

کاهش میزان آلاینده ها در موتور احتراق داخلی توسط بهینه سازی نسبت هم ارزی، دمای ورودی و استفاده از مبدل کاتالیستی

احسان طبری فرد^۱

دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

Ehsan.Tabari@Gmail.com

چکیده

در این مقاله با شبیه سازی موتور احتراق داخلی در نرم افزار کمکین^۲ و بررسی گازهای خروجی در شرایط مختلف، شرایط بهینه برای کارکرد موتور به منظور کاهش گازهای آلاینده تخمین زده شده است. در نهایت تاثیر استفاده از مبدل کاتالیستی^۳ در خروجی موتور بر روی کاهش میزان آلاینده ها بررسی شده است. نتایج حاکی از آن است که در احتراق متان انتشار گاز منو اکسید کربن (CO) با افزایش نسبت هم ارزی از ۰/۳ افزایش می یابد در حالی که انتشار اکسیدهای نیتروژن (NOx) با افزایش نسبت هم ارزی ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد. با ترسیم منحنی تغییرات منو اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن در می یابیم که در نسبت هم ارزی حدود ۰/۸ کمترین میزان آلاینده ها منتشر می شوند. در نهایت برای رسیدن به استانداردهای جهانی از یک مبدل کاتالیستی برای اکسیده و احیا کردن گازهای آلاینده استفاده شده است. نتایج بیانگر این واقعیت است که استفاده از مبدل کاتالیستی در خروجی موتور میزان آلاینده ها را به نحو چشم گیری کاهش میدهد.

واژه های کلیدی: موتور احتراق داخلی - شبیه سازی شیمیایی - مبدل کاتالیستی - مواد آلاینده

۱- مقدمه

امروزه پیشرفت صنعت و کاربرد بیشتر وسایل نقلیه در زندگی روزمره بشر باعث افزایش تولید گازهای آلاینده شده است که موجب به خطر افتادن سلامتی انسانها و موجودات زنده خواهد شد. بر اساس تحقیقات آژانس حفاظت از محیط زیست امریکا^۴ وسایل نقلیه، بزرگترین تولید کنندگان گازهای آلاینده هستند. (شکل ۱)

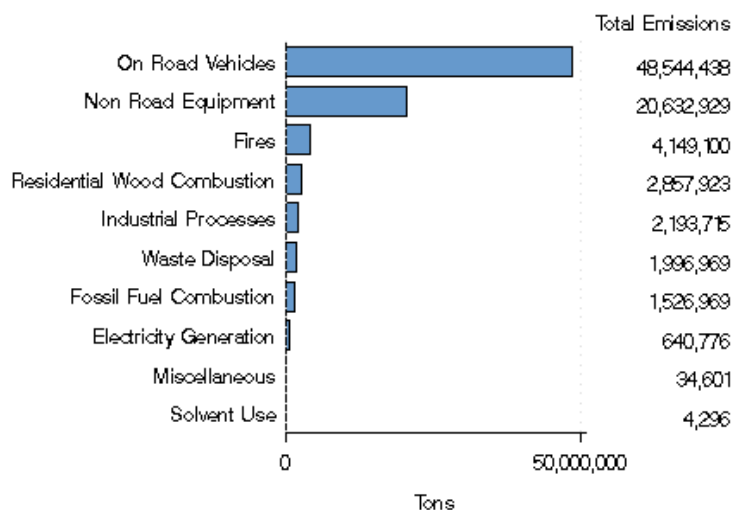
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

2- CHEMKIN(R) 4.1.1, Copyright (c) Reaction Design 2006.

3- Catalytic Converter

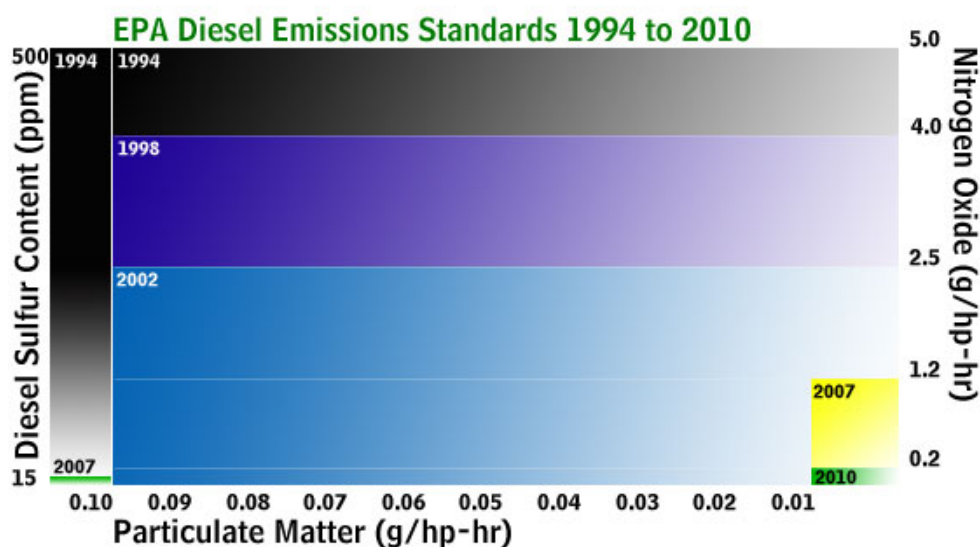
4- Environmental Protect Agency (EPA)

National Carbon Monoxide Emissions by Source Sector in 2005



شکل ۱- تولید منو اکسید کربن بر حسب منبع تولید کننده [1]

افزایش بی رویه تولید آلاینده ها در سطح جهان باعث اعمال محدودیت های مختلف برای کارخانجات و خودروها در انتشار آلاینده ها و ملزم شدن آنها به رعایت استانداردها شده است. (شکل ۲) یکی از روشهای کاهش آلودگی خودروها بهینه سازی شرایط کارکرد موتور خودرو از یک سو و استفاده از مبدل های کاتالیستی در خروجی موتور از سوی دیگر است.



شکل ۲- استاندارد آژانس حفاظت از محیط زیست امریکا [1]

۲- مدل سازی موتور احتراق داخلی

مشخصات زیر در مدل سازی موتور توسط نرم افزار کمکین (CHEMKIN) مد نظر قرار گرفته است:

جدول ۱- مشخصه های موتور شبیه سازی شده

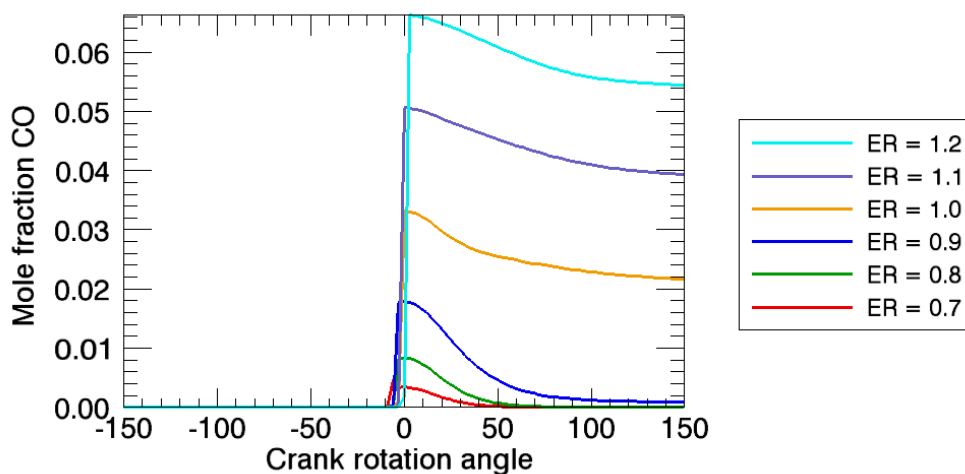
نسبت تراکم	۱۳
حجم جاروب نشده سیلندر (حجم مرده)	153 cm^3
نسبت شاتون به شعاع لنگ	۷
سرعت موتور	۱۰۰۰ rpm
زاویه شروع لنگ	-150°
دما	۵۰۰ K
فشار	۳/۵ atm
تعداد سیلندر	۱
سوخت	CH_4

۳- تاثیر نسبت هم ارزی در میزان آلاینده ها

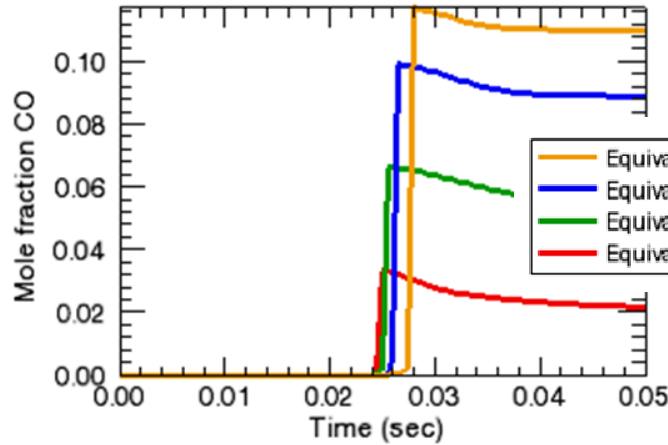
۳-۱- منو اکسید کربن

نتایج بدست آمده از مدل سازی نشان میدهد در نزدیکی احتراق استوکیومتریک تولید منو اکسید کربن با افزایش نسبت

هم ارزی افزایش می یابد. این امر در شکل های زیر به وضوح قابل مشاهده است.

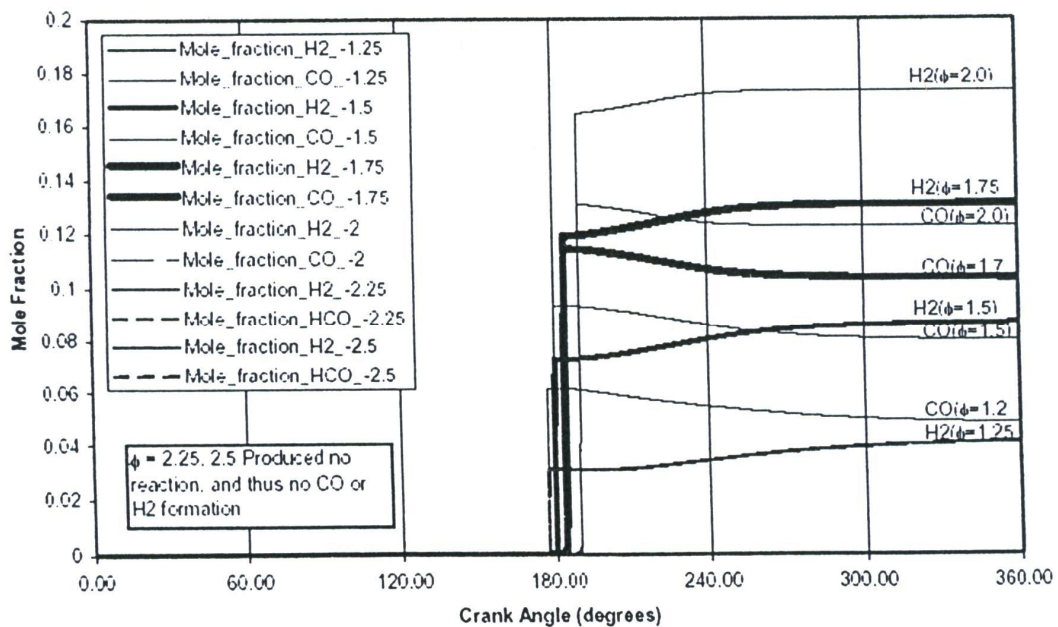


شکل ۳- درصد مولی منو اکسید کربن در نسبت هم ارزی ۰/۷ تا ۱/۲



شکل ۴- درصد مولی منواکسید کربن در نسبت هم ارزی ۱/۰ تا ۱/۷۵

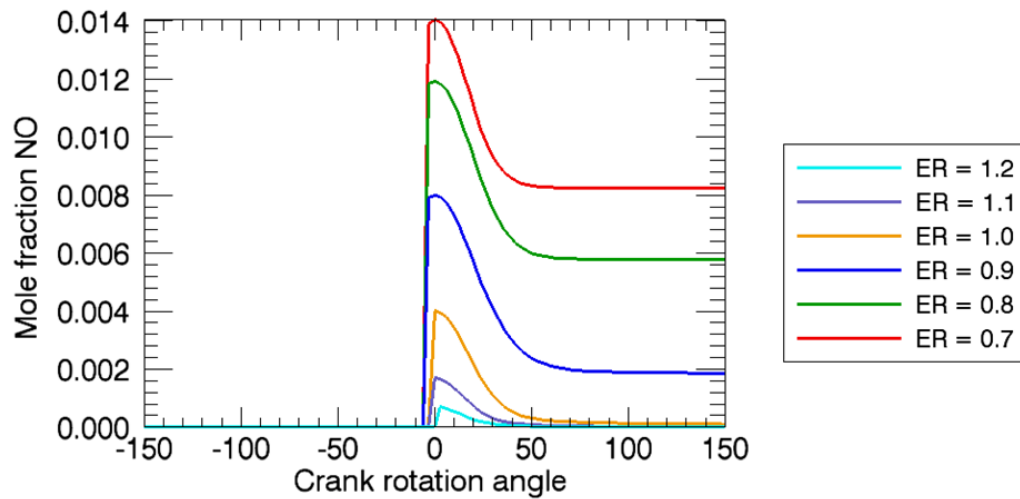
شکل زیر نتایج منواکسید کربن خروجی موتور در نسبت هم ارزی های مختلف که توسط آقای لاک و همکارانش [2] انجام شده است نشان میدهد. این نتایج با نتایج موتور شبیه سازی شده همخوانی دارد.



شکل ۵- نتایج تجربی تولید منواکسید کربن

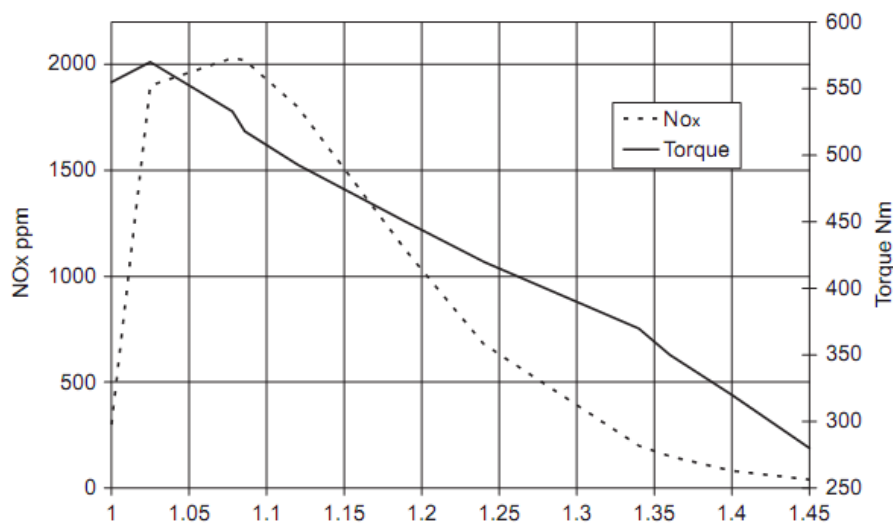
۲-۳- اکسید نیتروژن

نتایج همچنين حاکی از آن است که در نزديکی احتراق استوکيومتریکی تولید اکسید نیتروژن با افزایش نسبت هم ارزی کاهش می یابد. این نکته در شکل زیر نمایان است.



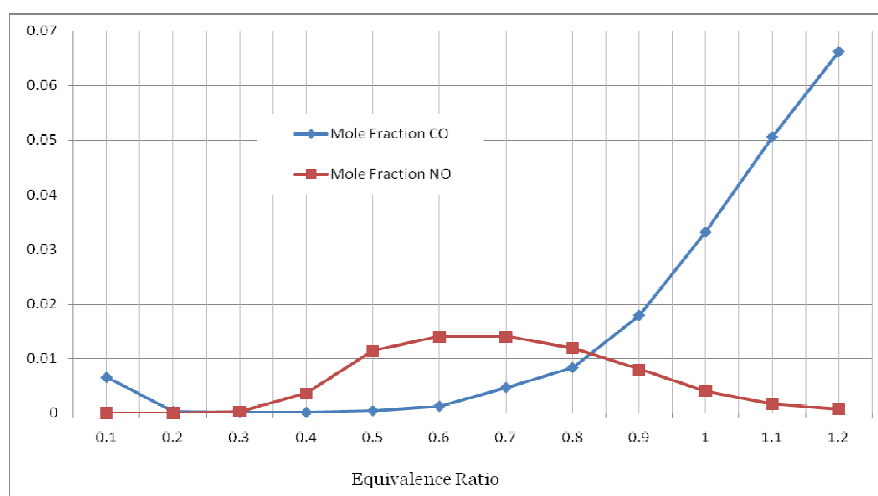
شکل ۶- درصد مولی اکسید نیتروژن در نسبت هم ارزی ۰/۷ تا ۱/۲

نتایج آزمایشگاهی آقای اورتنزی و همکارانش [2] نیز نتایج یکسانی را نشان می دهند:



شکل ۷- میزان تولید NOx در نسبت های هم ارزی مختلف

رسیدن به کمترین میزان آلودگی از منواکسید کربن و اکسید نیتروژن مستلزم پیدا کردن نسبت هم ارزی خاصی است که در آن میزان آلودگی هر دو آلاینده همزمان کمترین حد خود را داشته باشد. بدین منظور میزان تشکیل آلاینده ها را در نسبت های هم ارزی مختلف با هم مقایسه میکنیم تا نسبت هم ارزی بهینه مشخص گردد. در شکل زیر نمودار میزان تشکیل آلاینده ها براساس نسبت هم ارزی از طریق محاسبه بیشترین مقدار آلاینده در هر اجرا ترسیم شده است:



شکل ۸- درصد مولی اکسید نیتروژن و منواکسید کربن در نسبت های هم ارزی مختلف

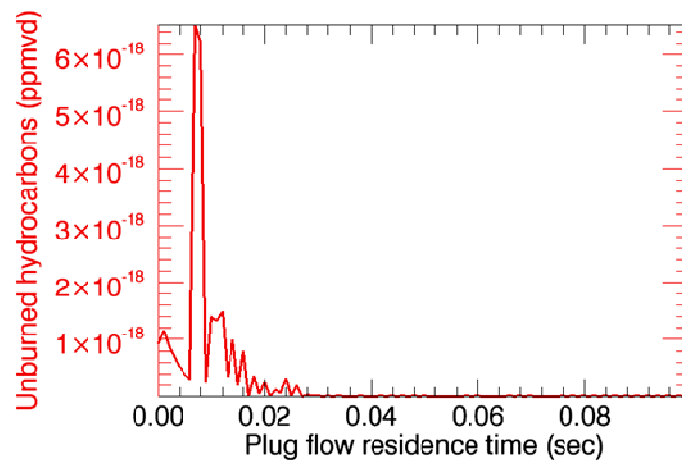
همانطور که از شکل مشخص است دو منحنی تقریباً در نسبت های هم ارزی $0/3$ و $0/83$ یکدیگر را قطع کرده اند. اما نسبت هم ارزی $0/3$ قابل قبول نیست چرا که در این شرایط هوای اضافی کم بوده و شعله ناپایدار است همچنین میزان هیدروکربن نسوخته بسیار بالا بوده که خود عامل آلودگی است. اما در نسبت هم ارزی نزدیک به $0/8$ کسر مولی منواکسید کربن و اکسید نیتروژن در حد $0/1$ محدود میشود که مقدار بهینه ای را برای نسبت هم ارزی به دست میدهد. در مرحله بعد با مدل سازی مبدل کاتالیستی در کمترین تاثیر این مبدل را بر میزان آلاینده های گازهای خروجی بررسی میکنیم.

۴- مبدل کاتالیستی

به منظور جلوگیری از نشر آلاینده های خودروها تجهیز کردن سیستم گازهای خروجی خودروها به مبدل های کاتالیستی توسط شرکت های خودروساز در جهان رو به رشد است. عملکرد و راندمان این مبدل ها در کاهش انتشار آلاینده ها به نحوه توزیع جریان [4,6,7,8]، افت فشار [6,7,8]، توزیع دما [7,8]، زاویه ورود جریان به کاتالیست [8]، دانسیته و اندازه سلولها در توزیع جریان، استفاده ترکیبی از دو نوع سلول [5,8]، شکل صفحه ورودی [8] و دما و محل نصب کاتالیست [9] بستگی دارد. پس از پایان محاسبات موتور احتراق داخلی در کمترین گازهای خروجی از موتور را گرفته و به داخل یک مبدل کاتالیستی هدایت نمودیم. نتایج خروجی از مدل سازی مبدل کاتالیستی در ادامه آورده شده است.

۴-۱- هیدروکربن های نسوخته

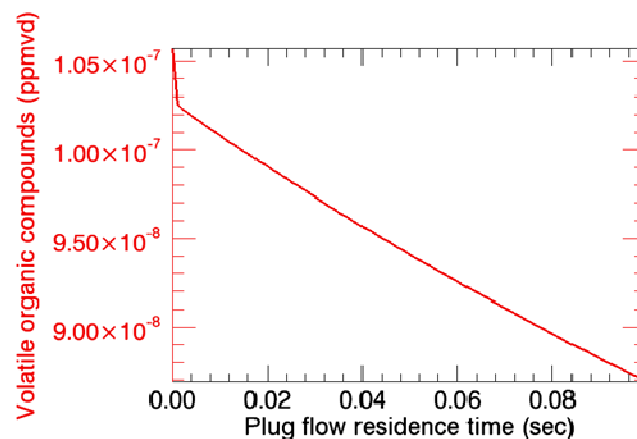
بررسی نتایج خروجی حاکی از کاهش هیدروکربن های نسوخته در گازهای خروجی پس از عبور از مبدل است. نمودار میزان هیدروکربن نسوخته بر حسب زمان در شکل زیر رسم شده است.



شکل ۶- هیدروکربن های نسوخته

۴-۲- ترکیبات آلی فرار

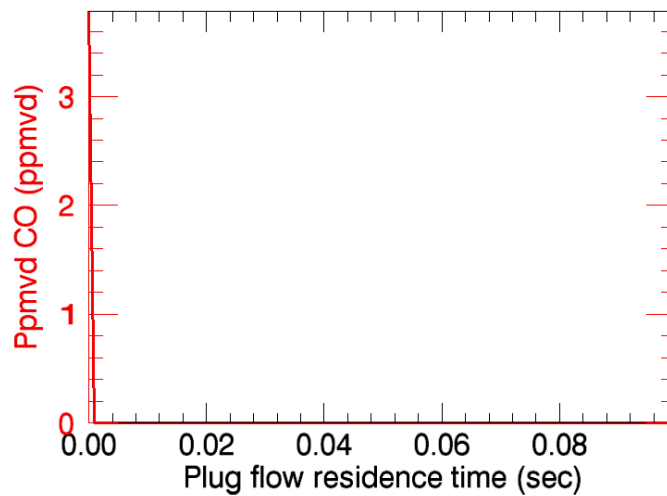
این ترکیبات نیز که نوعی آلاینده محسوب میشوند پس از عبور از مبدل کاتالیستی به شدت کاهش یافته اند.



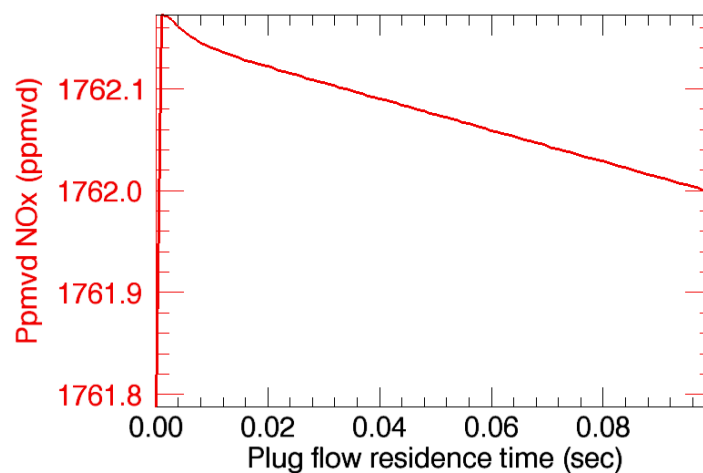
شکل ۷- ترکیبات آلی فرار

۳-۴- منو اکسید کربن و اکسید نیتروژن

منحنی تغییرات منو اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن در مبدل کاتالیستی نشان از کاهش قابل توجه این آلاینده ها در عبور از مبدل دارد.



شکل ۸- منو اکسید کربن



شکل ۹- اکسید نیتروژن

۵- نتیجه گیری

با مدل سازی احتراق در موتور احتراق داخلی توسط نرم افزار کمکین و بررسی نتایج دریافتیم که احتراق متان با نسبت هم ارزی حدود ۰/۸ کمترین میزان آلودگی را داشته و با عبور گازهای خروجی از یک مبدل کاتالیستی مقدار این آلاینده ها را میتوان تا حد قابل توجهی کاهش داد.

مراجع

- 1- US Environmental Protection Agency, EPA, web information: <<http://www.epa.gov/air/urbanair/co/>>, <<http://www.epa.gov/air/urbanair/nox/>>; 2009 [accessed in November 2009].
 - 2- Lock A. and partners, "Partial Oxidation of Natural Gas using Internal Combustion Engines", SAE International, 2004.
 - 3- Fernando Orteni, Maria Chiesa, Riccardo Scarcelli, Giovanni Pedo, "Experimental tests of blends of hydrogen and natural gas in light-duty vehicles", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 33, pp. 3225 – 3229, 2008.
 - 4- Joe Aleixo, Ming Chen, Thierry Leprince, Shazam Williams, "A predictive Model for Catalytic Converter Stationary Internal Combustion Engines", pp 226, CIMAC congress, Kyoto 2004.
 - 5- Soo-JinJeong, Woo-Seung Kim, 'A Study on The Optimal Monolith Combination for Improving Flow Uniformity and Warm-up Performance of an Auto Catalyst Chemical Engineering and Processing', 42879-895, 2003.
- ۶- محمد حسن شجاعی فرد و همکاران، "بررسی نحوه توزیع جریان در یک واکنشگر شیمیایی در حالت دائم و گذرا"، دوازدهمین کنفرانس سالانه و هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی مکانیک، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، اردیبهشت ۱۳۸۳
- ۷- علی قاسمی و همکاران، مدل بهینه شده برای دیفیوزر ورودی مبدل کاتالیستی خودرو به منظور توزیع یکنواخت جریان و افزایش راندمان تبدیل آلاینده ها، چهاردهمین کنفرانس سالانه (بین المللی) مهندسی مکانیک، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، اردیبهشت ۱۳۸۵
- ۸- نصیری طوسی و همکاران، تحلیل عددی سه بعدی جریان در یک واکنشگر شیمیایی، دوازدهمین کنفرانس سالانه و هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی مکانیک، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، اردیبهشت ۱۳۸۳
- ۹- سعدی قربانلو، کوروش صدیقی، تعیین محل تعبیه مبدل کاتالیستی در اگزوز خودرو آر-دی و شبیه سازی عددی اثر آن بر جریان گازهای خروجی ، دوازدهمین کنفرانس سالانه و هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی مکانیک، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، اردیبهشت ۱۳۸۳