‌شود. اما در طرح ارتقاء در کانال گاز پسماند دوازده پره با زاویه ۳۰ درجه نسبت به افق در مسیر گاز پسماند (یعنی مابین جداره بیرونی کانال گاز پسماند و جداره لوله هوا) قرار گرفته‌اند. وجود این پره‌ها می‌تواند سبب ایجاد پیچش در جریان گاز پسماند شود.



طرح ۱ (طرح پایه فعلی)



طرح ۲ (ارتقاء ورودی گاز پسماند با نصب پره‌های پیچشی)

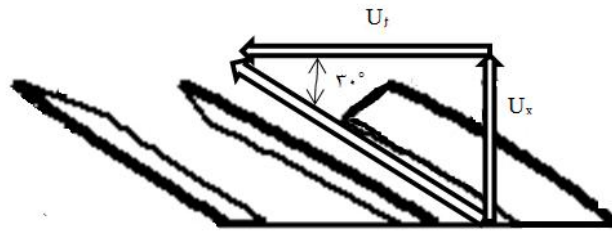
شکل ۴- مجموعه مشعل و ورودی‌های کوره

در مشعل‌های پیچشی معمولاً عددی به نام عدد پیچش^۵ تعریف می‌شود که بیانگر میزان پیچش در جریان در اثر عبور از مشعل است. این عدد مطابق رابطه ۱ به صورت نسبت تکانه زاویه‌ای جریان محوری به تکانه محوری آن تعریف می‌شود.

$$U \quad (1)$$

که در S دبی جرمی عبوری از مشعل (در اینجا دبی گاز پسماند) و U و t_U به ترتیب سرعت مماسی و سرعت محوری جریان است. در اینجا مطابق **Error! Unknown switch argument.** و با توجه به زاویه ۳۰ درجه‌ای پره‌های پیچشی نسبت به صفحه افق، عدد پیچش مشعل معادل $S = U/t_U \times 1/\tan 30^\circ = 1.73$ محاسبه بدست می‌آید.

⁵ Swirl number

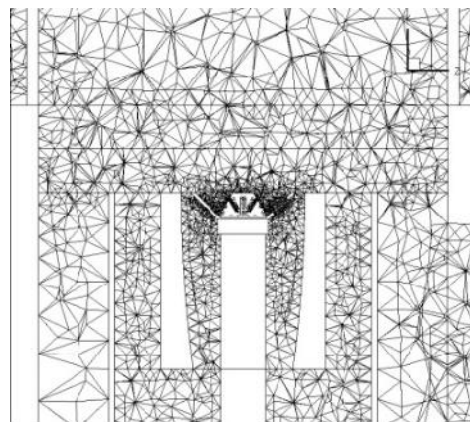


شکل ۵- بردارهای سرعت‌های محوری و مماسی در گذر از پره‌های پیچشی اضافه شده به ورودی گاز پسماند

در هر دو طرح برای تولید شبکه محاسباتی از المان‌های چهار وجهی بی‌سازمان استفاده شده است. شبکه به نحوی تولید شده که در مجاور سر مشعل از تراکم بالاتری برخوردار باشد. تعداد کل المان‌های بکار رفته در شبکه در حدود یک میلیون سلول چهار وجهی است. تصاویری از شبکه محاسباتی ایجاد شده در طرح پایه در شکل ۶ و ۷ ارائه شده است.



شکل ۷- برش عمودی شبکه محاسباتی ایجاد شده



شکل ۶- برش عمودی قسمتی از شبکه ایجاد شده در مجاور سر مشعل

۳- معادلات حاکم، شرایط مرزی و روش حل عددی

در اینجا برای شبیه‌سازی جریان آشفته از فرم متوسط گیری شده معادلات ناویر استوکس (RANS) به صورت سه‌بعدی و پایا استفاده شده است. این معادلات با استفاده از روش حجم محدود و نرم‌افزار FLUENT مورد حل عددی قرار گرفته‌اند [۴]. برای شبیه‌سازی توربولانس از مدل دو معادله‌ای $k-\epsilon$ استاندارد به همراه توابع استاندارد دیواره استفاده شده است. انتقال حرارت تابشی با استفاده از مدل P_1 مدل‌سازی شده است. برای مدل‌سازی خواص جذب و نشر تشعشع حرارتی توسط محیط احتراقی از مدل WSGG استفاده شده است. ظرفیت حرارتی گازهای احتراقی به صورت توابعی از دما و سایر خواص فیزیکی گازها ثابت فرض شده است. مدل احتراقی بر مبنای استفاده از پارامتر کسر مخلوط سوخت f است. این پارامتر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f = \frac{Z_i - Z_{i,ox}}{Z_{i,fuel} - Z_{i,ox}} \quad (2)$$

که در آن Z_i معرف کسر مولی گونه شیمیایی i ام است. پارامتر f مطابق تعریف فوق برای جریان سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه در کاربرد کوره پس سوز جریان گاز پسماند نیز در ورودی مطرح می‌شود، پارامتر کسر مخلوط

⁶ Fuel mixture fraction

ثانویه f_{sec}^7 به صورت مشابه برای آن تعریف می‌شود. با فرض واکنش‌های شیمیایی سریع، کلیه معادلات احتراقی را می‌توان به فرم یک معادله انتقال برای کسر مولی مخلوط درآورد. اثرات نوسانات توربولانسی در احتراق با استفاده از تابع چگالی احتمال بتا لحاظ شده است. به منظور محاسبه زمان ماندگاری محصولات احتراقی در این مقاله شبیه‌سازی مسیر حرکت ذرات^۸ صورت گرفته است. با انتخاب یک ذره گازی با قطر کم، سرعت ذره در هر نقطه از مسیر حرکت برابر دما و سرعت جریان در آن نقطه بدست می‌آید. لذا، زمان ماندگاری این ذره به خوبی بیانگر زمان ماندگاری گازهای داخل کوره است. در این اینجا ذرات از ورودی گاز پسماند وارد کوره شده‌اند. در کلیه دیواره‌ها از شرط مرزی سرعت صفر و آدیاباتیک استفاده شده است. در ورودی سوخت، هوا و گاز پسماند، مقدار دبی، دما و ترکیب شیمیایی هر کدام از این جریان‌ها به عنوان شرط مرزی تعیین شده است (جدول ۱). در خروجی از شرط مرزی فشاری استفاده شده است. فشار در مرز خروجی برابر مقداری منفی و معادل مکش ایجاد شده توسط دودکش اعمال شده است. نیروی شناوری با فرض $g = -9.8 \text{ m/s}^2$ در نظر گرفته شده است. کلیه معادلات حاکم با استفاده از روش مرتبه دوم گسسته سازی شده‌اند. برای حل معادلات از روش SIMPLE استفاده شده است. برای چک کردن همگرایی حل، تغییرات پارامترهای میانگین جریان در چند صفحه افقی ملاک قرار گرفته است.

جدول ۱- مقادیر دبی، دما و ترکیب شیمیایی در مرزهای ورودی

سوخت		گاز پسماند		هوا		درصد مولی
CH ₄	70	N ₂	74	N ₂	79	
C ₂ H ₆	6	H ₂ O	10	O ₂	21	
C ₃ H ₈	5	O ₂	7.5			
H ₂	15	CO ₂	6.5			
N ₂	4	CH ₄	2			
108		7500		3300		دبی kg/h
40		65		15		دما C

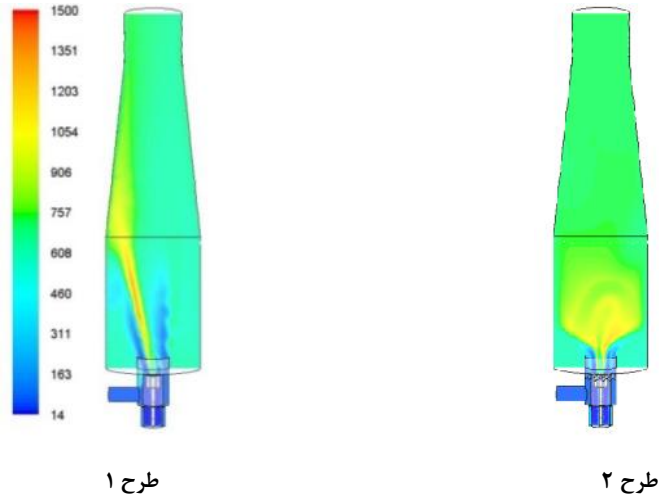
۳- نتایج

کانتورهای دما برای دو طرح در **Error! Unknown switch argument.** نشان داده شده است. همان طور که از شکل مشخص است، در طرح ۱ شعله به صورت متقارن درون کوره قرار نگرفته و به سمت ورودی گاز پسماند متمایل می‌شود. عدم تقارن در موقعیت شعله، میدان دمایی غیر متقارنی را درون کوره به وجود می‌آورد و در نتیجه موجب اعمال بار حرارتی شدید در سمت چپ دیواره کوره می‌شود. در طرح شماره ۲ وجود پره‌های پیچشی سبب ایجاد جریان پیچشی در گاز پسماند شده و ضمن بهبود اختلاط جریان‌های ورودی، شعله را کوتاه‌تر کرده و میدان دمایی یکنواخت تری را ایجاد می‌کند. در شکل ۹ کانتور دما در مقطع خروجی کوره برای دو طرح نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود در طرح ۱ اختلاف دما در حدود ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در خروجی کوره مشاهده می‌شود. این توزیع غیر یکنواخت دما ناشی از کج بودن شعله است. در طرح ۲ توزیع دما در خروجی کوره بسیار یکنواخت‌تر از طرح ۱ است. این موضوع اثر پره‌های پیچشی در همگن کردن میدان دمایی در کوره و خروجی آن را نشان می‌دهد. در جدول ۲ مقادیر میان‌گیری شده دما در مقطع خروجی کوره برای طرح ۱ و ۲ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که دما در طرح دو بالاتر پیش بینی شده است. با توجه به اعمال شرایط مرزی یکسان برای هر دو مساله، این امر را می‌توان به صورت عمده در تفاوت ناشی از توزیع مقادیر f و f_{sec} در مقطع خروجی دانست که خود ناشی از بهبود اختلاط در طرح ۲ است. همین‌طور، دمای حاصل از اندازه‌گیری (برای طرح پایه) نیز در جدول ۲ ارائه شده است. درصد اختلاف مابین مقدار میانگین بدست آمده از نتایج شبیه‌سازی و مقدار اندازه‌گیری شده در جدول ۲ در داخل پرانتز ذکر شده است. در مقایسه مابین نتایج تجربی و عددی باید به مواردی همچون دقت وسایل اندازه‌گیری، عدم توزیع یکنواخت دما و عدم

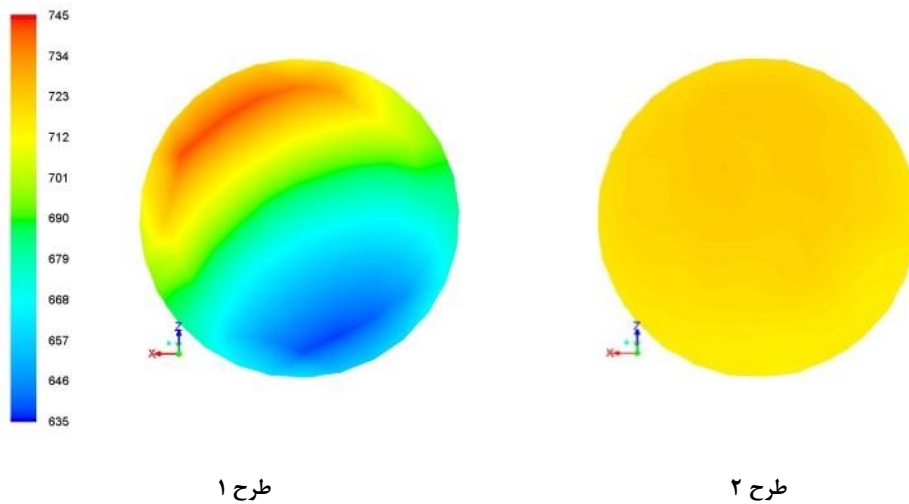
⁷Secondary mixture fraction

⁸Particle tracing

انطباق شرایط مرزی در نظر گرفته شده به خصوص در ارتباط با دبی و ترکیب گاز پسماند با شرایط واقعی کوره را نیز مدنظر قرار داد.



شکل ۸- کانتور دما، رنگ شده بر حسب درجه سانتی گراد



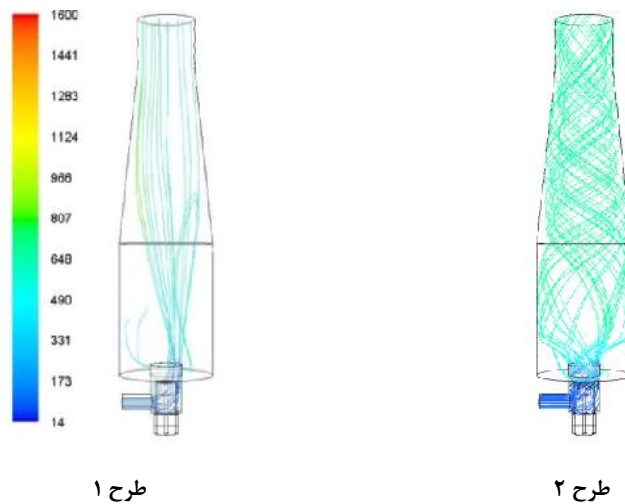
شکل ۹- کانتور دما در خروجی کوره، رنگ شده بر حسب درجه سانتی گراد

جدول ۲- دما در مقطع خروجی کوره در دو طرح (درجه سانتی گراد) و مقایسه با مقدار حاصل از اندازه گیری

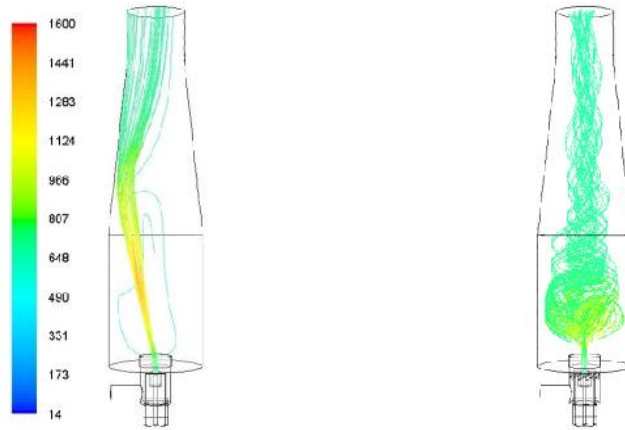
مقدار اندازه گیری شده در حالت کوره پایه (طرح ۱)	طرح ۲	طرح ۱
۷۷۸	۷۲۵ (۰.۶۸٪)	۶۹۷ (۰.۱۰۴٪)

در **Error! Unknown switch argument.** خطوط مسیر ذرات گاز پسماند و در **Error! Unknown switch argument.** خطوط ذرات سوخت برای دو طرح نمایش داده شده است. در **Error! Unknown switch argument.** خطوط جریان هوا برای دو طرح نمایش داده شده است. در طرح پایه به دلیل هندسه خاص ورودی گاز پسماند، خطوط ذرات گاز پسماند در کف کوره به سمت راست منحرف شده (شکل ۱۰ طرح ۱) و سبب انحراف خطوط ذرات سوخت به سمت چپ (شکل ۱۱ طرح ۱) می‌شود. این انحراف در مسیر حرکت جریان‌های سوخت و گاز پسماند موجب عبور گاز پسماند از مناطق بدون شعله و نسبتاً سردتر کوره شده که احتمالاً با اثر منفی در زمینه کیفیت احتراق ذرات هیدروکربنی موجود در گاز پسماند همراه خواهد بود. بکارگرفتن پره‌های پیچشی در کانال گاز پسماند در طرح شماره ۲ سبب ایجاد پیچش در جریان گاز پسماند شده است (شکل ۱۰ طرح ۲). جریان پیچشی گاز پسماند به دلیل وجود تنش برشی مابین جریان‌های ورودی به کوره سبب ایجاد پیچش در جریان هوا (شکل ۱۲، طرح ۲) و سوخت (شکل ۱۱، طرح ۲) می‌گردد. در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود که جریان هوا در طرح ۱ به صورت مستقیم وارد کوره شده و خارج می‌گردد اما در طرح ۲ خطوط هوا پس از ورود به کوره به صورت پیچشی در آمده و تا انتهای کوره نیز شکل پیچشی خود را حفظ می‌کند. بنابراین در طرح ۲ اختلاط مابین جریان‌های ورودی افزایش می‌یابد. همینطور در طرح ۲ به علت طی کردن مسیر پیچشی توسط ذرات گاز پسماند، زمان ماندگاری افزایش یافته و در نتیجه واکنش‌های شیمیایی کامل‌تر می‌شوند که این امر روی کاهش آلاینده‌گی CO اثر مثبتی خواهد داشت. ضمن اینکه پیچش ایجاد شده در جریان پسماند باعث مرتفع شدن پدیده کج بودن شعله گردیده است. همان‌طور که خطوط جریان سوخت (شکل ۱۱ طرح ۲) نشان می‌دهد، جریان سوخت از وسط کوره عبور می‌کند.

نمودار **Error! Unknown switch argument.** زمان ماندگاری ذرات گاز پسماند را نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی بیانگر زمان ماندگاری و محور عمودی نشان‌دهنده شماره ذرات مختلف تعقیب شده است. همان‌طور که از این نمودار مشخص است در طرح ۱ زمان ماندگاری اکثر ذرات گاز پسماند در حدود ۰.۸ ثانیه است. اما در طرح ۲ زمان ماندگاری اکثر ذرات به حدود ۱.۵ ثانیه افزایش یافته است. این موضوع بیانگر تاثیر مثبت طرح ۲ در افزایش دو برابری زمان ماندگاری ذرات گاز پسماند است.



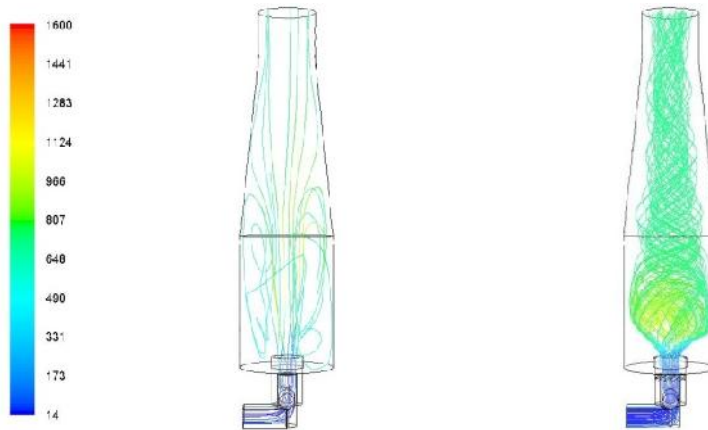
شکل ۱۰- خطوط جریان گاز پسماند، رنگ شده بر حسب دما (C)



طرح ۱

طرح ۲

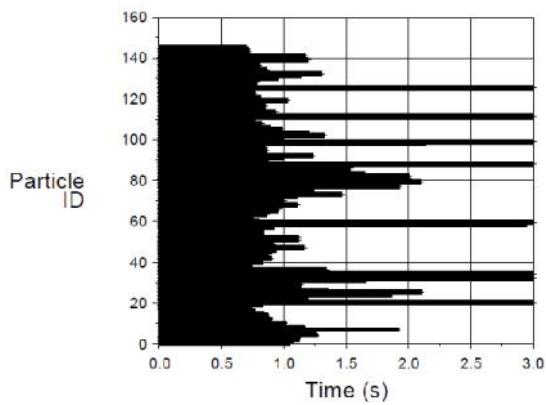
شکل ۱۱- خطوط جریان سوخت، رنگ شده بر حسب دما (C)



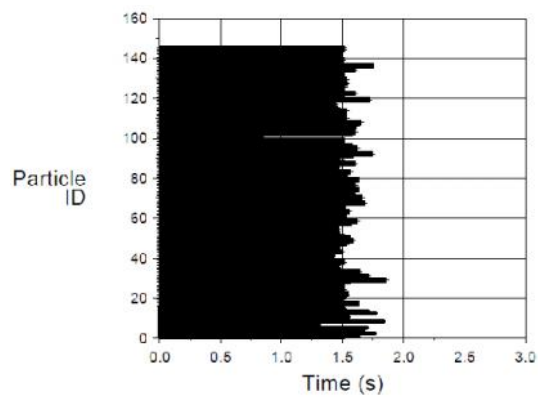
طرح ۱

طرح ۲

شکل ۱۲- خطوط جریان هوا، رنگ شده بر حسب دما (C)



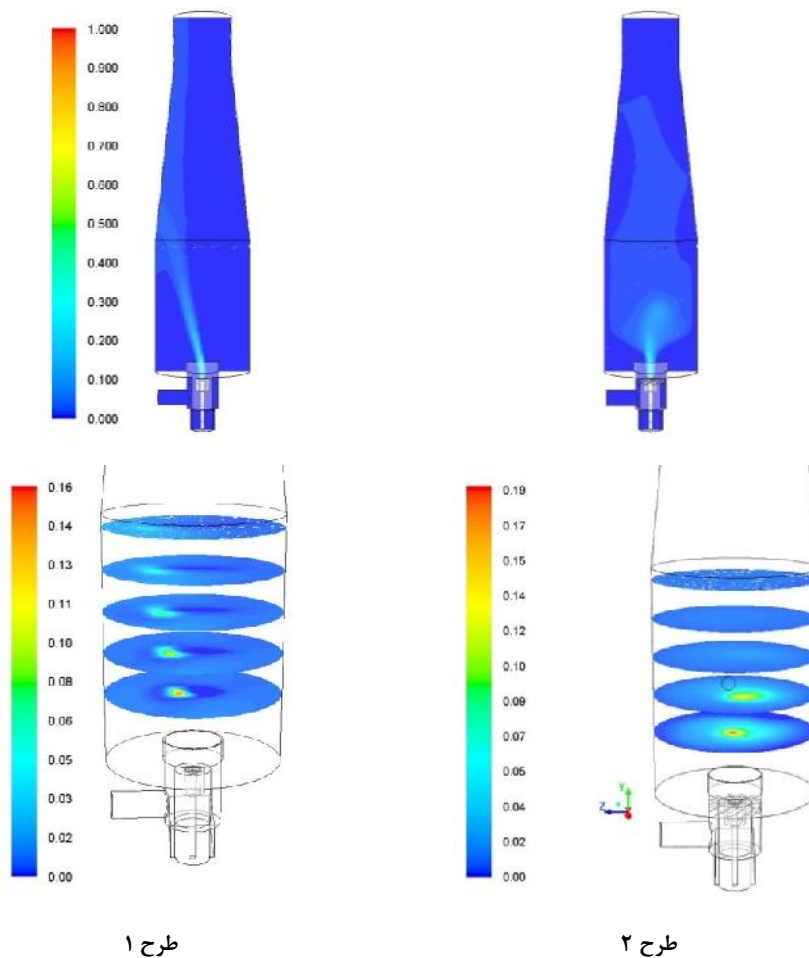
طرح ۱



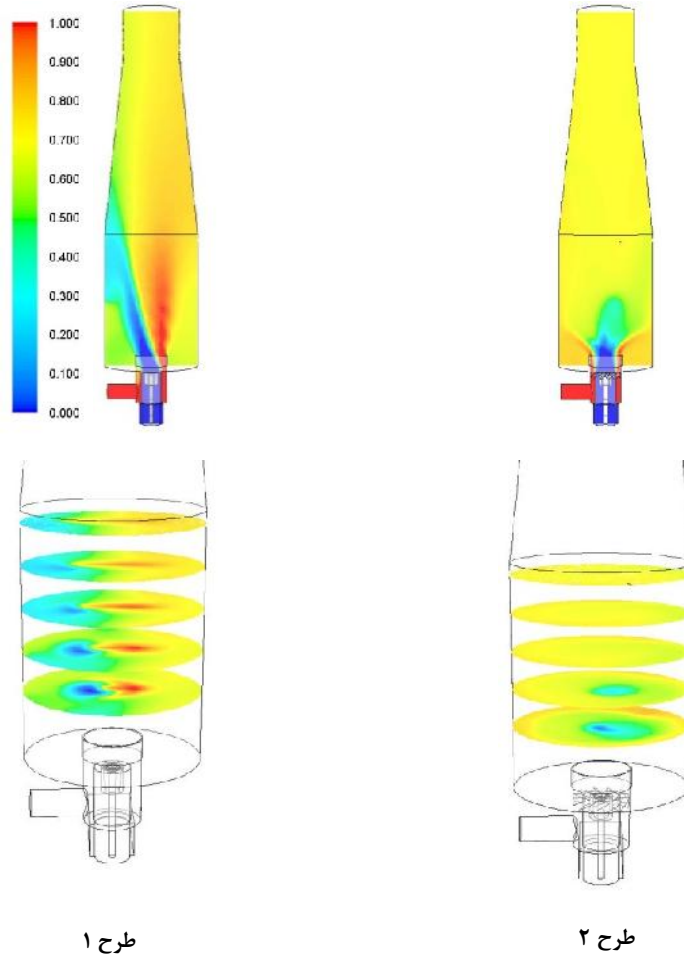
طرح ۲

شکل ۱۳- نمودار زمان ماندگاری ذرات گاز پسماند

در **Error! Unknown switch argument.** کانتور توزیع کسر مخلوط سوخت در سطح مقطع‌های افقی و قائم نشان داده شده است. مقدار این پارامتر در ورودی سوخت یک و در ورودی هوا و گاز پسماند برابر صفر است. توزیع f بیانگر نحوه توزیع و اختلاط جریان سوخت با سایر جریان‌های ورودی به کوره است. **Error! Unknown switch argument.** نشان می‌دهد که در طرح ۱ جریان سوخت به سمت ورودی گاز پسماند منحرف شده و اختلاط مناسبی درون کوره ندارد. اما در طرح ۲ جریان سوخت به سمتی منحرف نشده و ضمناً اختلاط مناسب تری درون کوره ایجاد شده است. **Error! Reference source not found.** کانتور کسر مخلوط ثانویه، f_{sec} را در دو سطح مقطع نشان می‌دهد. مقدار این پارامتر در ورودی گاز پسماند یک و در ورودی هوا و سوخت صفر است. توزیع پارامتر کسر مخلوط ثانویه بیانگر توزیع جریان گاز پسماند و نحوه اختلاط آن با سایر جریان‌های ورودی به کوره است. **Error! Reference source not found.** نشان می‌دهد که در طرح ۱ جریان گاز پسماند توزیع مناسبی نداشته و از کنار جبهه شعله عبور می‌کند که به معنی اختلاط نامناسب جریان گاز پسماند و شعله است. اما در طرح ۲ جریان گاز پسماند توزیع متقارن‌تر و مناسب تری دارد و اختلاط مناسبی با جبهه شعله دارد. بنابراین می‌توان گفت که در طرح ۲ اختلاط بهبود یافته است.



شکل ۱۴- کانتور کسر مخلوط سوخت، f در سطح مقطع‌های قائم و افقی



شکل ۱۵- کانتور کسر مخلوط ثانویه در سطح مقطع های قائم و افقی، f_{sec}

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش، جریان آشفته احتراقی برای یک کوره پس سوز پسماندهای نفتی حاصل از فرایندهای پالایشگاهی مورد شبیه سازی عددی قرار گرفته است. این کوره پس سوز دارای مشکل آلایندگی CO است. شبیه سازی ها برای طرح پایه کوره (طرح ۱) و طرح ارتقاء ورودی گاز پسماند با نصب پره های پیشی (طرح ۲) انجام شده است. نتایج شبیه سازی به صورت کانتورهای دما، خطوط جریان گاز پسماند، سوخت و هوا، کانتورهای کسر مخلوط سوخت f و کسر مخلوط ثانویه f_{sec} همچنین نمودارهای زمان ماندگاری ارائه گردیده است. در طرح ۱ به دلیل هندسه خاص ورودی گاز پسماند جریان به صورت متقارن وارد کوره نمی شود و نسبت به محور انحراف دارد. همین امر باعث انحراف جریان سوخت به سمت مخالف، شده است. در این حالت شعله به سمت ورودی گاز پسماند منحرف شده و در نتیجه سبب توزیع غیر یکنواخت دما درون کوره می شود. در طرح ۲ بکارگیری پره های زاویه دار در کانال ورود گاز پسماند سبب پیش جریانی گاز پسماند و به دنبال آن پیش جریانی های هوا و سوخت شده است. این امر موجب بهبود اختلاط سوخت، هوا و جریان گاز پسماند و همچنین افزایش زمان ماندگاری گازها در کوره می شود. با بهبود دو پدیده اختلاط و زمان ماندگاری، سرعت و کیفیت واکنش های احتراقی درون کوره ارتقاء می یابد. این امر در نهایت بهبود کیفیت احتراق و کاهش آلاینده ها را در پی خواهد داشت.



مراجع

- 1- Choi, S., Lee, J. S., Kim, S. K. and Shin, D. H. (1994) Cold Flow Simulation on Municipal Waste Incinerators, 25th Symp. on Comb., Irvine, CA.
- 2- Fehr, M., and Vaclavinek, J. (1992) A Cold Model Analysis of Solid Waste Incineration, Int. J. Energy Research, Vol. 16, pp. 277-283
- 3- X.L. Huai, W.L. Xu, Z.Y. Q, Z.G. Li, G.M. Xiang, S.Y. Zhu, and G. Chen (2008) Analysis and optimization of municipal solid waste combustion in a reciprocating incinerator, Chemical Engineering Science, Vol. 63, pp. 3100 – 3113
- 4- Fluent 6.3.26 ,user guide.