

نوفه‌ی تایر و نوفه‌ی خودرو؛ ضرورت، استانداردها و روش‌های اندازه‌گیری در میدان آزمون

Tire Noise and Vehicle Noise; Necessity, Standards and Methods of Measurement on Test Track

چکیده:

نوفه‌ی ترافیک شایع‌ترین مشکل زیست‌محیطی سالیان اخیر در اتحادیه‌ی اروپا است. در سرعت‌های پایین نوفه‌ی واحد قدرت و در سرعت‌های متوسط و بالا نوفه‌ی تایر/جاده، نوفه‌ی غالب خودرو است. با رشد صنعت و ترافیک، اهمیت موضوع‌های زیست‌محیطی و جنبه‌ی اقتصادی موضوع نوفه، پیش‌بینی می‌شود نوفه‌ی تایر/جاده، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی جهان در دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی شود. بر اساس مطالعه‌های پژوهشگاه TNO در هلند، منافع کاهش نوفه‌ی تایر (در حوزه‌ی سلامت، رفاه و ذخیره‌ی منابع مالی) ۳۰ برابر بیشتر از هزینه‌های آن است؛ بنابراین تدوین و اعمال محدودیت‌های اجباری بر نوفه‌ی تایر/جاده و خودرو توسط سازمان‌های بین‌المللی آغاز شده است. محدودیت‌های نوفه‌ی خودروها بسته به کلاس خودرو، مقداری در بازه‌ی dBA است. استانداردهای اروپایی نوفه‌ی تایر/جاده در قالب آیین‌نامه‌ی ECE/Regulation 117 منتشر شده است. در این قانون، روش "موتور خاموش" برای اندازه‌گیری نوفه‌ی تایر/جاده، تشریح و رعایت محدودیت‌های گام دوم آن (DbA برای تایرهای C1)، از سال ۲۰۱۲ میلادی اجباری شده است. اعمال محدودیت‌های سخت‌تر توسط UNEC در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰ میلادی قابل پیش‌بینی است. در نتیجه می‌توان گفت تایر سازان و خودروسازان داخلی، برای پیشرو ماندن در عرصه‌ی رقابتی تولید، باید توسعه در زمینه‌ی نوفه را جزو اولویت‌های اساسی خود قرار دهند. لازمه‌ی توسعه در زمینه‌ی نوفه‌ی ترافیک، تدوین استانداردهای جامع و داشتن امکانات اندازه‌گیری است. در ایران استاندارد نوفه‌ی خودرو INSO 4243، تدوین و در آن روش اندازه‌گیری و محدوده‌ی مجاز صدای خودرو، در حالت‌های "سرعت ثابت"، "شتاب ثابت" و "سکون" تشریح شده است؛ اما هنوز استاندارد پُراهمیت نوفه‌ی تایر/جاده تدوین نشده است. گروه صنعتی بارز با احداث میدان آزمون و تهیه‌ی تجهیزات دقیق اندازه‌گیری نوفه‌ی تایر و خودرو، انجام آزمون‌های استاندارد نوفه را در کشور امکان‌پذیر ساخته است. بارز با فراهم آوردن بیش از ۹۵ درصد شرایط استاندارد آزمون نوفه‌ی تایر/جاده، در آستانه‌ی تبدیل شدن به یک آزمایشگاه مرجع بین‌المللی است.

واژه‌های کلیدی: نوفه‌ی ترافیک؛ نوفه‌ی تایر/جاده؛ تایر؛ نوفه‌ی خودرو؛ میدان آزمون؛ استاندارد تایر؛ روش موتور خاموش؛ گروه صنعتی بارز.

نوع مقاله: پژوهشی

مصطفی ایران نژاد پاریزی^(۱) و عبدالرضا اوحدی همدانی^(۲)

۱- تهران، خیابان آزادی، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده‌ی مهندسی مکانیک

۲- تهران، خیابان حافظ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده‌ی مهندسی مکانیک، آزمایشگاه تحقیقاتی آکوستیک

* عهده‌دار مکاتبات: a_r_ohadi@aut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۷

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۴

مقدمه

امروزه برخی از صداهای موجود در محیط زندگی فرح‌بخش و مایه‌ی آرامش است؛ اما برخی صداها نه تنها آرامش‌بخش نیست، بلکه شدت و بسامد آن‌ها به گونه‌ای است که موجب آزار گوش و روح و روان انسان می‌شود. این صداها را بانام نوفه می‌شناسیم. بی‌شک یکی از نوفه‌هایی که امروزه در منطقه‌های مختلف شهری و غیرشهری به گوش می‌رسد، سروصدای خودروهای در حال حرکت در خیابان‌ها و جاده‌ها، موسوم به نوفه‌ی ترافیک است. نوفه‌ی ترافیک به‌عنوان شایع‌ترین مشکل زیست‌محیطی سالیان اخیر در اتحادیه‌ی اروپا شناخته‌شده است.

در وسیله‌های نقلیه‌ی موتوری منابع مختلف نوفه وجود دارد که برآیند آن‌ها نوفه‌ی ترافیک را تشکیل می‌دهد [۱]. یکی از مهم‌ترین این منابع، صدای غلتش تایر خودرو روی سطح جاده است؛ که معمولاً با عنوان نوفه‌ی تایر/جاده شناخته می‌شود. امروزه نوفه‌ی تایر/جاده و اقدام برای کاهش آن در رأس بحث‌های همایش‌ها و محفل‌های علمی نوفه در سراسر جهان قرار گرفته است. یک دلیل این امر اهمیت اقتصادی، صنعتی و زیست‌محیطی موضوع است. دلیل دیگر این است که امروزه برای مردم روشن شده است که نوفه‌ی ترافیک، معضل اساسی بزرگراه‌ها و جاده‌هاست [۲]؛ و برای رفع این مشکل، یا باید جلوی پیشرفت صنعت را گرفت؛ و یا این‌که برای کاهش نوفه‌ی تایر/جاده اقدام‌هایی انجام داد. با توجه به غیرعقلایی بودن جلوگیری از پیشرفت صنعت، موضوع کاهش نوفه‌ی تایر/جاده بسیار اهمیت پیدا کرده است.

اگرچه در سال‌های اخیر، صنعت تولید تایر در ایران رشد چشم‌گیری داشته، اما کاهش نوفه‌ی تایر/جاده در ایران، بدون اغراق با پیشرفت محسوسی همراه نبوده است؛ اما همگام با رشد صنعت تایر و افزایش روزافزون اهمیت این موضوع، باید

اقدام‌هایی برای بهبود نوفه‌ی تایر/جاده و به‌تبع بهبود نوفه‌ی ترافیک انجام شود.

سهم نوفه‌ی تایر/جاده از نوفه‌ی ترافیک

هر وسیله‌ی نقلیه‌ی موتوری هنگام کارکرد خود، از منابع گوناگونی نوفه تولید می‌کند. منابع نوفه‌ی خودرو را به‌طور کلی به سه دسته تقسیم می‌کنند [۳]:

۱- نوفه‌ی واحد قدرت (مربوط به موتور، پروانه، اگزوز و واحد انتقال قدرت)

۲- نوفه‌ی آیرودینامیک (ناشی از جریان مغشوش هوا در اطراف و داخل خودرو)

۳- نوفه‌ی تایر/جاده.

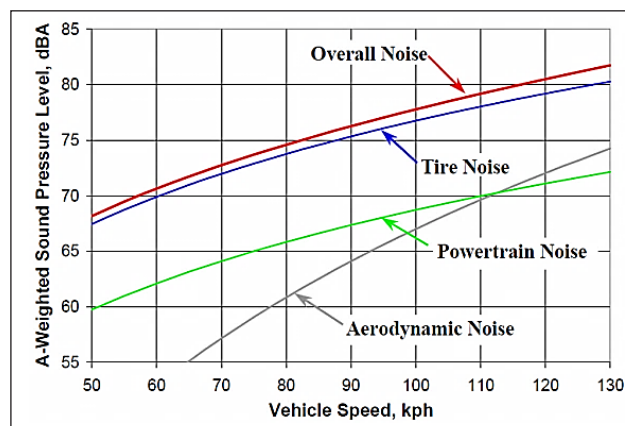
اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی فعالیت‌های مرتبط با کاهش نوفه‌ی خودرو، روی واحد قدرت خودرو متمرکز بود. از اواخر دهه‌ی ۸۰ میلادی با کاهش چشم‌گیر منابع نوفه‌ی واحد قدرت خودرو، تایر عمده‌ترین منبع ایجاد نوفه در خودروها شد [۱]. به‌طور خلاصه می‌توان گفت در سرعت‌های پایین، نوفه‌ی واحد قدرت و در سرعت‌های بالا، نوفه‌ی تایر/جاده نوفه‌ی غالب خودرو است و یک سرعت مشخص به نام "سرعت عبور" وجود دارد که در آن سهم هر یک از این نوفه‌ها تقریباً با هم برابر است. سرعت عبور در حالت رانندگی با سرعت ثابت، حدود ۴۰ تا ۵۰ km/h برای سواری و ۶۰ تا ۷۰ km/h برای کامیون بیان شده است [۲]. امروزه ما می‌دانیم که در شرایط کنونی سرعت عبور بسیار پایین‌تر آمده است؛ چراکه اقدام‌های موفقی در راستای کم کردن سروصدای واحد قدرت خودرو انجام شده است. شکل (۱) سهم منابع گوناگون نوفه‌ی ترافیک را نشان می‌دهد. البته این منحنی‌ها برای تایرها، خودروها و جاده‌های مختلف متفاوت است، اما از لحاظ کیفی به‌درستی منابع نوفه‌های مختلف را با هم مقایسه می‌کند

می‌شود [۲] و بیشترین میزان حساسیت گوش انسان نیز در ۱۰۰۰ هرتز است. علاوه بر آزاری که از راه گوش به انسان می‌رسد، این نوفه‌ها می‌تواند باعث به خطر افتادن سلامتی، ایجاد مشکل در هنگام صحبت کردن و همچنین مانع رشد بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها و در نتیجه مانع توسعه اقتصادی شود.

با توجه به پیشرفت روزافزون صنعت در کشورهای جهان، افزایش ترافیک در تمامی کشورها، موضوع‌های زیست‌محیطی ایجادشده ناشی از نوفه، جنبه‌ی اقتصادی این موضوع و... پیش‌بینی می‌شود در دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی "کاهش نوفه‌ی تایر/جاده"، نه‌تنها در اروپا بلکه در سراسر جهان، به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی و دغدغه‌های محفل‌های علمی تبدیل شود. با توجه به اهمیت این موضوع از لحاظ صنعتی، اقتصادی، زیست‌محیطی و سلامت روانی بشر، باید هر چه سریع‌تر برای کاهش نوفه‌ی تایر/جاده تدبیرهای لازم اندیشیده و اقدام‌های لازم آغاز شود.

نزدیک به دو دهه است که این تدبیرها و اقدام‌ها به‌صورت جدی در اروپا پی‌گیری می‌شود؛ بنابراین ما نیز برای این‌که بتوانیم در صنعت روبه رشد تایرسازی، حضور خود را در عرصه‌ی رقابت بین‌المللی حفظ کرده و با اقتدار به پیشرفت خود ادامه دهیم، هزینه‌های ناشی از سروصدای ترافیک (مانند هزینه‌ی عایق‌های صوتی، هزینه‌های درمان و سلامت روان انسان‌ها و...) را کاهش دهیم و با توسعه‌ی نظام حمل‌ونقل در کشور، توسعه‌ی صنعتی را با سرعتی بیشتر ادامه دهیم، باید با استفاده از تجربه‌های دیگران در این زمینه و با اتکا به توانایی پژوهش‌گران کشورمان، هرچه زودتر در راستای کاهش نوفه‌ی تایر/جاده گام برداشته و در صنعت پیشرفته‌ی ساخت تایر همچون گذشته، در آینده نیز سرآمد کشورهای منطقه باشیم.

مقصود نهایی کمک به پیشبرد فرایند مهم کاهش نوفه‌ی تایر/جاده



شکل ۱- سهم منابع گوناگون نوفه‌ی ترافیک بزرگراه‌ها [۴].

می‌دانیم که اگر دو منبع نوفه با قدرت یکسان داشته باشیم، سطح نوفه‌ی کلی ۳ dB بیشتر از سطح نوفه‌ی هر منبع خواهد بود؛ بنابراین می‌توان گفت نوفه‌ی واحد قدرت با نوفه‌ی تایر/جاده برابر است، اگر نوفه‌ی کلی خودرو ۳ dB بالاتر از نوفه‌ی تایر/جاده باشد؛ و اگر سطح نوفه‌ی کلی خودرو کمتر از "نوفه‌ی تایر/جاده + ۳ dB" باشد، نوفه‌ی تایر/جاده غالب است. بر اساس این استدلال در شکل ۲ دیده می‌شود که در تمامی سرعت‌های بالاتر از ۵۰ km/h، نوفه‌ی تایر/جاده غالب است. این موضوع یعنی در عمل در شرایط رانندگی بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها و حتی در شرایط رانندگی شهری در سرعت ثابت، نوفه‌ی تایر/جاده همواره غالب است. در مورد خودروهای سنگین، در حالت سرعت ثابت، در سرعت‌های بالای ۴۰ km/h نوفه‌ی تایر/جاده غالب است [۲].

اهمیت نوفه‌ی تایر/جاده

نوفه‌ی تایر (و بالطبع آن نوفه‌ی ترافیک) در بزرگراه‌ها یک مشکل زیست‌محیطی، چه در منطقه‌های شهری و چه در منطقه‌های غیرشهری محسوب می‌شود. این نوفه اثرهای مخربی روی زندگی بشر ایجاد کرده است. تقریباً ۷۰ درصد انرژی نوفه‌ی تایر در مقیاس A، در اکتاو ۱۰۰۰ Hz تولید

قانون‌ها، استانداردها و محدودیت‌های موجود در زمینه‌ی نوفه‌ی تایر/جاده

در دهه‌های پایانی قرن نوزدهم سازندگان تایر و خودرو در کاهش نوفه‌ی داخلی خودرو بسیار موفق عمل کردند؛ اما در زمینه‌ی مهم‌ترین عامل نوفه‌ی بیرونی خودرو، یعنی نوفه‌ی تایر/جاده، نه‌تنها کاهش محسوسی دیده نشد، بلکه برخی شواهد افزایش اندک نوفه‌ی تایر/جاده را نشان می‌داد [۷]. دلیل این امر را می‌توان نبود قانون مستقیم بر روی نوفه‌ی تایر/جاده از یکسو و تمایل عمومی به تایرهای پهن‌تر برای افزایش کارایی خودرو در سرعت‌های بالا از سوی دیگر دانست. از سال ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۵ میلادی کارگروه نوفه کمیسیون اتحادیه‌ی اروپا، با هدف بهبود قانون موجود تایرها (EC/92/23)، از راه ایجاد محدودیت نوفه برای تایرها تشکیل شد و سعی در محدودسازی نوفه‌ی غلتشی تایرها بر روی سطح جاده داشت [۸]. ابتدا ترس آن می‌رفت که با محدودسازی نوفه‌ی تایر/جاده، ایمنی تایر کاهش یابد. البته هنوز بررسی موثقی بر روی این موضوع انجام نگرفته بود. در سال ۲۰۰۰ میلادی دو بررسی جدا بر روی این موضوع انجام شد و بیش از ۱۰۰ تایر مورد آزمایش قرار گرفت.

این دو بررسی کاملاً مستقل از یکدیگر، با تفاوت‌های بسیار در طراحی، به نتیجه‌ی یکسانی دست یافتند: نه‌تنها هیچ تضادی بین ملزومات نوفه‌ی کم و اصطکاک بالا (ایمنی بیشتر) وجود ندارد؛ بلکه اگر هرگونه رابطه‌ی بین نوفه و مقاومت غلتشی تایر وجود داشته باشد، این رابطه‌ی (ضعیف) مثبت است [۲]؛ بنابراین بهبود بخشیدن نوفه‌ی تایر/جاده با حفظ کردن سایر ویژگی‌های تایر امکان‌پذیر خواهد بود [۲ و ۹]. سرانجام کمیسیون اتحادیه‌ی اروپا (EC) پس از بررسی‌های بسیار، قانون EC/2001/43 را به تصویب رساند [۸]. پیرو قانون EC/2001/43 آیین‌نامه‌ی ECE/Regulation 117 پس از طبقه‌بندی تایرهای گوناگون برحسب کاربرد و اندازه،

در کشور و بهره‌مند شدن از منافع بسیار این امر (که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد) است. بی‌شک برای دستیابی به کاهش نوفه‌ی ترافیک بزرگراه‌ها و جاده‌ها اقدام‌های یک گروه یا سازمان خاص، به نتیجه‌ی مطلوب نخواهد رسید؛ بنابراین باید بسیاری از نهادهای دولتی و خصوصی داخل کشور (مانند سازمان‌ها، نهادهای قانون‌گذار، مراکزهای مرتبط با راه‌سازی، ترابری جاده‌ای و ...) با همکاری یکدیگر، طرح برنامه‌های مشخص، تعریف ده‌ها پروژه‌ی پژوهشی، همکاری و ارتباط صنعت و دانشگاه به انجام اقدام‌های لازم در این زمینه‌ی بپردازند.

قانون‌ها، استانداردها و محدودیت‌های موجود در زمینه‌ی نوفه‌ی خودرو

نخستین استاندارد مربوط به نحوه‌ی اندازه‌گیری نوفه‌ی خارجی خودرو استاندارد ISO 362 بود که پیش‌نویس آن در سال ۱۹۶۰ میلادی تهیه و اولین نسخه‌ی رسمی آن در سال ۱۹۶۴ میلادی منتشر شد [۳]. این استاندارد شامل موتورسیکلت‌ها، خودروهای سبک و سنگین می‌شود [۵]. یکی دیگر از قانون‌های مهم اتحادیه‌ی اروپا در زمینه‌ی نوفه‌ی خارجی خودروها ECE/Regulation No. 51 است. محدودیت‌های اعمال‌شده بر نوفه‌ی خودروها، بسته به کلاس خودرو، ظرفیت حمل مسافر/بار، توان و بیشینه جرم مجاز خودرو مقداری در بازه‌ی dBA ست. خوشبختانه در ایران استاندارد مخصوص نوفه‌ی عبوری خودرو، ISIRI 4243 [۶]، تدوین‌شده است. در این استاندارد روش اندازه‌گیری و محدوده‌ی مجاز صدای خودرو در سه حالت "گشت‌زنی خودرو (سرعت ثابت)"، "تخته‌گاز (شتاب ثابت)" و "سکون (صدای آگزوز)" به همراه شیوه‌ی تحلیل داده‌های به‌دست آمده تشریح شده است.

به بیان شرایط لازم برای پذیرش استاندارد نوفه می‌پردازد. شرایط مختلف به‌طور مفصل تشریح شده و پس از شرح جرمه‌های نداشتن استاندارد، مارک مناسب این استاندارد و ابعاد آن معرفی می‌شود. این امر نیاز به شرح کامل روش استاندارد اندازه‌گیری نوفه‌ی تایر داشت [۳] که در ضمیمه‌ی این قانون، شرح روش موتور خاموش برای اندازه‌گیری نوفه‌ی تایر/جاده، ویژگی‌های جاده‌ی آزمایش و تلورانس‌های تجهیزات اندازه‌گیری آورده شده است [۱۰]. در جولای ۲۰۰۹ میلادی قانونی (EC No 661/2009) با سه هدف اصلی در اتحادیه‌ی اروپا مصوب شد. سومین هدف این قانون، ملزومات تأیید تایرهای تازه تولید از لحاظ ایمنی، عملکرد مقاومت غلتشی و نوفه منتشر شده بود. در ضمیمه‌ی دوم این قانون که از نوامبر ۲۰۱۱ میلادی لازم‌الاجرا اعلام شده بود، جدول‌هایی آورده شده است که محدودیت‌های شدیدتری (نسبت به 2001/43/EC) بر روی نوفه‌ی مجاز تایرهای مختلف اعمال کرده است. این محدودیت‌ها، موسوم به محدودیت‌های "گام دوم"، برای تایرهای مختلف در جدول (۱) ارائه شده است [۱۱].

قانون 1222/2009 اتحادیه‌ی اروپا که در نوامبر ۲۰۰۹ میلادی تدوین شد، باهدف افزایش ایمنی، کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی حمل‌ونقل جاده‌ای از راه ترویج تایرهای با مصرف سوخت مناسب و ایمن داری سطح‌های نوفه‌ی پایین یک برچسب مشخص را معرفی می‌کند که خریداران بتوانند هنگام خرید، انتخابی آگاهانه داشته باشند [۱۲]. این قانون از ۱ نوامبر ۲۰۱۲ میلادی اجباری اعلام شد. البته حدود ۸ سال طول می‌کشد تا منافع یک استاندارد اجباری در این زمینه

به حد کمال برسد؛ به‌عبارت‌دیگر در سال ۲۰۲۰ میلادی باید منتظر نتیجه‌های استانداردها و محدودیت‌های اعمال شده در سال ۲۰۱۲ میلادی بود [۱۳].

منافع کاهش نوفه‌ی تایر ۳۰ برابر بیشتر از هزینه‌های آن
کاهش نوفه‌ی ترافیک منافع و صرفه‌جویی‌های بسیاری در هزینه‌ها به همراه خواهد داشت. سازمان پژوهش‌های علمی کاربردی هلند، TNO، به کمک داده‌های موجود، هزینه‌ها و منافع استانداردهای نوفه‌ی خودرو را، برآورد نموده است [۱۴]. شکل ۲ برآورد یک تحلیل هزینه-درآمد (برمبنای روش‌های کمیسیون اتحادیه‌ی اروپا)، به‌روشنی لزوم ایجاد محدودیت روی نوفه را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۲ اجرایی شدن گام دوم قانون منافع ۲۷۵ میلیارد یورویی در برابر هزینه‌های ۷ میلیارد یورویی، نسبت منفعت به هزینه‌ی ۳۹ به ۱ را در پی خواهد داشت [۱۴]. در صورتی‌که محدودیت‌های گام دوم قانون، برای خودروهای تمامی گروه‌ها تا سال ۲۰۲۰ میلادی، ۲ دسی‌بل کاهش داده شود (پیشنهاد اولیه‌ی گام سوم، مربوط به سال ۲۰۱۲ میلادی)، شمار مردمی که به‌شدت از نوفه‌ی ترافیک آسیب می‌بینند به میزان ۳۹ درصد کاهش خواهد یافت. به‌علاوه ۸ میلیون نفر کمتر دچار آشفته‌گی خواب خواهند شد (۲۹ درصد کاهش). در مجموع، منافع کاهش نوفه (سلامت، رفاه و نخیره کردن هزینه‌ها) در طول ۲۰ سال به ۳۲۶ میلیارد یورو می‌رسد که معادل افزایش شاخص GDP (تولید ناخالص داخلی) اروپا به میزان ۰٫۱ درصد است. منافع سلامتی که ناشی از کاهش چشم‌گیر شمار مردم در

جدول ۱- محدودیت‌های EC No 661/2009 (معادل Stage 2 آئین‌نامه‌ی R.117) بر روی نوفه‌ی تایرهای گوناگون که از ابتدای دهی جاری لازم‌الاجرا شده است.

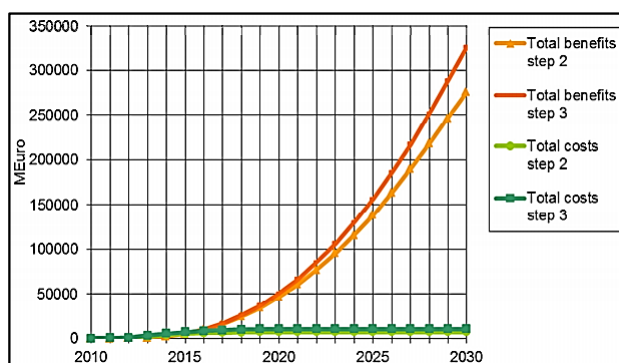
C3		C2		C1				دسته‌بندی تایر
Traction	Normal	Traction	Normal	275<W	245<W≤275	185<W≤245	W≤185	W: پهنا برحسب میلی‌متر
75	73	73	72	74	72	71	70	محدودیت‌های اجباری نوفه (dBA)

نوفه‌ی اندازه‌گیری‌شده در این روش می‌تواند به‌طور مستقیم برای برآورد نوفه‌ی تایر/جاده‌ی خودروهای ترافیک واقعی، به‌ویژه در حالت سرعت ثابت، مورد استفاده قرار گیرد. از سوی دیگر این روش نتیجه‌های عادلانه‌ای به‌دست می‌دهد. به‌ویژه این‌که مقادیرهای اندازه‌گیری‌شده، با تعداد تکرارهای کافی دقیق و دقیق‌تر می‌شوند [۳].

شکل ۳ طرح یک مکان مناسب آزمون و کمینه‌ی سطحی را که باید توسط آسفالت مخصوص ISO 10844 پوشانده شود، نشان می‌دهد. محل انجام آزمایش شامل یک بخش مرکزی‌ست که توسط یک سطح آزمون کاملاً تخت احاطه شده است. بخش اندازه‌گیری باید یکنواخت و تراز باشد؛ سطح آزمون نیز باید برای تمامی اندازه‌گیری‌ها خشک و تمیز باشد. محل آزمون باید به‌گونه‌ای باشد که شرایط Free-field بین منبع صوت و میکروفون برقرار باشد. این شرایط در حالتی برقرار است که هیچ شیء بزرگ منعکس‌کننده‌ی صوت، مانند حصارها، صخره‌ها، پل‌ها یا ساختمان‌های بزرگ تا ۵۰ متری مرکز بخش اندازه‌گیری وجود نداشته باشد (شکل ۳). بخش مرکزی محل آزمون، به شعاع حداقل ۱۰ متر باید عاری از هرگونه برف، گیاهان و علف بلند، خاک سست، خاکستر و هر چیز از این‌دست باشد. هیچ مانع یا شخصی که بر میدان صوتی اطراف میکروفون تأثیرگذار باشد، نباید وجود داشته باشد. سطح نوفه‌ی پس‌زمینه (شامل هرگونه نوفه‌ی باد و ...) باید حداقل ۱۰ dB(A) کمتر از سطح صوت اندازه‌گیری شده‌ی ناشی از غلتش تایر باشد [۱۵].

شرایط جوئی: اندازه‌گیری دمای هوا و دمای سطح آزمون الزامی‌ست. دماسنج مربوطه باید حداقل دارای دقت $\pm 1^\circ\text{C}$ باشد. دماسنج هوا باید در نزدیک میکروفون و در معرض جریان هوا بوده و در عین حال مانع صوت و تحت تابش نور مستقیم خورشید نباشد. دماسنج سطح آسفالت (تماسی یا تابشی) باید نمایانگر دمای محل تماس تایر و جاده باشد و

معرض نوفه‌ی جاده، پس از ۱۰ سال، عاید کشورهای اروپایی خواهد شد، ۸۹ میلیارد یورو برآورد شده است. علاوه بر آن، افزایش نرخ‌ها در ناحیه‌های ساکت‌تر نشان می‌دهد که مردم برای دوری از سروصدای ترافیک، بیشتر به این ناحیه‌ها روی می‌آورند؛ منافع این مورد حدود ۲۲۹ میلیارد یورو برآورد شده است. در صورتی‌که جلوی نوفه از منبع آن، یعنی خودرو گرفته شود، دیگر لازم نیست دولت‌ها و مردم هزینه‌های گزافی برای عایق‌های صوتی و مانع‌های نوفه بپردازند. ذخیره‌ی پول از این منبع حدود ۸ میلیارد یورو برآورد شده است. بر اساس مطالعه‌ی TNO، اجرای گام سوم پیشنهادی منافع ۲۲۶ میلیارد یورویی در برابر هزینه‌های ۱۰ میلیارد یورویی، نسبت منفعت به هزینه‌ی ۳۲ به ۱ را نشان می‌دهد [۱۴].



شکل ۲- جمع برآورد هزینه‌ها و منافع ناشی از محدودیت‌های گام دوم اعمال‌شده و گام سوم پیشنهادی (dB2 کمتر از گام دوم) [۱۴].

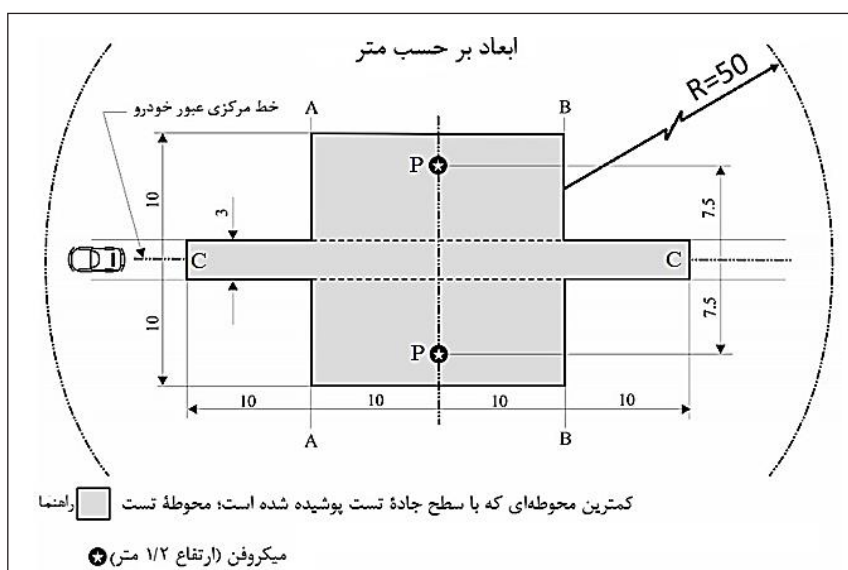
اندازه‌گیری نوفه‌ی تایر/جاده به روش موتورخاموش

محل آزمایش و نوفه محیط: در روش موتورخاموش، هدف ثبت بیشینه‌ی سطح صدای منتشرشده توسط میکروفون‌های کنار جاده، هنگام عبور خودرو در حالت خلاص و موتورخاموش است. نتیجه‌های نهایی، به کمک تحلیل رگرسیون خطی، برای سرعت مرجع به‌دست خواهد آمد. روش موتورخاموش، بیشتر از سایر روش‌ها نشان‌دهنده‌ی رفتار ترافیک واقعی‌ست. سطوح

خودرو فقط به واسطه نیروهای اینرسی به جلو رانده می‌شود و فرض می‌شود که تنها نوفه‌ای که توسط میکروفون‌های دو سمت جاده ثبت می‌شود، نوفه‌ی تایر/جاده است [۳]. بیشینه‌ی سطح صوت برحسب dB(A) در بازه‌ی زمانی که خودرو در حالت موتورخاموش، از خط AA تا خط BB می‌رود، اندازه گرفته می‌شود. حداقل چهار اندازه‌گیری برای هر سمت خودروی آزمون در سرعت‌هایی کمتر از سرعت مرجع (80 km/h برای خودروهای سواری) و حداقل چهار اندازه‌گیری در سرعت‌هایی بیشتر از سرعت مرجع باید انجام شود. آزمون‌ها باید از هر دو سمت خودرو انجام شود. میکروفون‌ها (ها) باید به فاصله‌ی 0.75 ± 0.05 m از خط مرجع عبور خودرو (خط CC در شکل ۳) و 1.2 ± 0.2 m بالای سطح زمین قرار داده شود. سرعت خودرو باید هنگامی که جلوی خودرو به خط PP رسید، توسط دستگاه‌هایی با دقت ± 1 km/h یا بهتر اندازه‌گیری شود [۱۵]. سطح صوت غلتش تایر/جاده LR برحسب dB(A)، توسط یک تحلیل رگرسیون در سرعت مرجع مشخص می‌شود و پس از اعمال تصحیح دمایی و گرد کردن نتیجه‌ها، عدد نهایی نوفه گزارش می‌شود.

از طرفی در اندازه‌گیری صوت دخالت نداشته باشد. دستگاه اندازه‌گیری سرعت باد، باید بتواند سرعت باد را با دقت ± 1 m/s اندازه بگیرد. سرعت باد باید در ارتفاع میکروفون‌ها (ها) اندازه گرفته شده و راستای باد نسبت به راستای حرکت خودرو ثابت شود. هنگام آزمون، سرعت باد در محل میکروفون‌ها نباید از 5 m/s بیشتر باشد. اندازه‌گیری‌ها نباید در زمانی انجام شود که دمای هوا زیر 5°C یا بالای 40°C باشد؛ یا دمای سطح آزمون زیر 5°C یا بالای 50°C باشد [۱۵].

فرایند انجام آزمون: پس از انجام تمامی آماده‌سازی‌های لازم خودرو و تایرها (شامل بارگذاری خودرو، تنظیم فشار باد تایر و استفاده‌ی اولیه و گرم کردن تایرها)، خودروی آزمون باید در محبوه‌ی اندازه‌گیری (AA تا BB در شکل ۳)، در راستای یک خط مستقیم رانده شود، به طوری که صفحه‌ی طولی میانی خودرو حتی‌المقدور به خط CC نزدیک باشد. زمانی که جلوی خودرو به خط AA رسید، راننده ندمی خودرو را در حالت خلاص قرار می‌دهد و موتور خودرو را خاموش می‌کند [۱۵]. بر روی خط AA نباید هیچ صدایی از موتور خودرو شنیده شود. در طول مسیر آزمایش، بین خط‌های AA و BB در شکل ۳،



شکل ۳- کمینه‌ی ملزومات محبوه‌ی سطح آزمون نوفه‌ی تایر/جاده به روش موتورخاموش. سطح سایه زده شده "محبوه‌ی آزمون" نامیده می‌شود [۱۵]

میدان آزمون و تجهیزات اندازه‌گیری نوفه‌ی تایر/جاده و نوفه‌ی خودرو در داخل کشور

لازمی پیمودن مسیر توسعه، تدوین قانون‌ها و استانداردهای مشخص به‌عنوان راهبرد و داشتن تجهیزات و امکانات اندازه‌گیری، به‌عنوان ابزار نیل به هدف است. در این راستا، گروه صنعتی بارز با احداث میدان آزمون ویژه‌ی اندازه‌گیری سطح صدای خودرو و تایر، گامی استوار برای انجام آزمون‌های استاندارد نوفه‌ی تایر/جاده و نوفه‌ی خودرو در داخل کشور برداشته است. این گروه صنعتی پس از ایجاد شرایط و امکانات، تجهیزات دقیق سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مناسب اندازه‌گیری نوفه (شکل ۴)، توسط کارکنان متخصص خود، آزمون‌های نوفه بسیار روی ده‌ها تایر از دسته‌های گوناگون سواری و باری انجام داده و دقت و انطباق نتیجه‌های آزمون‌ها را با نتیجه‌های آزمایشگاه‌های معتبر بین‌المللی بررسی و اعتبارسنجی کرده است.



شکل ۴- میدان آزمون و امکانات و تجهیزات اندازه‌گیری نوفه‌ی تایر/جاده و نوفه‌ی خودرو، در میدان آزمون گروه صنعتی بارز

بارز که از تابستان ۱۳۹۶ تأییدیه‌ی اداری استاندارد ملی ایران را به‌عنوان یک آزمایشگاه معتبر، برای انجام آزمون‌های نوفه‌ی عبوری خودرو دریافت کرده است، تاکنون آزمون نوفه‌ی ده‌ها خودرو را برای مؤسسه‌های مختلف انجام داده است. این شرکت تیرساز داخلی هم‌اکنون با فراهم آوردن بیش از ۹۵ درصد شرایط استاندارد آزمون نوفه‌ی تایر/جاده، در آستانه‌ی دریافت تأییدیه‌ی بین‌المللی برای تبدیل‌شدن به یک آزمایشگاه مرجع جهانی است. روشن است که منافع این امر در آینده‌ی نزدیک شامل حال تمامی

تیرسازان و خودروسازان داخل کشور خواهد شد.

نتیجه‌گیری

از زمانی که بشر نسبت به نوفه‌ی تایر/جاده حساس شد تا زمانی که قانون‌هایی برای مشخص کردن محدودی مجاز این نوفه به تصویب رسید، سالیان سال به طول انجامید. تا سال ۲۰۰۰ میلادی اقدام‌های انجام‌شده در راستای کاهش نوفه‌ی تایر/جاده در نوفه‌ی ترافیک واقعی بهبودی ایجاد نکرد. رفته‌رفته در قرن ۲۱ میلادی در اروپا، قانون‌های مستقیم و متقنی برای کاهش نوفه‌ی تایر/جاده تصویب و به‌عنوان یک استاندارد برای تایرهایی که جدید تولید می‌شوند، شناخته شد. به‌موازات این امر، بسیاری از نهادهای دولتی و خصوصی سراسر اروپا عزم خود را جزم کردند و برنامه‌های بلندمدتی برای کاهش نوفه‌ی ترافیک، به‌ویژه نوفه‌ی تایر/جاده، مطرح کرده و بخش‌هایی از این برنامه‌ها را به مرحله‌ی اجرا رساندند. بنا به طرح سازمان حمل‌ونقل و محیط‌زیست اروپا، TE، زمان عملی شدن اقدام‌های لازم در زمینه‌ی مقاومت غلنتشی و نوفه‌ی تایرها بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰ میلادی اعلام شد. بر اساس این طرح اکنون در زمانی قرار داریم که اروپا منتظر است کاهش نوفه‌ی تایر/جاده را در ترافیک واقعی بزرگراه‌ها شاهد باشد؛ چراکه نزدیک به یک دهه از اعمال محدودیت بر نوفه‌ی تایرها می‌گذرد و طی این مدت، تایرهای خودروها حداقل یک بار تعویض شده‌اند. زمانی که نهادهای اروپایی و در صدر آن‌ها اتحادیه‌ی اروپا، کاهش محسوس نوفه‌ی ترافیک واقعی را مشاهده کنند، به‌طور قطع ضمن سخت‌گیرانه‌تر کردن قانون‌های نوفه‌ی تایر/جاده، با سرعتی دوچندان در راستای کاهش این نوفه حرکت خواهند کرد.

در این شرایط تقاضای بازار از یکسو و استانداردها و فناوری‌های جدید از سوی دیگر، نیاز به نوآوری و داشتن دیدگاه آینده‌نگر و تخصیص صحیح منابع را ضروری کرده

است؛ بنابراین باید ابتدا هدف‌هایی چون "رعایت محدودیت‌های نوفه‌ی تایر بر اساس استانداردهای اتحادیه‌ی اروپا برای توسعه‌ی صادرات و رقابت جهانی تایرسازان داخل کشور" و "کاهش نوفه‌ی ترافیک در کشور و بالطبع آن کاهش هزینه‌های گزاف جانبی" را چراغ راه قرار داد. سپس تلاش کرد تا بر اساس شرایط کنونی جهانی و مجموعه‌های تایرسازی و امکانات موجود در داخل کشور، راهبرد آتی و نقشه‌ی راه بلندمدت کشور در زمینه‌ی نوفه‌ی تایر، برای نیل به هدف‌های این‌چنینی، تدوین شود. پس از درک ضرورت‌های موجود در زمینه‌ی نوفه‌ی تایر و با نگاهی متفاوت به این موضوع، روشن می‌شود که گام برداشتن در این مسیر و مرحله‌های اجرایی آتی در زمینه‌ی نوفه‌ی تایر و خودرو، برای کشور، تایرسازان و خودروسازان داخلی بسیار مهم و جزو اولویت‌های اساسی آن‌هاست *IRM*

مراجع

1. L. Molisani, "A Coupled Tire Structure- Acoustic Cavity Model", Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering, Blacksburg, Virginia The United States of America, (May 7, 2004).
2. Sandberg Ulf, "Tire/road noise -- Myths and Realities", Plenary paper published in the proceedings of the 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, The Netherlands, (2001).
3. Ulf Sandberg, Jerzy A. Ejsmont, "Tire/road noise reference book", Informix SE- 59040 Kisa Sweden.
4. R. Bernhard, R. L. Wayson, "An introduction to Tire/Pavement Noise of Asphalt Pavement", Purdue University, University of Central Florida.
5. (ISO), "ISO 362- 1: Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles- Engineering method," ed, 2007.
- 6- استاندارد ملی ایران، ۴۲۴۳، "خودرو- تراز صدای مجاز و سیستم گزوز خودروهای موتوری- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون"، تجدیدنظر دوم، ۱۳۹۴.
7. Sandberg, Ulf: "The Effect of Regulations on Road Vehicle Noise- Final report by the I- INCE Working Party on Noise Emissions of Road Vehicles", Noise/News International, (September 2001), (<http://users.aol.com/inceusa/ince.html>).
8. Ulf Sandberg, "Possibilities to Reduce Noise Emission from the Tire/Road Interaction with Emphasis on the Swedish Situation", Swedish Road and Transport Research Institute (VTI) and Chalmers University of Technology, (2007).
9. Final Report SI2.408210 Tire/Road Noise, FEHRL Report, Volume 2.
10. U. Nations, "Regulation No. 117: Uniform provisions concerning the approval of tires with regard to rolling sound emissions and to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance," ed, 2011.
11. Regulation (EC) No 661/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning type- approval requirements for the general safety of motor vehicles, their trailers and systems, components and separate technical units intended therefor, EC 661/2009, 2009.
12. Regulation (EC) No 1222/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the labelling of tires with respect to fuel efficiency and other essential parameters, EC 1222/2009, 2009.
13. "Tire standards: addressing safety, climate change, traffic noise and resource use", European Federation for Transport & Environment, EC proposal for Tires in Type-approval Requirements for the General Safety of Motor Vehicles COD 2008/100, October 2008.
14. "New EU vehicle noise limits", European Federation for Transport & Environment, April 2012.
15. E/ECE/324/Rev.2/Add.116/Rev.2- E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.116/Rev.2. "Uniform provisions concerning the approval of tires with regard to rolling sound emissions and to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance", United Nations, 15 September 2011.

Tire Noise and Vehicle Noise; Necessity, Standards and Methods of Measurement on Test Track

M, Irannejad-Parizi¹ and A. Ohadi-Hamedani^{2,*}

1. Department of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Azadi Ave. Tehran, Iran.
2. Acoustics Research Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, Iran.

*Corresponding author Email: a_r_ohadi@aut.ac.ir

Received: October 2018, Accepted: November 2018

Abstract: Traffic noise is known as the most common environmental problem of recent years in the European Union. At low speeds, vehicle noise is dominated by power unit noise while at high speeds tire/road noise dominates. As the industry and traffic grow, due to the importance of environmental issues and the economic aspect of traffic noise, it is predicted that tire/road noise would be one of the greatest environmental challenges of the world, in the 2020s. According to TNO studies, the benefits of cutting tire noise, i.e., health and welfare benefits and saving money, outweigh the costs by more than 30 times. Consequently, mandatory limits on tire/road noise and vehicle noise have been developed and enforced by international organizations, in recent years. Vehicle noise limits are within the range of dBA, depending on vehicle class. European standards for tire/road noise are published as ECE / Regulation 117. In the regulation, “Coast-by” method is described to measure tire/road noise. Tire manufacturers have been obliged to meet the limitations of stage 2 of R117 since 2012. The limit values of stage 2 for C1 tires are in the range of dBA. It is predicted that tighter limitations on tire/road noise would be approved and applied by the UNECE in 2020 and 2030. Therefore, it can be said that tire and vehicle manufacturers should pay attention to noise development as one of their top priorities, in order to advance in the production field. Development of comprehensive standards and providing measuring equipment are necessary to develop in traffic noise field. Iranian vehicle noise standard, INSO 4243, has been developed, where the vehicle noise measurement method is explained and limit values of vehicle noise at three states, i.e., “constant speed”, “constant acceleration” and “stationary vehicle”, are presented. The important tire/road noise standard has not been developed and enforced, in Iran, yet. Barez Industrial Group has made it possible to perform standard noise tests in Iran, via constructing a standard test track and providing accurate equipment for measurement of tire and vehicle noise. More than 95% of the standard tire/road noise test requirements are provided in Barez test track, and the company will become an international reference laboratory of noise measurement, in near future.

Keywords: Traffic noise, Tire/road noise, Vehicle noise, Test track, Tire standard, Coast-by method, Barez Industrial Group.