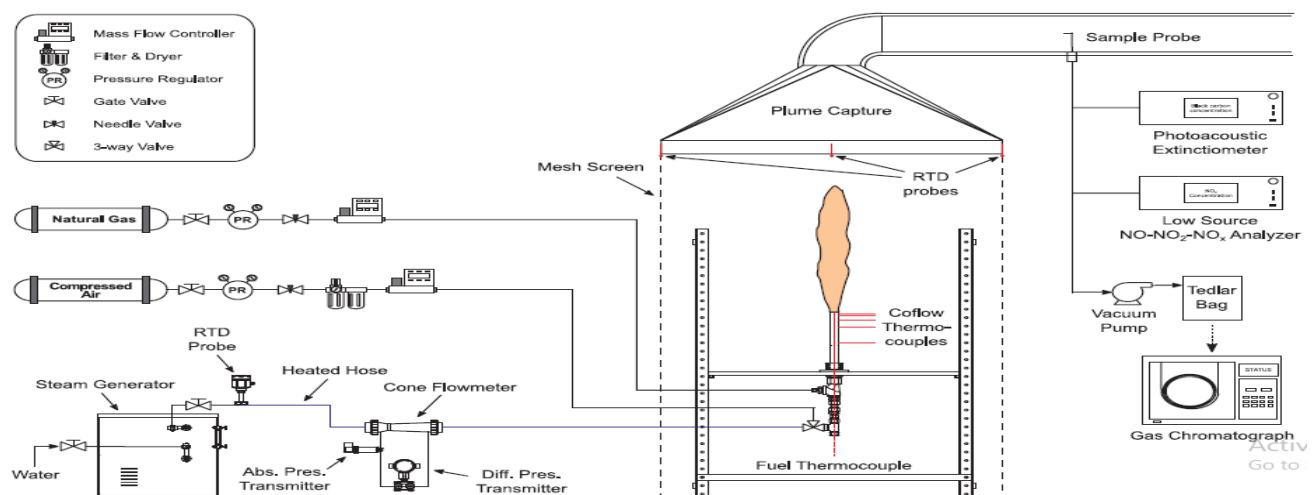


A. موضوع پروژه: شبیه‌سازی عددی ناپایداری هیدرودینامیکی در یک محفظه احتراق مشعل گاز با استفاده از گودابه بزرگ و

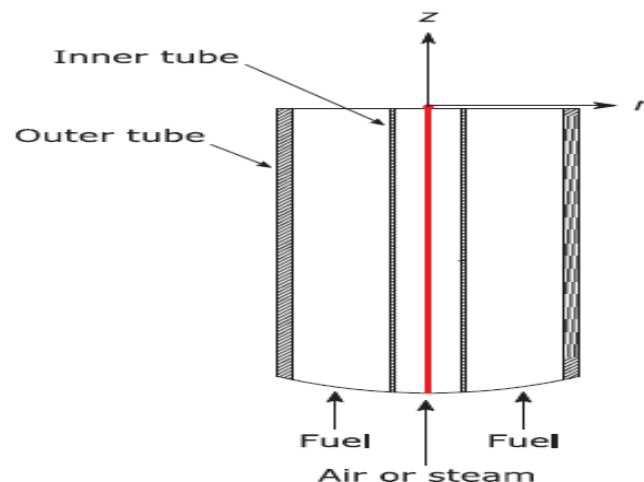
کاهش مرتبه احتراق غیر پیش آمیخته با نرم‌افزارهای ANSYS Fluent و OpenFOAM

برای اعتبارسنجی و ساختار فیزیکی، در این مطالعه مشعل احتراق آزمایشگاهی دانشگاه آلبرتا جهت اعتبارسنجی شبیه‌سازی عددی مورد استفاده قرار می‌گیرد، همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، شامل دو لوله از جنس استنلس استیل متحدالمرکز است که صفحات خروجی آنها بر هم منطبق است. هوای مرکزی یا جت بخار از طریق لوله داخلی ۶.۳۵ میلی‌متر قطر خارجی و ۵.۵۴ میلی‌متر قطر داخلی جریان می‌یابد. سوخت در فضای بین لوله داخلی و لوله بیرونی با قطر خارجی ۲۵.۴ میلی‌متر و قطر داخلی ۲۲.۹ میلی‌متر جریان خواهد داشت. گاز طبیعی بعنوان سوخت گازی دارای غلظت‌های مولی برای CH_4 ، C_2H_6 ، C_3H_8 ، C_4H_{10} و CO_2 و N_2 به ترتیب ۹۱.۵٪، ۶.۱٪، ۰.۱٪، ۰.۰۱٪، ۱٪ و ۱.۳٪ می‌باشد. جریان جرمی و دمای هوای آمیخته به ترتیب در محدوده ۱۰۹-۱۱۸ گرم بر دقیقه و ۲۴-۳۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. جریان جرمی و دمای بخار آمیخته به ترتیب در محدوده ۲۳.۱-۳۵۸ گرم بر دقیقه و ۱۰۹-۱۲۱ درجه سانتیگراد می‌باشد. جریان جرمی و دمای سوخت به ترتیب ۱۴.۲ گرم بر دقیقه و در محدوده ۵۰-۱۲۱ درجه سانتیگراد می‌باشد.

Ahsan, A., Ahsan, H., Olfert, J.S. and Kostiuk, L.W., 2019. Quantifying the carbon conversion efficiency and emission indices of a lab-scale natural gas flare with internal coflows of air or steam. Experimental Thermal and Fluid Science, 103, pp.133-142.



شکل ۱- نمای از محفظه احتراق آزمایشگاهی مورد مطالعه.



شکل ۲- برشی از مقطع محفظه احتراق آزمایشگاهی مورد مطالعه.

این پروژه بر شبیه‌سازی جامع احتراق CFD سیستم مشعل دانشگاه آلبرتا تمرکز دارد و هدف آن بررسی پایداری شعله، راندمان احتراق و تولید انرژی است. این شبیه‌سازی گذرا و سه‌بعدی خواهد بود و پیش‌بینی‌های دقیقی از ساختار شعله، شناسایی ناپایداری‌های هیدرودینامیکی، کمی‌سازی راندمان و انتشار گازهای گلخانه‌ای و توصیه‌هایی برای بهبود را هدف قرار می‌دهد. این پروژه به چندین مرحله کلیدی تقسیم می‌شود: پیش‌پردازش، انتخاب و تنظیم مدل، ورودی شرایط مرزی، شبیه‌سازی و تحلیل اولیه، پس‌پردازش و اعتبارسنجی، تکرار و اصلاح، و تحویل و آموزش.

پیش‌پردازش شامل ایجاد هندسه سه‌بعدی مشعل با استفاده از ANSYS DesignModeler/SpaceClaim و تولید یک مش قوی و به دنبال آن مطالعه استقلال مش است. انتخاب و تنظیم مدل از ANSYS Fluent و OpenFOAM استفاده می‌کند و از نقاط قوت آنها در مدل‌سازی آشفستگی و احتراق بهره می‌برد. این شبیه‌سازی معادلات ناویر-استوکس، معادلات انتقال گونه‌ها و معادلات سینتیک شیمیایی را حل می‌کند. شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ (LES) به عنوان مدل آشفستگی برای ثبت جریان آشفته ناپایدار استفاده خواهد شد، در حالی که یک رویکرد احتراق غیرپیش‌آمیخته با یک مدل انتقال گونه، ساختار احتراق پیچیده را بررسی خواهد کرد. حل‌کننده‌های سینتیک شیمیایی مانند CHEMKIN برای افزایش دقت مکانیسم‌های واکنش جفت می‌شوند.

شرایط مرزی دقیق، که از داده‌های آزمایشگاهی دانشگاه آلبرتا گرفته شده‌اند، بسیار مهم هستند. این شرایط شامل نرخ جریان جرمی، دما و ترکیب گونه‌ها برای جریان‌های هوا/بخار و سوخت است. حل‌کننده‌های گذرا برای ثبت ناپایداری‌های هیدرودینامیکی و دینامیک شعله، با یک استراتژی گام زمانی با دقت انتخاب شده، استفاده خواهند شد. شبیه‌سازی به صورت تکراری معادلات حاکم را با استفاده از طرح‌های عددی مناسب و معیارهای همگرایی دقیق حل می‌کند. تجزیه و تحلیل اولیه شامل بررسی تنش‌های جریان سیال، دما، فشار، سرعت و انتقال جرم است.

شبکه الگوریتم شبیه‌سازی CFD یا مدل‌های فیزیکی برای بهبود دقت اصلاح می‌شوند. در نهایت، تمام فایل‌ها و نتایج شبیه‌سازی، همراه با آموزش جامع در مورد روش مورد استفاده، ارائه می‌شوند که امکان تکرار مستقل فرآیند را فراهم می‌کند.

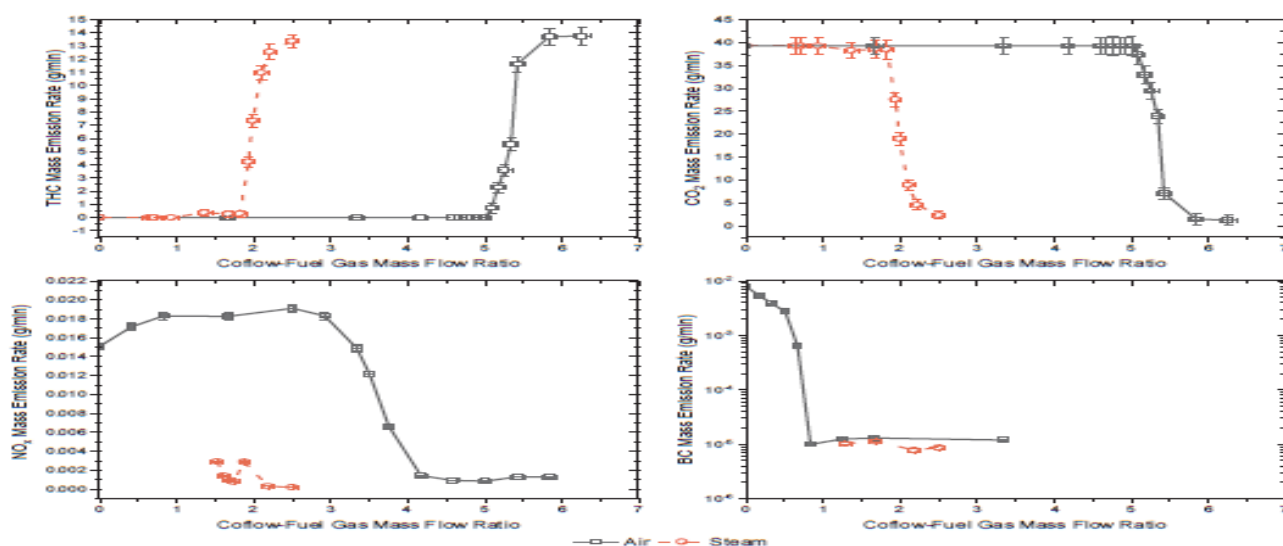


Fig. 6. Species mass emission rates of a natural gas flame with air or steam coflow. Data includes error bars for the propagation of measurement uncertainties in calculating species emission rates and mass flow rates for the methodologies described.

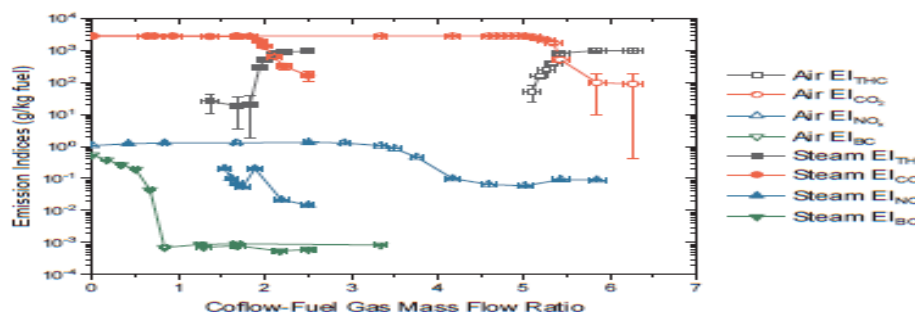


Fig. 7. Emission indices of a natural gas flame with air or steam coflow. Data includes error bars for the propagation of measurement uncertainties in calculating emission indices and mass flow rates for the methodologies described.