Archive of SID

فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

اثر واکنشگر و تغییر سامانهٔ سوخت‌رسانی بر آلاینده‌های موتورسیکلت

امین حسنی[۱*]، وحید حسینی[۲]

[۱] دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران، amin.hassani@outlook.com

[۲] دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران، vhosseini@sharif.edu

[*] نویسندهٔ مسئول، شمارهٔ تماس: ۶۶۱۶۵۵۰۳- ۰۲۱

چکیده

موتورسیکلت‌ها به عنوان یکی از منابع مهم انتشار آلاینده‌ها در شهر تهران شناخته می‌شود. بررسی عملکرد انتشار آلایندگی این وسایل نقلیه و ارائهٔ راه حل برای کاهش انتشار آلایندگی از موتورسیکلت‌ها از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این پژوهش، ۶۰ موتورسیکلت از ناوگان فعلی موتورسیکلت‌های تهران و ۴ موتورسیکلت مجهز به سامانهٔ افشانه‌ای حلقه بسته و واکنشگر سه کارهٔ مبدل آلاینده‌ها آزمون سنجش آلایندگی شاسی لگام ترمز شدند. آزمون‌ها مطابق با استاندارد اروپا ۳، به صورت روشن شدن سرد و با چرخهٔ رانندگی استاندارد اروپا انجام گردیدند. نتایج نشان داند ضریب انتشار منوکسیدکربن موتورسیکلت‌های ناوگان فعلی تهران ۷ برابر حد مجاز استاندارد اروپا ۳ است. مشخص گردید که در موتورسیکلت‌های فعلی شهر تهران حدود ۴۰ درصد از کربن سوخت به صورت ناقص می‌سوزد که موجب انتشار زیاد آلاینده‌ها می‌گردد. استفاده از کاربراتور در پایش مخلوط سوخت و هوا دلیل این عملکرد است. نتایج آزمون‌ها نشان داد که ضریب انتشار منوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و واکنشگر دار به طور متوسط ۸۷ و ۷۵ درصد کمتر از موتورسیکلت‌های فعلی ناوگان تهران است. تخمین انتشار آلاینده‌ها از موتورسیکلت‌های تهران در ساعت اوج رفت و آمد صبحگاهی نشان داد که با تغییر موتورسیکلت‌های تهران از کاربراتوری به افشانه‌ای حلقه بسته و مجهز به واکنشگر، انتشار منوکسیدکربن، هیدروکربن‌های نسوخته و اکسیدهای نیتروژن از کل موتورسیکلت‌های تهران در ساعت اوج رفت و آمد صبحگاهی بترتیب ۸۸، ۸۸ و ۴۶ درصد کاهش میابد.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:

دریافت: ۳۰ آذر ۱۳۹۴

پذیرش: ۲۹ بهمن ۱۳۹۴

کلیدواژه‌ها:

موتورسیکلت

تهران

کاربراتور

افشانه

واکنشگر

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

آلودگی هوا یکی از مشکلاتی است که شهر تهران با آن مواجه است. ثبت ۱۶۰ و ۱۱۶ روز به عنوان روز ناسالم از نظر کیفیت هوا، بترتیب، در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ دلیلی بر این امر است [۱].

بررسی سیاههٔ انتشار تهران نشان داده است که ۸۵ درصد آلودگی منتشر شده در تهران ناشی از منابع متحرک انتشار آلاینده‌ها است [۲].

پژوهش‌های انجام شده در سایر کشورها نیز حمل و نقل جاده‌ای را جزء مهمترین منابع انتشار آلاینده‌ها به حساب می‌آورند [۳, ۴].

منابع انتشار متحرک جاده‌ای در تهران شامل ۳,۵ میلیون خودرو سواری، بیشتر از ۱۰۰ هزار خودرو دیزلی سنگین و بیش از یک میلیون موتورسیکلت بنزینی چهار زمانه می‌شود.

در این بین، موتورسیکلت‌ها سهم ویژه‌ای در آلوده کردن دارند. در تهران از موتورسیکلت‌ها به عنوان وسیلهٔ نقلیهٔ شخصی و همچنین برای جا به جایی مرسولات استفاده می‌شود. علاوه بر این، اعمال محدودیت‌های رفت و آمدی[1] در تهران باعث اقبال به استفاده از موتورسیکلت‌ها می‌شود.

ارائهٔ راه حل و روش هایی برای کاهش انتشار آلاینده‌ها، به جز با دانستن اطلاعات دربارهٔ عملکرد انتشار آلایندگی منابع مختلف امکان‌پذیر نیست. بدین ترتیب، توسعهٔ ضرایب و توابع انتشار آلاینده‌ها برای منابع مختلف انتشار آلاینده‌ها اهمیت میابد.

از آنجایی که بین ۶۰ تا ۷۰ درصد حمل و نقل در کشورهای شرق آسیا توسط موتورسیکلت‌ها صورت می‌پذیرد، پژوهش‌های بسیاری در مورد ضرایب انتشار آلایندگی موتورسیکلت‌ها در این کشورها انجام شده است [۵, ۶].

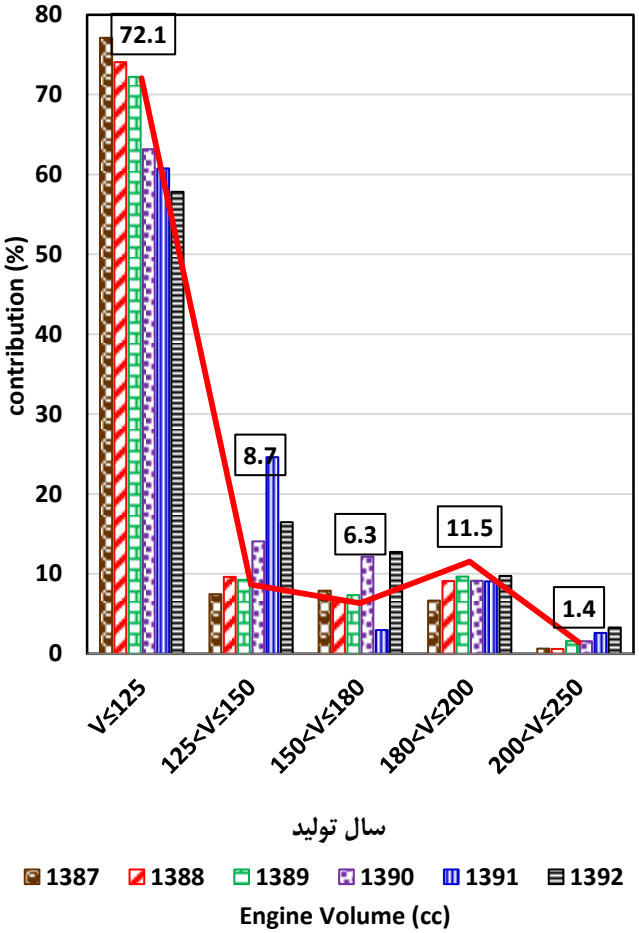
این مطالعات شامل اندازه‌گیری ضرایب انتشار موتورسیکلت‌های نو و کارکرده، اندازه‌گیری ترکیبات آلی فرار از گازهای خروجی موتورسیکلت‌ها و بررسی اثر سن، تعمیر و نگهداری و نصب واکنشگر مبدل آلاینده‌ها است [۷, ۸].

در پاره ای دیگر از پژوهش ها، ضراب انتشار و آلاینده‌های تولیدی از موتورسیکلت و خودروهای سواری مقایسه شده اند [۶, ۹, ۱۰].

در شکل ۱، ترکیب ناوگان موتورسیکلت‌های شهر تهران بر اساس آمار شماره‌گذاری و تعویض شماره در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ نشان داده شده است.

بر این اساس، بیش از ۷۰ درصد موتورسیکلت‌های شهر تهران را موتورسیکلت‌های با حجم موتور ۱۲۵ سی سی تشکیل می‌دهند. همچنین، تقریباً تمام موتورسیکلت‌های شهر تهران از سامانهٔ سوخت‌رسانی کاربراتوری استفاده می‌کنند و به واکنشگر مبدل آلاینده‌ها نیز مجهز نیستند.

در ایران هیچ پژوهش فراگیری دربارهٔ ضرایب انتشار آلایندگی موتورسیکلت‌ها انجام نشده است. در این پژوهش، ضرایب انتشار آلاینده‌های موتورسیکلت‌های شهر تهران اندازه‌گیری شده‌اند. همچنین، اثر بخشی تغییر سامانهٔ سوخت‌رسانی و استفاده از واکنشگر مبدل آلاینده‌ها در موتورسیکلت‌ها بر انتشار آلاینده‌ها از موتورسیکلت‌ها نیز بررسی شده است.



شکل ۱: ترکیب ناوگان موتورسیکلت‌های شهر تهران

۲- تجهیزات آزمایشگاهی و نحوهٔ انجام آزمون‌ها

روش اندازه‌گیری با تجهیزات همراه[2] و روش اندازه‌گیری در آزمایشگاه شاسی لگام ترمز[3] دو روش اصلی اندازه‌گیری ضرایب انتشار آلاینده‌ها هستند. از آنجایی که در روش اندازه‌گیری با تجهیزات همراه انتشار آلایندگی در حال رانندگی وسیلهٔ نقلیه در معابر واقعی اندازه‌گیری می‌شود، ضرایب انتشار حاصل نشان دهندهٔ عملکرد انتشار آلایندگی وسیلهٔ نقلیه در حالت رانندگی واقعی هستند [۱۱].

البته به دلیل تکرار ناپذیری رانندگی در حالت واقعی، نتایج این روش از تکرارپذیری کمتری برخوردار هستند [۱۲]. در مقابل، از آنجایی که در روش شاسی لگام ترمز اندازه‌گیری آلاینده‌ها در حالت پایش شده انجام می‌گیرد، تکرار پذیری نتایج زیاد است [۱۳].

همچنین به دلیل نبودن محدودیت در وزن و اندازهٔ تجهیزات اندازه‌گیری، دقت اندازه‌گیری در روش شاسی لگام ترمز بیشتر است.

[1] Traffic limitations

[2] Portable Emission Measurement System (PEMS)
[3] Dynamometer

www.SID.ir

Archive of SID

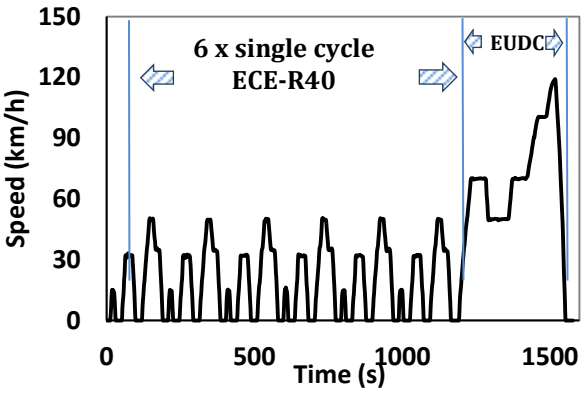
در روش شاسی لگام ترمز، ضرایب انتشار در مدت حرکت وسیلهٔ نقلیه در یک چرخهٔ رانندگی اندازه‌گیری می‌شوند.

همچنین، نیروی مقاوم در برابر حرکت توسط یک غلتک شبیه‌سازی می‌شود که ممکن است با مقدار واقعی این نیروها تفاوت داشته باشد. این عوامل باعث دور شدن نتایج از حالت واقعی می‌گردند [۱۲, ۱۴].

با این حال، به دلیل عدم امکان استفاده از روش اندازه‌گیری با تجهیزات همراه در مورد موتورسیکلت‌ها، در این پژوهش از روش شاسی لگام ترمز استفاده گردید.

تمامی آزمون‌های انجام شده در این پژوهش در آزمایشگاه شاسی لگام ترمز موتورسیکلت توان سازان ایران انجام گردیدند. در آزمایشگاه توان سازان ایران، برای اندازه‌گیری غلظت‌های آلاینده‌های مونوکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن از روش اندازه‌گیری نوری مادون سرخ نامتفرق[1] و برای اندازه‌گیری غلظت اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن‌های نسوخته نیز بترتیب از روش‌های شناسایی نوری شیمیایی[2] و شناسایی با یونیزه کردن توسط شعله[3] استفاده شد. در این آزمایشگاه، تمامی سنجشگرها ساخت شرکت AVL بودند.

تمامی آزمون‌ها به صورت روشن شدن سرد و مطابق با دستورالعمل 2013/60/EU (استاندارد اروپا ۳) انجام گردیدند. برای آزمون‌ها از چرخهٔ رانندگی استاندارد اروپا ECE [4] استفاده گردید. این چرخه در شکل ۲ نشان داده شده است. تمامی آزمون‌ها به هر دو صورت اندازه‌گیری در کیسه[5] و اندازه‌گیری همزمان[6] انجام گردیدند. در شکل ۳، شمایی از آزمایشگاه شاسی لگام ترمز موتورسیکلت توان سازان ایران نشان داده شده است.



شکل ۲: چرخهٔ رانندگی استاندارد اروپا ECE

۲-۱- انتخاب نمونه‌ها به منظور آزمون

در این پژوهش، ۶۰ موتورسیکلت مورد آزمون اندازه‌گیری آلایندگی و مصرف سوخت قرار گرفتند. در این آزمون‌ها، از موتورسیکلت‌هایی که توسط افراد حقیق مورد استفاده بودند، استفاده گردید.

موتورسیکلت‌ها با سن و حجم موتورهای مختلف به نوعی انتخاب شدند تا نشان دهندهٔ ناوگان فعلی تهران باشند. علاوه بر این، با توجه به این که تقریباً تمام موتورسیکلت‌های ناوگان فعلی تهران کاربراتوری و بدون واکنشگر هستند، ۴ موتورسیکلت افشانه‌ای، دارای حسگر اکسیژن و مجهز به واکنشگر سه کاره نیز مورد آزمون قرار گرفتند . جدول ۱ ترکیب ناوگان موتورسیکلت‌های انتخاب شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱: ترکیب ناوگان موتورسیکلت‌های مورد استفاده در آزمون‌ها

حجم موتور (cc)		تعداد
۱۲۵	کاربراتوری و بدون واکنشگر	۳۶
	افشانه‌ای و واکنشگر دار	۱
۱۵۰	کاربراتوری و بدون واکنشگر	۸
	افشانه‌ای و واکنشگر دار	۱
۱۸۰	کاربراتوری و بدون واکنشگر	۱۰
۲۰۰	کاربراتوری و بدون واکنشگر	۶
	افشانه‌ای و واکنشگر دار	۱
۲۴۹	افشانه‌ای و واکنشگر دار	۱

۲-۲- نتایج آزمون‌های شاسی لگام ترمز

نمودارهای شکل ۴، ضرایب انتشار آلاینده‌های به دست آمده از آزمون‌های شاسی لگام ترمز را بتفکیک حجم موتور و سامانهٔ سوخت‌رسانی و بر حسب گرم بر کیلومتر به همراه انحراف معیار نتایج نشان می‌دهند.

با توجه به انجام شدن تنها یک نمونه آزمون برای موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و مجهز به واکنشگر در حجم موتورها مختلف، انحراف معیار برای نتایج موتورسیکلت‌های افشانه‌ای محاسبه شده است.

همانطور که مشاهده می‌شود، ضریب انتشار مونوکسیدکربن میانگین هیچ یک از موتورسیکلت‌های کاربراتوری مورد آزمون در محدودهٔ مجاز انتشار منوکسیدکربن مطابق استاندارد یوور ۳ قرار ندارند.

ضریب انتشار منوکسیدکربن موتورسیکلت‌های کاربراتوری ۱۲۵ سی‌سی و ۱۵۰ سی‌سی از باقی موتورسیکلت‌ها به طور متوسط ۱۸ درصد بیشتر است. همچنین، موتورسیکلت‌های کاربراتوری ۱۲۵ سی‌سی دارای بیشترین ضریب انتشار هیدروکربن‌های نسوخته نیز هستند. این درحالی است که ضریب انتشار اکسیدهای نیتروژن در این موتورسیکلت‌ها، از باقی موتورسیکلت‌های کاربراتوری کمتر است.

اگرچه ضریب انتشار میانگین هیدروکربن‌های نسوخته بیشتر موتورسیکلت‌های کاربراتوری مورد آزمون کمتر و یا در نزدیکی حد مجاز اروپا ۳ قرار دارد، اما باید توجه کرد که حد مجاز انتشار آلایندهٔ هیدروکربن‌های نسوخته در استاندارد اروپا ۳ برای موتورسیکلت‌ها بترتیب ۸ و ۴ برابر استانداردهای یورو ۴ و یورو ۲ برای خودروها است.

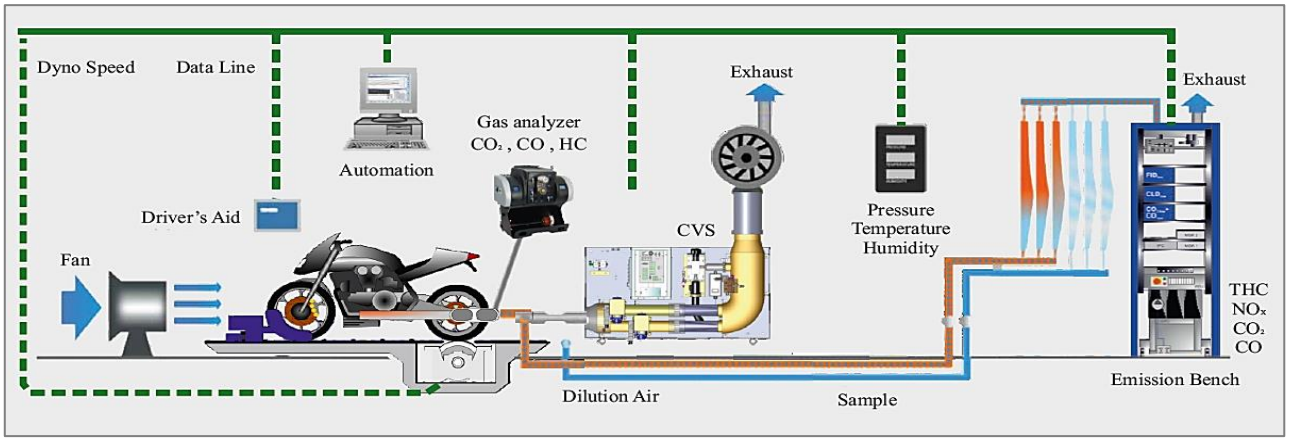
[1] Nondispersive Infrared (NDIR)
[2] Chemiluminescence Detector (CLD)
[3] Flame Ionization Detector (FID)
[4] Economic commission for Europe
[5] Bag measurement
[6] Instantaneous measurement

www.SID.ir

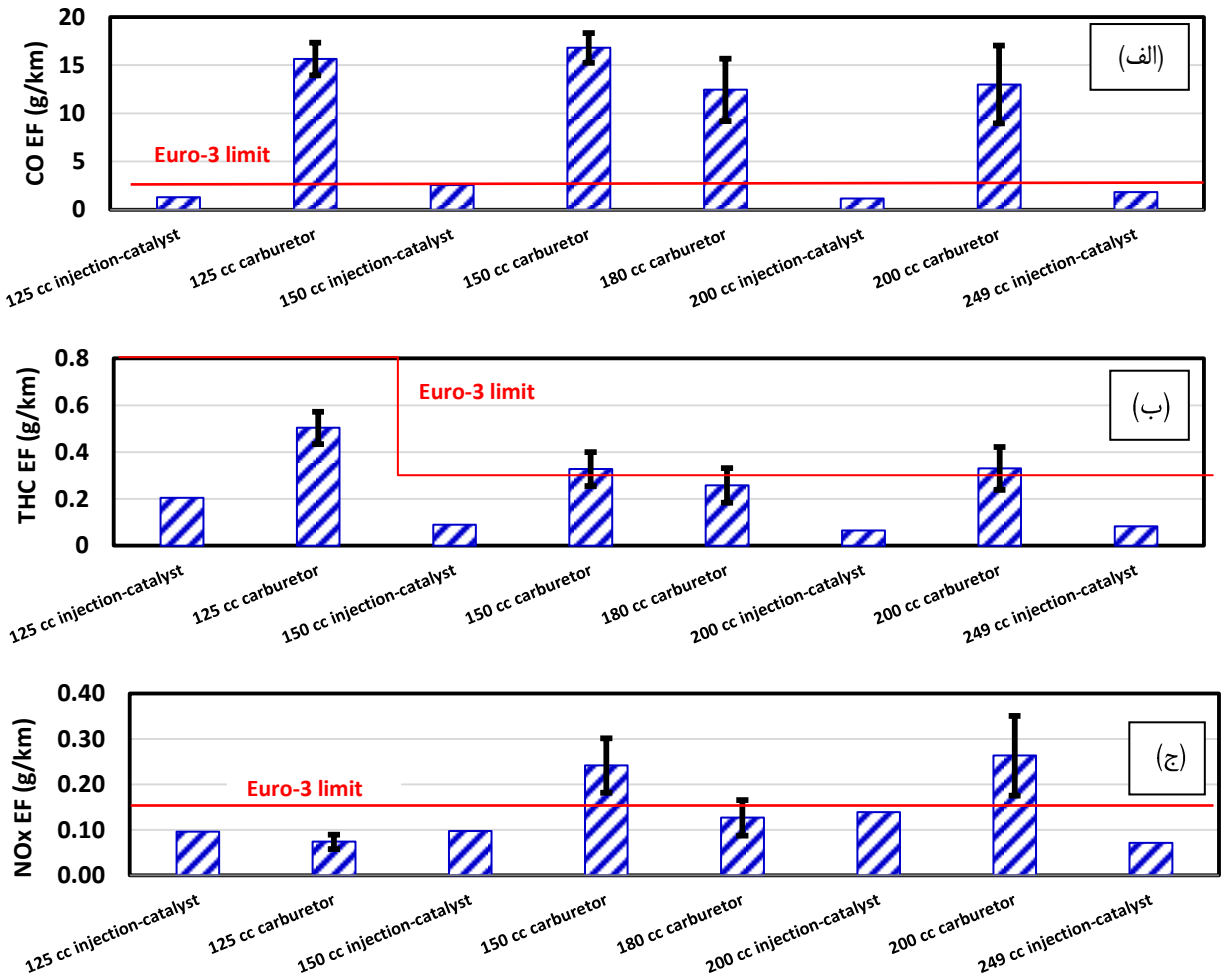
Archive of SID

ضریب انتشار زیاد آلاینده‌های حاصل از احتراق ناقص در موتورسیکلت‌های کاربراتوری مورد آزمون نشان از احتراق مخلوط غنی سوخت و هوا دارد. احتراق مخلوط غنی سوخت و هوا، موجب احتراق ناقص سوخت و هوا، کاهش بازدهی احتراق و در نتیجه کاهش دمای آن می‌شود. از آنجایی که تولید آلایندهٔ اکسیدهای نیتروژن نیز با دما وابستگی مستقیم دارد، احتراق مخلوط غنی سوخت و هوا باعث کاهش ضریب انتشار آلایندهٔ اکسیدهای نیتروژن نیز خواهد شد [۱۵, ۱۶].

بزرگتر بودن ضریب انتشار اکسیدهای نیتروژن در کنار کمتر بودن ضریب انتشار هیدروکربن‌های نسوخته و منوکسیدکربن دلیلی بر بازده بزرگتر احتراق در موتورسیکلت‌های کاربراتوری با حجم موتور بیش از ۱۲۵ سی سی نسبت به موتورسیکلت‌های کاربراتوری ۱۲۵ سی سی است.



شکل ۳: آزمایشگاه شاسی لگام ترمز موتورسیکلت توان سازان ایران



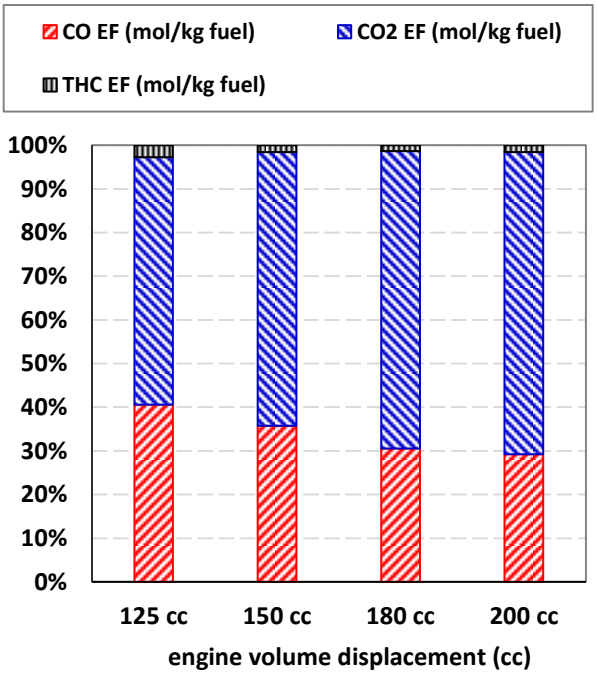
شکل ۴: ضرایب انتشار آلاینده‌های موتورسیکلت‌های افشانه‌ای-واکنشگر دار و موتورسیکلت‌های فعلی ناوگان تهران با انحراف معیار

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور بررسی بهتر احتراق در موتورسیکلت‌های کاربراتوری، ضرایب انتشار بر حسب گرم تولید آلاینده بر کیلوگرم مصرف سوخت نیز محاسبه شدند. با تبدیل مقادیر به مول انتشار آلاینده و فرض معادلهٔ (۱) به عنوان واکنش احتراق، درصد تبدیل یک کیلوگر سوخت به دی اکسید کربن، مونوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته در موتورسیکلت‌های کاربراتوری مورد آزمون به دست آورده شد. شکل (۵)، میانگین نتایج این محاسبات را بتفکیک حجم موتور نشان می‌دهد.

$$C_xH_y + n(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow a\,CO_2 + b\,C + d\,CH_2 + e\,H_2O + f\,O_2 + 3.76n\,N_2 \qquad (۱)$$



شکل ۵: درصد تبدیل یک کیلوگر سوخت به دی اکسید کربن، مونوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته در موتورسیکلت‌های کاربراتوری

همانطور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود، در موتورسیکلت‌های کاربراتوری ۱۲۵ سی سی، که بیشترین سهم را در ناوگان تهران دارند، حدود ۴۰٪ از کربن سوخت به صورت ناقص می‌سوزد.

البته در باقی حجم موتورها نیز بیشتر از ۳۰٪ از سوخت به صورت ناقص می‌سوزد. دلیل این احتراق ناقص استفاده از کاربراتور در سامانهٔ سوخت‌رسانی است که باعث پایش نامناسب ترکیب مخلوط سوخت و هوا می‌گردد. همچنین، تغییر تنظیمات کاربراتور برای کاربر بسیار آسان است که باعث بی اثر کردن تنظیم کاربراتور برای عملکرد بهتر انتشار آلایندگی می‌شود.

لازم به ذکر است که امکان اندازه‌گیری ضریب انتشار آلایندهٔ ذرات معلق در آزمایشگاه فراهم نبود. اما با توجه به نتایج و مشاهدهٔ بازده کم احتراق در موتورسیکلت‌های کاربراتوری مورد آزمون، می‌توان انتظار داشت که موتورسیکلت‌ها یکی از منابع مهم تولید این آلاینده در تهران باشند.

همانطور که در جدول ۱ آورده شد، در این پژوهش ۴ موتورسیکلت مجهز به سامانهٔ پاشش سوخت افشانه‌ای حلقه بسته و واکنشگر سه کاره مبدل آلاینده‌ها نیز آزمون شدند. ضرایب انتشار آلاینده‌های منوکسیدکربن، هیدروکربن‌های نسوخته و اکسیدهای نیتروژن موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و واکنشگر دار مورد آزمون نیز در شکل ۴ نشان داده شده است.

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، همهٔ موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و مجهز به واکنشگر مورد آزمون در محدودهٔ مجاز استاندارد اروپا ۳ قرار گرفتند. استفاده از واکنشگر و افشانه به طور متوسط باعث کاهش ۸۷ و ۷۵ درصدی ضرایب انتشار منوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته در موتورسیکلت‌های افشانه‌ای حلقه بسته و واکنشگر دار نسبت به موتورسیکلت‌های کاربراتوری بدون واکنشگر شده است.

همچنین استفاده از این فناوری تولید اکسیدهای نیتروژن را نیز بین ۲۰ تا ۸۰ درصد کاهش داده است. البته ضریب انتشار اکسیدهای نیتروژن در موتورسیکلت ۱۲۵ سی سی افشانه‌ای و واکنشگر دار و نسبت به حالت کاربراتوری و بدون واکنشگر بیشتر شده است اما باز هم در محدودهٔ مجاز استاندارد اروپا ۳ قرار دارد. همچنین می‌توان انتظار داشت که انتشار آلایندهٔ ذرات معلق نیز در موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و واکنشگر دار کاهش قابل توجهی داشته باشد.

با استفاده از افشانه، در صورت تنظیم پاشش در نقطهٔ درست[1]، تولید آلایندهٔ اکسیدهای نیتروژن افزایش یافته و تولید آلاینده‌های منوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته کاهش خواهد یافت [۱۵]. اختلاط بهتر سوخت و هوا، تنظیم درست نسبت سوخت و هوا، افزایش بازده احتراق و در نتیجه افزایش دمای احتراق از جملهٔ دلایل این امر هستند.

البته لازم به توجه است که نمی‌توان مقدار نقش افشانه و واکنشگر را در این کاهش از یکدیگر تفکیک کرد. اما به طور کلی، واکنشگر سه کاره مبدل آلاینده‌ها در صورتی با بازدهی مناسب کار می‌کند که نسبت سوخت به هوا نزدیک به حالت درست باشد. پایش این امر توسط افشانه‌ها و حسگر اکسیژن انجام می‌پذیرد.

۳- بررسی عملکرد گذرای موتورسیکلت‌ها

با فرض معادلهٔ احتراق به صورت معادلهٔ (۱)، نسبت هوا به سوخت نسبی[2] در هر لحظه با استفاده از معادلهٔ (۲) قابل محاسبه است.

$$= M\left[\frac{HCR}{4} + \frac{1}{2}\frac{X_{CO} + 2X_{CO2} - X_{THC} + X_{O2}}{X_{CO} + X_{CO2} + X_{THC}}\right] \qquad (۲)$$

در این معادله، HCR نسبت مولی هیدروژن به کربن در سوخت است. M عددی ثابت است که بر حسب جرم مولی سوخت و نسبت هوا به سوخت درست مطابق معادلهٔ (۳) محاسبه می‌شود.

[1] Stoichiometric
[2] Relative air-fuel ratio (λ)

www.SID.ir

Archive of SID

X_{CO2} ، X_{CO} ، X_{THC} و X_{O2} نسبت‌های مولی دی‌اکسید و مونوکسیدکربن، هیدروکربن‌های نسوخته و اکسیژن در محصولات احتراقی هستند.

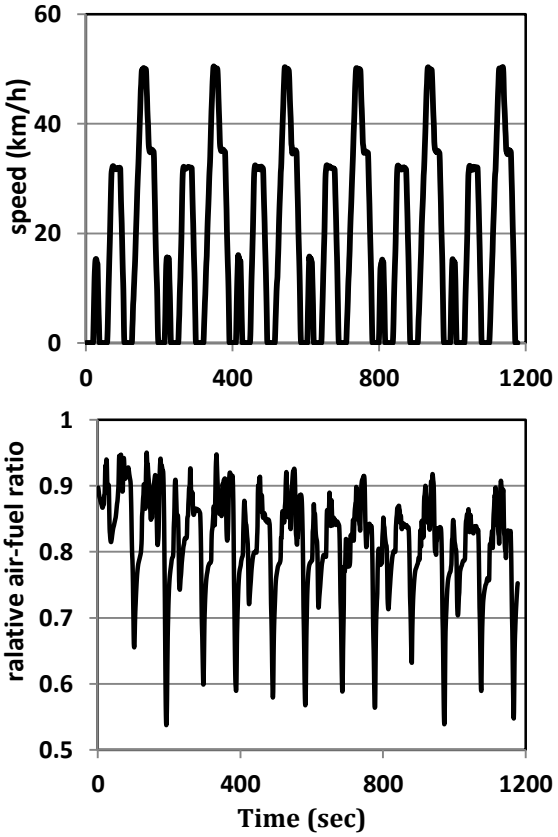
$$M = \frac{28.97 \times 4.76}{12.011 + 1.008 \times HCR} \qquad (۳)$$

از آنجا که امکان اندازه‌گیری غلظت اکسیژن در گازهای خروجی توسط آزمایشگاه نبود، با فرض این که غلظت اکسیژن در گازهای خروجی ناچیز است، از غلظت اکسیژن در معادلهٔ (۲) صرف نظر شد. البته با توجه به مشاهدهٔ احتراق غنی در نتایج آزمون‌های شاسی لگام ترمز، این فرض معقول است.

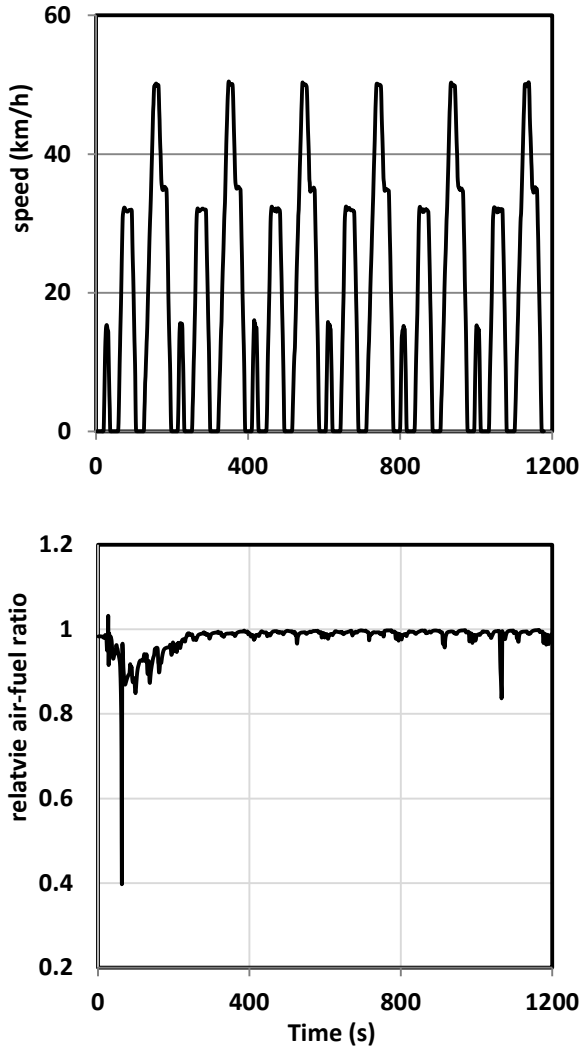
در شکل‌های ۶ و ۷، تغییرات نسبت هوا به سوخت نسبی در یک نمونه موتورسیکلت از ناوگان فعلی تهران (کاربراتوری و بدون واکنشگر) و یک نمونه موتورسیکلت افشانه‌ای حلقه بسته و مجهز به واکنشگر در طی کردن چرخهٔ رانندگی ECE نشان داده شده‌اند.

همانطور که مشاهده می‌شود، به جز در ابتدای چرخهٔ رانندگی، در موتورسیکلت مجهز به افشانه و واکنشگر پایش نسبت هوا به سوخت و تبدیل آلاینده‌ها در واکنشگر به خوبی انجام گرفته است.

این در حالی است که مخلوط سوخت و هوا در تمام مدت چرخه در موتورسیکلت کاربراتوری نمونه در محدودهٔ غنی قرار دارد و پایش مناسبی توسط کاربراتور بر نسبت سوخت و هوا اعمال نمی‌شود.



شکل ۶: تغییر نسبت هوا به سوخت نسبی در یک نمونه موتورسیکلت کاربراتوری و بدون واکنشگر در طی چرخهٔ رانندگی ECE



شکل ۷ : تغییر نسبت هوا به سوخت نسبی در یک نمونه موتورسیکلت افشانه‌ای و مجهز به واکنشگر در طی چرخهٔ رانندگی ECE

۴- بررسی اثر استفاده از واکنشگر و تغییر سامانهٔ سوخت‌رسانی موتورسیکلت‌ها

با توجه به ترکیب ناوگان فعلی موتورسیکلت‌های شهر تهران که در شکل ۱ آورده شد، ضرایب انتشار آلاینده‌ها و مصرف سوخت برای ناوگان فعلی موتورسیکلت‌های تهران (کاربراتوری و بدون واکنشگر)، با توجه به میانگین ضرایب انتشار آلاینده‌ها برای هر حجم موتور، محاسبه گردید. این ضرایب انتشار در جدول ۲ آورده شده‌اند. همچنین میانگین ضرایب انتشار برای ۴ موتورسیکلت افشانه‌ای و واکنشگر دار مورد آزمون نیز در جدول ۲ آورده شده است.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، ضریب انتشار منوکسیدکربن از موتورسیکلت‌های فعلی ناوگان تهران بیشتر از ۷ برابر حد مجاز است.

اما مسالهٔ دیگری که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مصرف سوخت بیشتر موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و واکنشگر دار مورد آزمون نسبت به موتورسیکلت‌های ناوگان فعلی شهر تهران است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: ضراب انتشار ناوگان فعلی موتورسیکلت‌های تهران به همراه بازهٔ اطمینان ۹۵ درصد و ضرایب انتشار میانگین موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و واکنشگر دار مورد آزمون.

افشانه‌ای – واکنشگر دار	ناوگان فعلی تهران	ضریب انتشار (g/km)
۱,۷۱۷	۱۵,۲۰۵ ± ۱,۳۶۶	CO
۰,۰۰۱	۰,۴۵۳ ± ۰,۰۵۱	THC
۰,۱۰۱	۰,۱۱۴ ± ۰,۰۱۶	NOx
۳,۰۷۸	۲,۶۰۸ ± ۰,۰۸۲	مصرف سوخت (l/100km)

دلیل این امر این است که به دلیل نبود موتورسیکلت مجهز به سامانهٔ پاشش افشانه‌ای حلقه بسته و واکنشگر با کاربری عادی، موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و واکنشگر دار انتخاب شده برای آزمون، موتورسیکلت‌هایی سنگین بودند.

دلیل دیگر نیز پیمودن چرخهٔ رانندگی متفاوت توسط دو نوع موتورسیکلت است. چنانچه موتورسیکلت‌های افشانه‌ای و واکنشگر دار، چرخهٔ رانندگی با سرعت بیشینهٔ ۱۲۰ کیلومتر در ساعت را پیمودند. در حالی که موتورسیکلت‌های کاربراتوری، چرخهٔ رانندگی با حد اکثر سرعت ۹۰ کیلومتر بر ساعت را پیمودند.

برای محاسبهٔ کل آلایندگی تولید شده توسط موتورسیکلت‌ها در شهر تهران به دو داده نیاز است. دادهٔ انتشار و دادهٔ رفت و آمد. در این پژوهش از ضرایب انتشار آلاینده‌های جدول ۲ به عنوان دادهٔ انتشار استفاده شده است.

همچنین، از خروجی الگوی رفت و آمد EMME/2 برای شهر تهران نیز به عنوان دادهٔ رفت و آمد استفاده شد. خروجی این شبیه‌سازی، که توسط شرکت مطالعات جامع رفت و آمد شهر تهران انجام گرفته است، شامل مقدار تردد و سرعت وسایل نقلیه (به تفکیک نوع) در ۱۷۴۴۱ معبر رفت و آمدی شهر تهران در ساعت اوج رفت و آمد صبحگاهی (بین ساعت ۷:۳۰ تا ۸:۳۰ صبح) است.

محاسبهٔ کل انتشار یک آلاینده در شهر تهران با استفاده از معادلهٔ (۴) صورت پذیرفت. در این معادله، EF ضریب انتشار آلاینده است. L_i طول معبر رفت و آمدی i ام است. و N_i تعداد وسیلهٔ نقلیه در معبر رفت و آمدی i ام است. n نیز کل تعداد معابر رفت و آمدی است.

$$Total\ emission = \sum_{i}^{n} EF \times L_i \times N_i \qquad (۴)$$

نتایج حاصل از این محاسبات در شکل ۸ مشاهده می‌شود. با توجه به شکل ۸، با تغییر کل ناوگان موتورسیکلت‌های شهر تهران از کاربراتوری به افشانه‌ای حلقه بسته و مجهز به واکنشگر سه کاره، انتشار منوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته ناشی از موتورسیکلت‌ها در شهر تهران و در ساعت اوج رفت و آمد صبحگاهی تقریباً ۸۸ درصد کاهش میابد.

همچنین، انتشار اکسیدهای نیتروژن ناشی از موتورسیکلت‌ها نیز در شهر تهران و در ساعت اوج رفت و آمد صبحگاهی تقریباً ۴۶ درصد کاهش میابد. همچنین، می‌توان انتظار داشت که انتشار ذرات معلق ناشی از موتورسیکلت‌ها نیز به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد.

البته این محاسبات با این فرض صورت گرفته است که تمام ناوگان موتورسیکلت‌های شهر تهران تبدیل به موتورسیکلت‌های افشانه‌ای حلقه بسته و واکنشگر دار شوند در حالی که شرایط رفت و آمدی ثابت باقی بمانند. همچنین، محدودیت و عامل ایجاد خطای دیگر در این محاسبات، استفاده از ضرایب انتشار آلاینده‌های حاصل از چرخهٔ رانندگی استاندارد اروپا است.

ممکن است چرخهٔ رانندگی تهران و در نتیجه ضرایب انتشار آلاینده‌های حاصل از آن با مقادیر استفاده شده در این محاسبات اختلاف داشته باشند. علاوه بر این، ضرایب انتشار استفاده شده در این محاسبات، حاصل از آزمون‌های استاندارد بوده اند و لذا دما و رطوبت هوا در این آزمون‌ها برابر با دما و رطوبت هوای آزمون استاندارد اروپایی و نه تهران بوده است.

این امر نیز بر دقت ضرایب انتشار آلاینده‌ها و در نتیجه دقت نتایج به دست آمده برای انتشار آلاینده‌ها در شهر تهران تاثیر گذار است. با وجود تمامی این عوامل خطا، اما نتایج ارائه شده در این پژوهش برای بررسی اثر تغییر سامانهٔ سوخت‌رسانی و استفاده از واکنشگر در موتورسیکلت‌ها بر انتشار آلایندگی آن‌ها بسیار مفید است.

۵- نتیجه گیری

انجام آزمون‌های شاسی لگام ترمز سنجش آلایندگی و مصرف سوخت بر ۶۰ موتورسیکلت از ناوگان فعلی تهران نشان داد که این موتورسیکلت‌ها عملکرد انتشاری ضعیفی دارند. به طوری که انتشار منوکسیدکربن از این موتورسیکلت‌ها ۷ برابر حد مجاز در استاندارد اروپا ۳ است.

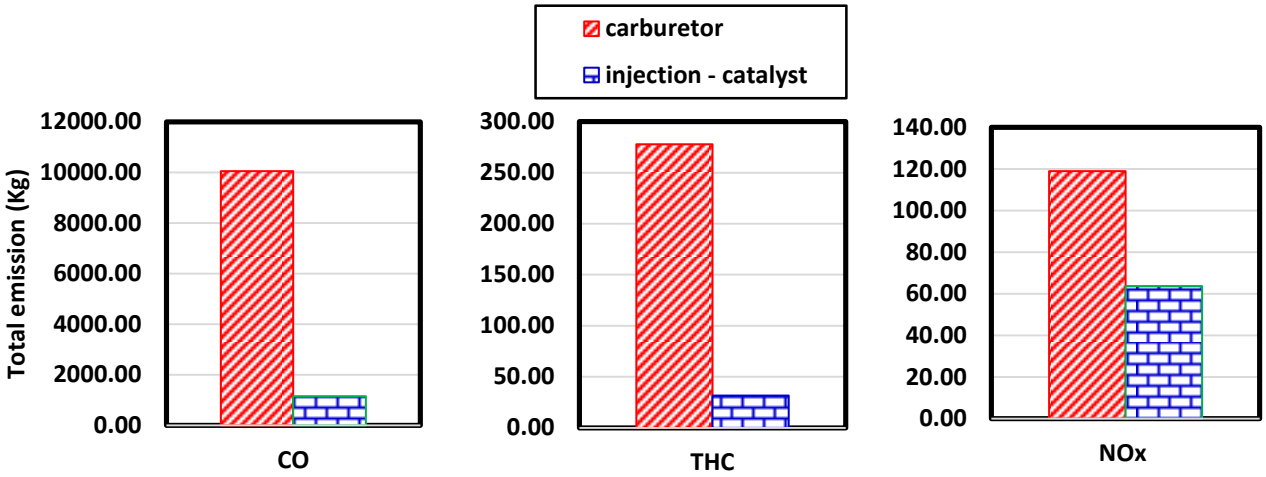
ضریب انتشار زیاد محصولات احتراق ناقص و ضریب انتشار کم آلایندهٔ اکسیدهای نیتروژن نشان از بازدهی و دمای کم احتراق در این موتورسیکلت‌ها دارد. بررسی ضرایب انتشار آلاینده‌ها به ازای سوختن یک کیلوگرم سوخت نشان داد که در موتورسیکلت‌های شهر تهران بین ۳۰ تا ۴۰ درصد کربن سوخت به صورت ناقص می‌سوزد. استفاده از سامانهٔ کاربراتوری برای پایش نسبت هوا و سوخت دلیل این امر است.

علاوه بر پایش نامناسب نسبت سوخت و هوا توسط کاربراتور، کاربر نیز به راحتی می‌تواند تنظیمات کاربراتور را عوض کند که این امر تنظیم کاربراتور توسط متخصصان را بی اثر می‌کند. استفاده از موتورسیکلت‌های مجهز به سامانهٔ پاشش سوخت افشانه‌ای حلقه بسته و واکنشگر سه کاره به عنوان یک راه حل برای این مشکل مطرح است.

www.SID.ir

Archive of SID

انجام آزمون مشابه بر ۴ موتورسیکلت مجهز به سامانهٔ افشانه‌ای حلقه بسته و واکنشگر سه کاره مبدل آلاینده‌ها نشان داد که ضریب انتشار منوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته این موتورسیکلت‌ها به طور متوسط ۸۷ و ۷۵ درصد کمتر از موتورسیکلت‌های کاربراتوری و بدون واکنشگر ناوگان فعلی تهران است. همچنین، ضریب انتشار اکسیدهای نیتروژن نیز در این موتورسیکلت‌ها بین ۲۰ تا ۸۰ درصد کمتر از ناوگان فعلی تهران است.



شکل ۸: مقایسه کل آلایندهٔ منتشر شده از ناوگان موتورسیکلت‌های شهر تهران در ساعت اوج رفت و آمد صبحگاهی با فرض ناوگان فعلی موتورسیکلت تهران و ناوگان موتورسیکلت افشانه‌ای و واکنشگر دار

تخمین کل انتشار آلاینده‌ها از موتورسیکلت‌های شهر تهران در ساعت اوج رفت و آمد صبحگاهی نشان داد که با فرض ثابت ماندن شرایط رفت و آمدی و تبدیل کل ناوگان حال تهران به موتورسیکلت‌های افشانه‌ای حلقه بسته و مجهز به واکنشگر سه کاره، کل انتشار کربن و هیدروکربن‌های نسوخته ناشی از موتورسیکلت‌ها در ساعت اوج رفت و آمد صبحگاهی تهران تقریباً ۸۸ درصد کاهش میابد.

همچنین، انتشار اکسیدهای نیتروژن ناشی از موتورسیکلت‌ها نیز تقریباً ۴۶ درصد کاهش میابد. علاوه بر این، می‌توان انتظار کاهش قابل ملاحظه آلایندهٔ ذرات معلق ناشی از موتورسیکلت‌ها را نیز داشت. البته این نتایج به دلیل استفاده از ضرایب انتشار آلاینده‌های حاصل از آزمون آلایندگی استاندارد اروپایی دارای خطا هستند.

در پایان، می‌توان نتیجه گرفت که تبدیل موتورسیکلت‌های ناوگان حمل و نقل تهران به موتورسیکلت‌های افشانه‌ای حلقه بسته و مجهز به واکنشگر سه کاره، راه حل مناسبی برای حل بخشی از معضل آلودگی هوای شهر تهران است.

تشکر و قدردانی

از شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت که هزینهٔ این تحقیق را فراهم آورد و همچنین، از آزمایشگاه شاسی لگام ترمز موتورسیکلت توان سازان ایران برای همکاری فراوان در انجام آزمون‌های شاسی لگام ترمز صمیمانه تشکر می‌گردد.

فهرست علائم

EF	ضریب انتشار آلاینده
HCR	نسبت هیدروژن به کربن در ترکیب مولکولی سوخت
L	طول مسیر رفت و آمد
n	تعداد کل معابر رفت و آمد
N	تعداد وسایل نقلیه در معبر رفت و آمد
X	نسبت مولی یک گاز در محصولات احتراقی

علائم یونانی

λ	نسبت هوا به سوخت نسبی

مراجع

[۱] گزارش سالانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۳، شرکت پایش کیفیت هوا، ۱۳۹۴.

[۲] حسین شهبازی، مهدی بابای، حسین افشین و وحید حسینی، سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲، شرکت پایش کیفیت هوا، ۱۳۹۴.

[3] N. N. Mayku, *et al.*, Source apportionment of PM2. 5 at an urban IMPROVE site in Seattle, Washington. Environmental Science & Technology, Vol. 37, No. 22, pp: 5135-5142, 2003

[4] X. Querol, *et al.*, Source origin of trace elements in PM from regional background, urban and industrial sites of Spain. Atmospheric Environment, Vol. 41, No. 34, pp: 7219-7231, 2007

www.SID.ir

Archive of SID

[5] J.-H. Tsai *et al*., Air pollutant emission factors from new and in-use motorcycles. Atmospheric Environment, Vol. 34, No. 28, pp: 4747-4754, 2000
[6] C. -C. Chan *et al.*, Comparison of tail-pipe emissions from motorcycles and passenger cars. Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 45, no. 2, pp: 116-124, 1995
[7] Y. -C. Yao, *et al*., Comparison of exhaust emissions resulting from cold-and hot-start motorcycle driving modes. Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 59, No. 11, pp: 1339-1346, 2009
[8] K. Chen *et al.*, Motorcycle emissions and fuel consumption in urban and rural driving conditions. Science of the total Environment, Vol. 312(1): p. 113-122, 2003
[9] A. -M. Vasic and M. Weilenmann, Comparison of real-world emissions from two-wheelers and passenger cars. Environmental science & technology, Vol. 40, No. 1, pp: 149-154, 2006
[10] M. A. Costagliola, F. Murena, and M. V. Prati, Exhaust emissions of volatile organic compounds of powered two-wheelers: Effect of cold start and vehicle speed. Contribution to greenhouse effect and tropospheric ozone formation. Science of The Total Environment, Vol. 468, pp: 1043-1049, 2014
[11] P. Cicero-Fernández, J.R. Long and A.M. Winer, Effects of grades and other loads on on-road emissions of hydrocarbons and carbon monoxide. Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 47, No. 8, pp: 898-904, 1997
[12] V. Franco *et al.*, Road vehicle emission factors development: A review. Atmospheric Environment, Vol. 70, pp: 84-97, 2013
[13] M. L. Traver, *et al.*, Interlaboratory cross-check of heavy-duty vehicle chassis dynamometers, SAE Technical Paper, 2002
[14] G. Mellios, *et al.*, Parameterisation of fuel consumption and CO2 emissions of passenger cars and light commercial vehicles for modelling purposes, Publications Office, 2011
[16] J. B. Heywood, Internal combustion engine fundamentals. Vol. 930: Mcgraw-hill New York, 1988
[17] S. R. Turns, An introduction to combustion. 2nd.: MacGraw Hill Boston, 2000

www.SID.ir

Archive of SID

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Investigating the effect of using catalytic converters and changing fuel supply system on motorcycle emission performance

A. Hassani[1*], V. Hosseini[2]

[1] Sharif University of Technology, Tehran,Iran, amin.hassani@outlook.com
[2] Sharif University of Technology, Tehran, Iran, vhosseini@sharif.edu
[*] Corresponding Author, Telephone Number: +98-2166165503

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 20 December 2015
Accepted: 17 February 2016

Keywords:
Motorcycle
Tehran
Carburetor
Injector
Catalyst

ABSTRACT

As motorcycles are named as one of the important air pollution emission sources in Tehran, investigating their emission performance and finding a solution for reducing their emission is of high importance. In this study, emission factors from 60 motorcycles from Tehran's present fleet and 4 closed loop injection fuel supply system and catalytic converter equipped motorcycles were measured. Measurements were taken in chassis dynamometer Laboratory according to Euro-3 standard procedure in ECE driving cycle. Tests results showed that CO emission factor from Tehran's present motorcycles are 7 times higher than Euro-3 certification limit. It was indicated that about 40% of carbon in fuel burns to incomplete combustion product in Tehran's present motorcycles. Using carburetor fuel supply system is responsible for this emission performance. Test results showed that CO and THC emission factors of injection and catalyst equipped motorcycles are 87% and 75% less than that of Tehran's present motorcycles respectively. Total pollutants emissions caused by Tehran's motorcycles in morning peak hour were estimated. It was revealed that, by replacing Tehran's present motorcycle with closed loop injection fuel supply system and catalyst equipped motorcycles, CO, THC and NO_X emissions from motorcycles in morning peak hour would reduce by 88, 88 and 46% respectively.

© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.

www.SID.ir