ارزیابی میزان حفظ فشار باد تایر

Evaluation of Tire Air Retention

چکیده:

تنظیم مناسب فشار باد تایر و حفظ آن یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد تایر و مصرف بهینه سوخت خودرو می‌باشد. تایری که فشار باد آن کم باشد، نمی‌تواند شکل خود را حفظ کند و در تماس با جاده، تخت‌تر از حد قابل قبول خواهد بود. فشار کم باد تایر باعث انحراف بیشتر تایر در زمان چرخش می‌گردد که این مسأله گرمای درونی تایر را افزایش داده و سبب افزایش مقاومت غلتشی و افزایش مصرف سوخت تا ۵٪ خواهد شد. عوامل مختلفی چون دما، زمان تنظیم فشار باد، بار اعمال شده روی تایر در سرعت‌های بالا و عملکرد تایر در سطوح خشک و خیس، عواملی تأثیرگذار بر فشار باد تایر هستند. در شرایط ایده‌آل، فشار باد تایر در هر ماه حدود psi ۱ کاهش می‌یابد؛ این بدان معناست که اگر فشار باد تایر برای مدت زمان ۲ تا ۳ ماه تنظیم نگردد، ممکن است تایر پس از آن مدت، psi ۳-۲ کاهش فشار را تجربه نماید. از این رو، به جهت اهمیت موضوع، روش‌هایی جهت پایش فشار باد تایر ایجاد شده‌اند. یکی از این روش‌ها، سامانه TPMS است که روشی برخط جهت پایش فشار باد تایر نصب شده روی خودرو می باشد. روش آزمون دیگری نیز (ASTM F-1112) جهت ارزیابی آهنگ کاهش فشار باد تایرها پیش از نصب روی خودرو تعریف شده است. مطالعه حاضر، مروری بر عوامل مؤثر بر کاهش فشار باد تایر و روش‌های ارزیابی میزان حفظ فشار باد تایر است.

واژه‌های کلیدی: فشار باد تایر، حفظ فشار باد تایر، آستری داخلی تایر، نفوذپذیری هوا

نوع مقاله: مروری

شبنم عزالدین[1و*]، علی عباسیان[2]

۱- کارشناسی ارشد. کارشناس ارشد تحلیل تکنولوژی، تهران، ایران
۲- دکترای تخصصی. استادیار. عضو هیأت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی پلیمر، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**

sh.ezzoddin@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۲
تاریخ بازنگری:۱۳۹۸/۰۴
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۴

مقدمه:

تنظیم مناسب فشار باد تایر و حفظ آن یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد تایر و مصرف بهینه سوخت خودرو می‌باشد. در واقع این فشار هوای داخل تایر است که وزن خودرو را پشتیبانی می‌کند. اگر فشار باد تایر از مسیر بدنه تایر در طی کار کم شود، دو اتفاق کلیدی در تایر رخ می‌دهد: یکی

افزایش مصرف سوخت خودرو و کارایی کمتر تایر است و دیگری، نفوذ اکسیژن در لایه‌های مختلف تایر است که منجر به کاهش عمر تایر در دمای زیاد (در سرعت یا بار زیاد) می‌شود و از این منظر هم برای مصرف‌کننده و هم طراح تایر مساله‌ی مهمی است. در این مطالعه، سعی بر این است که عوامل مختلف مؤثر بر فشار باد تایر مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های آزمون مربوط معرفی و تشریح گردند.

تایری که فشار باد آن کم باشد، نمی‌تواند شکل خود را حفظ کند و در تماس با جاده، تخت‌تر از حد قابل قبول خواهد بود. فشار کم باد تایر باعث انحراف بیشتر تایر در زمان چرخش می‌گردد که این مسأله گرمای درونی تایر را افزایش داده و سبب افزایش مقاومت غلتشی و افزایش مصرف سوخت تا ۵٪ خواهد شد؛ هم‌چنین کنترل فرمان خودرو دشوار خواهد شد. psi ۶ کاهش فشار باد تایر در واقع معادل کاهش حدود ۲۰٪ از فشار باد تایر است [۱].

اگر یک وسیله نقلیه فقط با یک تایر کم باد به میزان psi ۸ (۵۶ KPa) کمتر از حد استاندارد حرکت کند، عمر تایر ۹۰۰۰ مایل کمتر شده و مصرف سوخت خودرو ۴٪ افزایش می‌یابد [۱]. به دلیل اهمیت موضوع، سامانه‌ای برای پایش فشار تایر به نام TPMS تعریف شده است که روشی کنترلی برای پایش فشار تایرهای نصب شده روی خودرو بوده و وظیفه آن نشان دادن میزان باد تایرها به راننده می‌باشد. این سامانه به صورت الکترونیکی کار می‌کند و به صورت برخط، میزان باد تایر را به راننده گزارش می‌دهد. این سامانه نه تنها می‌تواند از بروز تصادف‌هایی که به دلیل کم باد بودن تایر پیش می‌آید، جلوگیری کند، بلکه با تذکر به راننده در مورد کم بودن باد تایرها، مقدار مصرف سوخت را نیز کاهش می‌دهد [۳].

نکته شایان توجه در پایش فشار باد تایر این است که همان‌گونه که بیان شد، سامانه TPMS روشی برخط جهت کنترل تایرهای در حین حرکت است ولی برای ارزیابی طراحی تایر پیش از کار کردن تایر نیز مهم است که ارزیابی درستی از عملکرد تایر طراحی شده برای نگه‌داری فشار باد وجود داشته باشد که منظر اصلی این مقاله نیز هست. روش آزمون (ASTM F-1112) در دنیا مدت هاست وجود دارد ولی در ایران کمتر به آن پرداخته شده است. این روش می‌تواند به ارزیابی آهنگ کاهش فشار باد تایرها (IPR)[1] در شرایط قبل از نصب بپردازد. در مطالعه حاضر به بررسی این روش آزمون پرداخته می‌شود.

فشار باد استاندارد و اهمیت آن

مزایای تنظیم مناسب فشار باد تایر

حفظ فشار باد تایر در یک میزان صحیح کمک می‌کند که عملکرد تایر و مصرف سوخت بهینه گردد. هم‌چنین به رانندگان اجازه می‌دهد که راحتی، دوام و کارایی مناسب تایر را تجربه کنند. میزان لمیدگی تایر[2] به همان میزان طراحی شده اصلی باقی مانده و از خمش بیش از حد دیواره جانبی[3] و اعوجاج رویه[4] جلوگیری خواهد شد. گرما اندوزی[5] قابل کنترل بوده و تایر، مقاومت غلتشی مناسبی خواهد داشت. فشار باد مناسب تایر همچنین ساختار تایر را پایدار می‌سازد [۱].

عوامل تأثیرگذار بر فشار باد تایر

عوامل متفاوتی بر فشار باد تایر اثر می‌گذارند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

دما

در برخی خودروها، فشار باد مناسب تایر روی برچسب اطلاعات تایر و یا در دفترچه راهنمای خودرو درج شده است اما این فشار، برای تایر سرد محاسبه شده است. این بدان معناست که فشار باد تایر باید در آغاز روز، قبل از اینکه چند کیلومتر رانده شود، یا قبل از افزایش دمای محیط یا قرار گرفتن در معرض تابش نور خورشید کنترل گردد.

از آنجاکه هوا یک نوع گاز است، با افزایش و کاهش دما منبسط و منقبض می‌شود؛ بنابراین لازم است فشار باد تایر در فصول مختلف

1. Tire Inflation Pressure Retention 2. Tire Deflection 3. Sidewall Flexing 4. Tread Squirm 5. Heat Built Up 6. Air Permeation

سال تحت کنترل قرار گیرد.

به عنوان یک قانون کلی هر ۵٫۵ درجه سانتی‌گراد تغییر در دمای هوا، سبب تغییر فشار باد تایر تا حدود ۲٪ (افزایش فشار با افزایش دما و کاهش فشار با کاهش دما) می‌شود. این بدان معناست که فشار باد تایرهای سواری معمولی (که در حالت استاندارد psi ۳۵-۳۰ است)، به میزان psi ۱ و فشار باد تایرهای باری (که در حالت استاندارد psi ۱۰۰-۸۰ است)، به میزان psi ۲ تغییر خواهد کرد.

در بسیاری از نقاط جهان اختلاف دما در تابستان و زمستان حدود ۲۸ درجه سانتی‌گراد است که کاهش احتمالی psi ۵ فشار را در زمستان نتیجه می‌دهد و psi ۵ کاهش فشار باد تایر برای غیر قابل استفاده شدن تایر کافی است [۴].

زمان

از آنجاکه فشار باد مناسب برای تایرهای سواری و باری به ترتیب psi ۳۵-۳۰ و psi ۱۰۰-۸۰ است، همواره نیروی ثابتی وجود دارد تا هوا را از داخل تایر به سمت بیرون تایر هل بدهد. این کار سبب می‌شود که مقداری هوا از میان مولکول‌های لاستیک به سمت بیرون هدایت شود که به آن تراوش هوا می‌گویند و اگر فشار باد تایر کنترل نگردد، این خروج هوا ممکن است تا پنچری کامل تایر ادامه یابد [۵].

در شرایط ایده‌آل، فشار باد تایر در هر ماه حدود psi ۱ کاهش می‌یابد؛ این بدان معناست که اگر فشار باد تایر برای مدت زمان ۲ تا ۳ ماه تنظیم نگردد، ممکن است تایر پس از آن مدت، psi ۳-۲ کاهش فشار را تجربه نماید [۶].

بار اعمال شده روی تایر در سرعت‌های بالا

وقتی هدف، رانندگی با سرعت زیاد باشد، باید مطمئن بود که تایرهای وسیله نقلیه اندازه مناسبی دارند، به اندازه کافی و لازم باد شده اند و هم چنین به طور کامل مورد بازرسی قرار گرفته اند؛ زیرا رانندگی در سرعت بالا تایرها را تحت تنش بسیار زیادی قرار می‌دهد.

به دلیل وزنی که تایرها باید تحمل کنند، دیواره جانبی تایرها خمیده شده و رویه تایرها در تماس با جاده تخت می‌شوند. این مسأله سبب بروز اختلاف ابعادی بین شعاع تایر ایستا (بین مرکز و بالای تایر) و شعاع تایر تحت بار (بین مرکز تایر و سطح جاده) می‌شود. این اختلاف بین دو شعاع، خمش[1] نامیده می‌شود. افزایش سرعت وسیله نقلیه سبب انحراف سریع‌تر تایرها شده و افزایش بار وسیله نقلیه، در صورتی که فشار باد تایر افزایش نیابد، سبب انحراف بیشتر تایرها می‌گردد.

سازمان فنی تایر و رینگ اروپا (ETRTO) استانداردی را برای تایرهایی که در اروپا به فروش می‌رسند، تدوین کرده است که بر اساس آن، انحراف تایر باید به حداقل رسیده و کنترل شود تا تایر بتواند بر تنش‌های ناشی از رانندگی در سرعت زیاد غلبه نماید. برای پاسخ به نیازمندی‌های استاندارد مذکور، فشار باد تایر و ظرفیت‌های بارگذاری تایرها برای سرعت‌های بیشتر از km/h ۱۶۰ برای همه تایرهای رده سرعتیV و برای سرعت‌های بیش از km/h ۱۹۰ برای تایرهای رده سرعتی Z طبقه‌بندی شده‌اند [۷].

عملکرد تایر در سطوح خشک

وقتی فشار باد تایر به میزان مناسب باشد، توزیع بار یکنواخت به وجود آمده و ساختار تایر پایدار می‌گردد که این مسأله، تأثیر بسزایی بر سایش تایر، مقاومت غلتشی و دوام تایر دارد.

تایرهای کم باد، نیازمند دور فرمان بیشتری هستند تا بتوانند شروع به حرکت کنند و هم‌چنین سرعت پاسخ‌گویی آنها به تغییرات فرمان کمتر است.

در مقایسه با تایرهای دارای فشار باد مناسب، واکنش تایرهای کم باد به تغییر مسیر، ۲ ثانیه کندتر است که این تأخیر، افت ۷ درصدی عملکرد تایر را منجر می‌شود [۸].

عملکرد تایر در سطح خیس

در یک تایر کم باد، سرعت سایش کناره‌های رویه بیشتر از مرکز

1. Deflection

آن خواهد بود. این بدان علت است که فشار باد کافی در مرکز رویه وجود ندارد تا به آن اجازه دهد که سهم مناسبی از توزیع وزن را داشته باشد. در تایری که دارای فشار باد مناسب است، توزیع بار به طور یکنواخت صورت می‌گیرد و با این‌که بیشتر رانندگان می‌دانند که توزیع یکنواخت وزن، تأثیر به‌سزایی بر رفتگی[1]، مقاومت غلتشی و دوام تایر دارد، کمتر کسی از تأثیر قابل توجه آن بر مقاومت در برابر آب پیمایش[2] در جهت حفظ کشانش خیس[3] آگاه است [۹]. شکل‌های زیر، نتایج آزمونی است که شرکت میشلن در خصوص ارزیابی آب پیمایش و کشانش خیس انجام داده است

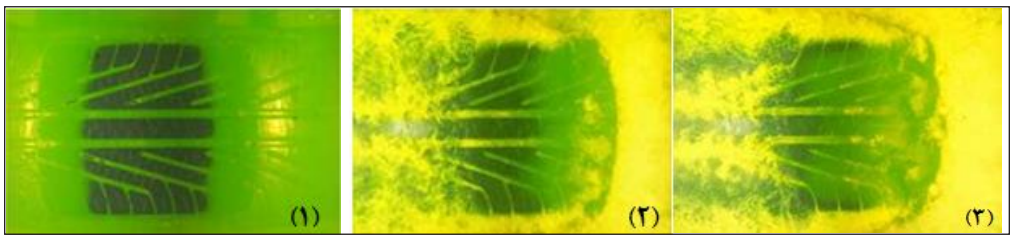
شکل اول یک تایر با فشار باد مناسب (۳۵ psi) را نشان می‌دهد که بدون حرکت روی صفحه شیشه‌ای قرار دارد و بیانگر ایده صحیح و مناسب شکل و اندازه جاپای تایر می‌باشد. سطح سیاه جایی است که آمیزه لاستیکی تایر روی شیشه فشرده شده و سطوح سبز رنگ نشانگر آب در شیارهای درونی زاویه‌دار و پیرامونی تایر و روی باقی‌مانده صفحه شیشه‌ای است.

شکل دوم تایری با فشار باد مناسب (۳۵ psi) است که با سرعت ۶۰ mph روی صفحه شیشه‌ای حرکت می‌کند. اگر صفحه شیشه‌ای خشک بود، اندازه جاپا دقیقاً مشابه با شکل اول بود زیرا هوا مانع از تماس رویه با صفحه نخواهد شد. اما وقتی صفحه شیشه ای خیس است، عمق و طرح رویه باید آب را تخلیه نماید.

مشاهده می‌شود که جاپا هنوز تماس خوبی را با صفحه نشان می‌دهد اما مقدار آن کمی از جاپای تایر ثابت کوچک‌تر است.

تایری که کمی کم باد است، در مرکز رویه که در تماس با سطح جاده است هوای بیشتری از دست داده و بنابراین رویه کمی مقعر می‌شود. شکل سوم مربوط به تایری با فشار باد ۳۰ psi است که با سرعت ۶۰ mph در طول صفحه در حرکت است. مقدار آب روی صفحه مشابه با دو شکل قبلی است. مشاهده می‌شود که مرکز رویه تایر بالا رفته است زیرا نقش رویه نتوانسته است آب را تخلیه نماید. همان‌گونه که در شکل قابل مشاهده است، جاپا تماس ضعیفی با صفحه برقرار کرده و به طور قابل توجهی کوچک‌تر از جاپای تایر دارای فشار باد مناسب است. از این آزمون نتیجه گرفته می‌شود که هرچند رانندگی در سطوح خیس به طور کلی دشوار است، اما تایری که دارای فشار باد مناسب است، عملکرد خوبی از خود در برابر آب‌پیمایش و کشانش خیس نشان می‌دهد؛ در صورتی که رانندگی با تایر کم باد در این شرایط بسیار دشوارتر بوده و راننده مجبور است برای حفظ کنترل، خودرو را با سرعت کمتری براند [۹].

جدول ۱ تأثیر افت فشار باد تایر را بر عملکرد آن در سطوح خشک و خیس نشان می‌دهد.



شکل ۱- عملکرد تایر در سطوح خیس [۹] (۱) تایر با فشار باد مناسب (۳۵ psi) ایستا روی صفحه شیشه‌ای، (۲) تایر با فشار باد مناسب (۳۵ psi) در حال حرکت با سرعت ۶۰ mph روی صفحه شیشه‌ای (۳) تایر با فشار باد ۳۰ psi در حال حرکت با سرعت ۶۰ mph روی صفحه شیشه‌ای

جدول ۱- اثر افت فشار باد تایر بر عملکرد آن در سطوح خشک و خیس

	سرعت رفتگی	مقاومت غلتشی	دوام	کشانش خیس	طول خط ترمز
افت فشار باد در سطوح خشک	افزایش	افزایش	کاهش	-	-
افت فشار باد در سطوح خیس	افزایش	افزایش	کاهش	کاهش	کاهش

1. Wear 2. Hydroplaning 3. Wet Traction

تأثیر فشار باد تایر بر عملکرد و خواص آن

اثر فشار باد تایر بر سرعت و میزان تحمل بار وسیله نقلیه

تعیین فشار مناسب تایر ارتباط مستقیم به میزان تحمل بار وسیله نقلیه و اندازه تایر دارد. چندین سازمان در جهان وجود دارند که هدف اصلی آنها تدوین و انتشار استانداردهای تایر و چرخ می‌باشد. در ایالات متحده این وظیفه بر عهده سازمان تایر و رینگ (TRA) است. سازمان مشابه در اروپا، سازمان فنی تایر و رینگ اروپا (ETRTO) بوده و در ژاپن نیز، سازمان ژاپنی تایر خودرو (JATMA) این وظیفه را بر عهده دارد.

با اینکه TRA، ETRTO و JATMA توافقاتی تا حدی متفاوت دارند، اما به طور کلی با یکدیگر هماهنگ بوده و استانداردهای تدوین شده توسط آنها بسیار مشابه یکدیگر می‌باشد.

این سازمان‌ها هم‌چنین منحنی‌های بار[1] را برای هر تایر تهیه می‌کنند که ارتباط بین فشار باد تایر و بیشینه ظرفیت تحمل بار تایر است. همانند استانداردهای مربوط به اندازه تایر، اختلاف اندکی میان منحنی‌های بار تهیه شده توسط سازمان‌های مختلف وجود دارد که قابل چشم‌پوشی هستند. در هر منحنی بار، نقطه‌ای وجود دارد که در آن، منحنی از صعود باز می‌ایستد. این نقطه در منحنی‌های بار سازمان TRA، در فشار ۳۵ psi اتفاق می‌افتد که معادل آن در منحنی‌های سازمان‌های ETRTO و JATMA فشار ۳۶ psi است.

در جدول (۲)، مقادیر فشار باد تایرهای سواری بر حسب سرعت که توسط سازمان ETRTO تهیه شده است، ارائه می‌گردد.

فشار باد تایر ارائه شده در جداول، کمینه فشارهای مرتبط با بار اعمالی روی تایر هستند [۱۰].

باید توجه داشت که فشار باد تایر نه تنها به مقادیر بار[2] و ظرفیت حمل بار تایر[3]، بلکه به شرایط عملیاتی، بیشینه سرعت، موقعیت تایر روی وسیله نقلیه، شرایط سرویس و ساختمان و ویژگی‌های وسیله نقلیه بستگی دارد [۱۱].

جدول ۲- فشار باد تایر بر حسب سرعت وسیله نقلیه در بیشینه بار اعمالی روی تایر (واحد: psi) [۱۰]

سرعت وسیله نقلیه (km/h)	نماد سرعت		
	T	H	V
کمتر از ۱۶۰	۳۶/۳	۳۶/۳	۳۶/۳
۱۷۰	۳۷/۷	۳۷/۷	۳۷/۷
۱۸۰	۳۷/۷	۳۷/۷	۳۷/۷
۱۹۰	۳۹/۲	۳۹/۲	۳۹/۲
۲۰۰		۳۹/۲	۳۹/۲
۲۱۰		۴۰/۶	۴۰/۶
۲۲۰			۴۰/۶
۲۳۰			۴۰/۶
۲۴۰			۴۰/۶

روش‌های پایش فشار باد تایر

تاکنون مشخص شد که فشار باد تایر عامل مهمی در عملکرد و کارایی تایر محسوب می‌گردد. از این رو، تدوین روش‌هایی برای پایش و اندازه‌گیری فشار باد تایر امری ضروری به نظر می‌رسد.

امروزه در کشورهای پیشرفته برای ارزیابی فشار باد تایر روش آزمونی به کار برده می‌شود که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش آزمون استاندارد برای آزمون آهنگ کاهش فشار باد تایرهای بدون تویی (تیوب) بادی (ASTM F-1112)

روش آزمون ASTM F-1112 روشی برای ارزیابی فشار باد تایر پس از طراحی و ساخت و قبل از تحویل به تولید یا ارزیابی تایرهای مختلف وقتی که تایر زیر خودرو نیست، است که روش آن خلاصه در اینجا درج می‌شود. این روش آزمون، تعیین سرعت کاهش فشار باد تایر ناشی از عبور هوا از ساختار تایر تحت شرایط دمایی ثابت را پوشش می‌دهد. آزمون‌ها تحت شرایط ایستا، یعنی در شرایطی که تایرها نه می‌چرخند و نه تحت بار هستند، انجام می‌شوند [۱۲].

روش آزمون

فشار باد تایرها، دمای محیط و فشارهای جو به طور متوالی

1. Load Curve 2. Tire Load 3. Tire Load Carrying Capacity

(روزانه) به مدت دو هفته ثبت می‌شوند. اگر از یک فشارسنج استفاده می‌شود، قبل از هر بار خواندن فشار، باید یک ضربه آرام به فشارسنج زده شود.

زمانی که شیب نمودار لگاریتمی فشار باد نرمال شده بر حسب زمان ثابت می‌شود، می‌توان در نظر گرفت که تایرها به طور رضایت بخشی تحت شرایط آزمون قرار گرفته‌اند.

از دو هفته، خواندن فشار باد تایرها، دمای محیط و فشار جو باید حداقل هفته‌ای یک بار تا پایان دوره آزمون انجام گیرد. بهتر است پایش دمای محیط به طور پیوسته صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که تایرها همواره تحت دمای تعادلی قرار دارند تا از اثرات تغییر دما بر فشار باد تایر جلوگیری شود.

معمولاً طول دوره آزمون، ۱۸۰ روز است. بسته به دقت داده‌ها، طول آزمون می‌تواند کوتاه‌تر یا بلندتر شود.

محاسبات

فشار نرمال شده از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$P=(P_1+B_1)(T_2-T_1)-B_2 \quad (1)$$

که در آن:

P: فشار باد نرمال شده (KPa)

P_1: فشار باد اندازه‌گیری شده (KPa)

B_1: فشار جو اندازه‌گیری شده (KPa)

B_2: فشار جو مرجع (KPa) (۱ اتمسفر معادل ۱۰۱٫۳ KPa)

T_1: دمای اندازه‌گیری شده (K)

T_2: دمای اسمی آزمون (K)

داده‌های عبور هوا از مدل زیر تبعیت می‌کنند:

$$P=P_0e^{\beta t} \quad (2)$$

که:

P: فشار نرمال شده (KPa)

P_0: فشار نرمال شده اولیه (KPa)

β: آهنگ کاهش روزانه در دمای اسمی آزمون

t: زمان آزمون (روز)

واحد ثابت آهنگ کاهش محاسبه شده (1/day ،β) است که عددی معنادار بوده و به این دلیل که عموماً عدد کوچکی است، به صورت ضرب در ۳۰۰۰ (100% * 30 days/month) گزارش می‌شود.

محاسبات آهنگ کاهش پایدار و پیش‌بینی‌های آینده می‌تواند از هر نقطه‌ای در این آزمون (در مدت زمان ۳۰ روز اولیه آزمون) به دست آید [۱۲].

مثالی عملی از بهره‌گیری از روش آزمون استاندارد ASTM F-1112 در شرایط ایستا و پویا در ادامه ارائه می‌شود.

شایان ذکر است از آنجا که روش آزمون مذکور عمدتاً در شرایط ایستا مورد استفاده قرار می‌گیرد، آزمودن تایر در شرایط پویا بدین ترتیب صورت می‌گیرد که تایر در زمان‌های ویژه پس از طی مسافتی از خودرو جدا شده و همانند شرایط ایستا تحت آزمون قرار می‌گیرد.

در این آزمون چهار تایر مشابه از یک برند با اندازه R 16 55 /205 در شرایط زیر مطالعه شدند [۱۳].

شرایط ایستا و بدون بار

یک تایر نو مطابق شکل ۲ روی دستگاه آزمون قرار گرفت. تایر با هوای فشرده در فشار ۲۳۰ KPa باد شده و هیچ چرخش، تماس یا بارگذاری روی آن انجام نشده و در یک اتاق بسته در دمای ۲۵ °C نگهداری شد. هر ماه با استفاده از ابزار اندازه‌گیری فشار، افت فشار تایر اندازه‌گیری می‌شود. آزمون به مدت ۵ ماه ادامه داشت.

نتایج آزمون در شرایط ایستا و بدون بار در جدول ۳ قابل مشاهده است.

نتایج آزمون شرایط ایستا و بدون بار نشان داد که کاهش فشار

باد تایری که با هوا پر شده است، به میزان KPa ۳ یا ۱٫۳٪ در هر ماه می‌باشد و آهنگ افت فشار بسته به اندازه تایر می‌تواند متغیر باشد.

شکل ۲- آزمون سنجش کاهش فشار باد تایر تحت شرایط ایستا و بدون بار

جدول ۳- نتایج آزمون در شرایط ایستا و بدون بار

ماه	فشار (KPa)
۱	۲۳۰
۲	۲۲۷
۳	۲۲۳
۴	۲۲۰

شرایط پویا و تحت بار

در این آزمون نیز از تایرهای نو استفاده شد با این تفاوت که تایرها روی یک خودرو مناسب حرکت در جاده[1] بسته شدند. در این آزمون نیز فشار باد اولیه تایرها KPa ۲۳۰ بود. فقط یک تایر (تایر جلو سمت راست) برای سنجش و ارزیابی مد نظر قرار گرفت. فشار تایر در ابتدای هر روز توسط ابزار اندازه‌گیری فشار به مدت ۵ ماه اندازه‌گیری می‌شد و در این مدت باد تایرها تنظیم نشد. دمای تایرها نیز روزانه تحت کنترل بود.

نتایج آزمون پویا و تحت بار در جدول (۴) نشان داده شده است.

نتایج آزمون پویا و تحت بار نشان داد که تایر در هر ماه حدود KPa 20-10 افت فشار را تجربه می‌کند [۱۳].

جدول ۴- نتایج آزمون در شرایط پویا و تحت بار

ماه	فشار (KPa)	مسافت (km)
۱	۲۳۰	۰
۲	۲۱۰	۴۶۴
۳	۱۹۵	۵۷۵
۴	۱۸۲	۶۹۰
۵	۱۶۵	۱۱۵۰

روش‌های کاهش تراوایی باد تایر

کاهش تراوایی باد تایر عمدتاً به سه روش تغییر ضخامت لایه آستری داخلی، پروفیل‌دار کردن لایه آستری داخلی و تغییر جنس کائوچوی مورد استفاده در تولید آستری داخلی صورت می‌پذیرد. از آنجا که هدف کلی، کنترل آهنگ کاهش فشار باد تایر است، در ادامه عوامل مؤثر بر آهنگ کاهش باد تایر در جهت نگهداری تایر در شرایط مناسب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آهنگ کاهش فشار باد تایر (IPR)

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، آهنگ کاهش فشار باد تایر (IPR)، عددی است که میزان کاهش فشار باد تایر را در زمان و دمای مشخص به صورت درصد نشان می‌دهد. مطابق روش آزمون ASTM F-1112 معمولاً مدت زمان یک ماه و دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد به عنوان زمان و دمای استاندارد برای محاسبه IPR در نظر گرفته می‌شوند.

با محاسبه آهنگ کاهش فشار باد تایر در مدت زمان یک ماه به روش استاندارد ASTM F-1112 می‌توان محاسبه کرد که چه مدت طول می‌کشد تا فشار باد تایر ۲۵٪ کاهش یابد.

شکل ۳ نشان می‌دهد که مدت زمان کاهش ۲۵٪ از فشار باد

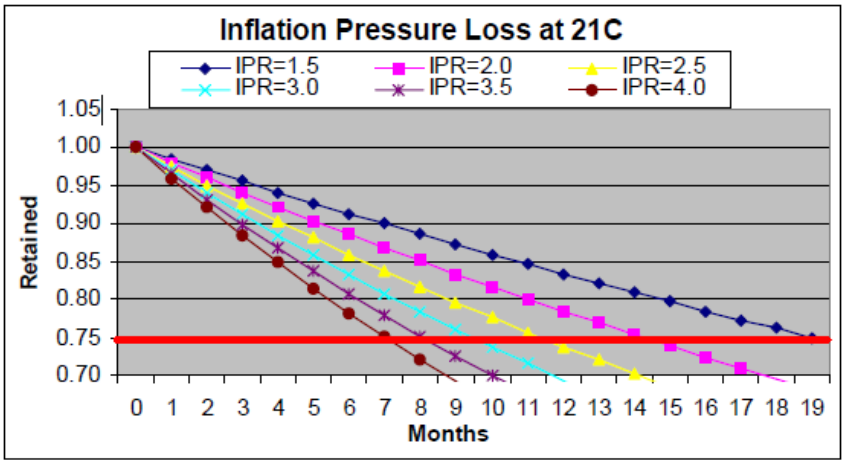
1. Proton Perdana, Malaysian, 1000 ton

تایر، وابسته به آهنگ کاهش فشار باد تایر IPR است؛ به گونه‌ای که هر چه IPR کمتر باشد، زمان بیشتری طول می‌کشد تا ۲۵٪از فشار باد تایر کاهش یابد [۱۴].

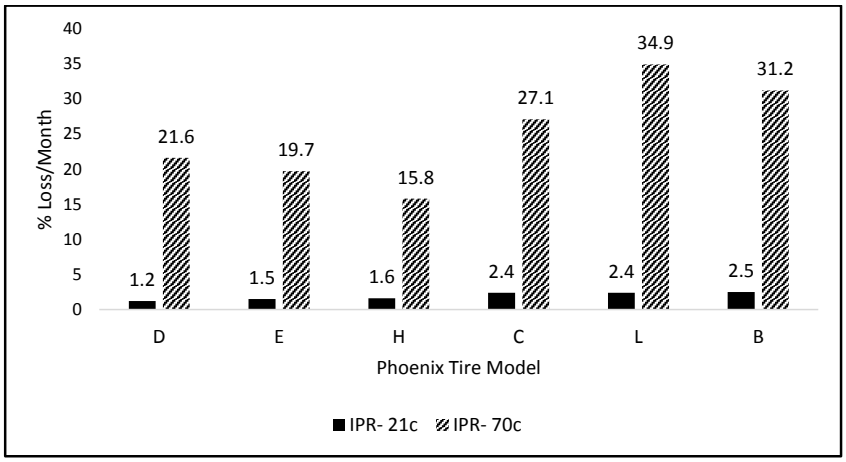
اثر دما بر آهنگ کاهش فشار باد تایر

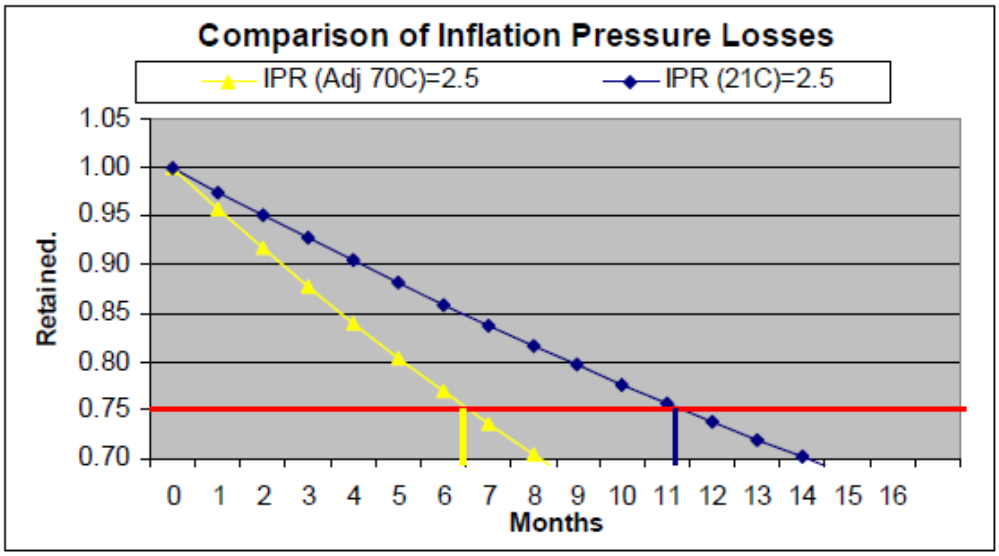
در دماهای بالاتر، آهنگ کاهش فشار باد تایر افزایش می‌یابد. استاندارد ASTM F-1112 آهنگ کاهش IPR را در دمای استاندارد ۲۱ درجه سانتی‌گراد محاسبه می‌نماید. اما به طور معمول تایرها در شرایط عملیاتی در بازه دمایی ۷۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد؛ بنابراین لازم است وضعیت فشار باد تایر در شرایط دمایی سرویس نیز مد نظر قرار گیرد.

شکل (۴) نشان می‌دهد که افزایش دما تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد به طور چشم‌گیری آهنگ کاهش IPR را افزایش می‌یابد؛ به گونه¬ای که مستقل از نوع و سازنده تایر، نرخ کاهش فشار باد تایر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۹-۱۰ برابر خواهد بود. به عنوان مثال، تایری که در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد دارای IPR معادل ۲٫۴ درصد است، در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، IPR معادل با ۳۰ درصد خواهد داشت که معنای آن، کاهش قابل توجه در مدت زمانی است که تایر، ۲۵٪از فشار باد خود را از دست می‌دهد. مثالی از این کاهش مدت زمان، در شکل (۵) قابل مشاهده است [۱۴].



شکل ۳- مدت زمان کاهش ۲۵٪ از فشار باد تایر در تایرها با IPR% مختلف





شکل ۵- اثر افزایش دما بر کاهش مدت زمان کم شدن ۲۵٪ از فشار باد تایر

اثر میزان کائوچوی بیوتیل بر آهنگ کاهش فشار باد تایر

به دلیل ویژگی سدگری مناسب کائوچوی بیوتیل، افزایش میزان کائوچوی بیوتیل در آمیزه آستری داخلی به کاهش (بهبود) آهنگ کاهش فشار باد تایر کمک می‌کند. البته باید توجه داشت که این افزایش میزان کائوچوی بیوتیل، افزایش هزینه محصول را به همراه خواهد داشت. جدول (۵) به مقایسه بهبود آهنگ کاهش فشار باد با تغییر در فرمول‌بندی آمیزه آستری داخلی و تغییرات هزینه محصول پرداخته است.

جدول ۵- اثر تغییر نسبت BIIR/NR در بهبود IPR تایر

کائوچوی موجود در آمیزه	۱		۲		۳	
	phr	$	phr	$	phr	$
کائوچوی بیوتیل، BB 2222	۱۰۰	۱/۱۰۵	۸۰	۰/۸۸۴	۶۰	۰/۶۶۳
کائوچوی طبیعی، SMR 20	۰	-	۲۰	۰/۱۵۷	۴۰	۰/۳۱۳
IPR تایر (٪ کاهش در ماه)	۱/۵		۲/۱		۲/۸	
نسبت هزینه مواد اولیه تایر سواری با تغییر نسبت کائوچو (وزن: kg ۰/۸۵)	۱		۰/۹۶		۰/۹۱	
نسبت هزینه مواد اولیه تایر باری با تغییر نسبت کائوچو (وزن: kg ۱/۶)	۱		۰/۹۶		۰/۹۱	

مشاهده می‌شود که تنها با تغییر نسبت BIIR/NR، می‌توان به ۳۰٪ بهبود در IPR دست یافت.

دستیابی به ۱٪ کاهش ماهیانه IPR در تایر سواری، افزایش هزینه‌ای معادل ۰٫۲ دلار به ازای هر تایر را در بر خواهد داشت [۱۵].

اثر ضخامت لایه آستری داخلی بر آهنگ کاهش فشار باد تایر

شکل (۶) اثر ضخامت لایه آستری داخلی را بر آهنگ کاهش IPR در فرمول‌بندی‌های مختلف آمیزه آستری داخلی نشان می‌دهد.

مشاهده می‌شود که کاهش ضخامت لایه آستری، افزایش آهنگ کاهش فشار باد تایر را برای هر سه نوع فرمول‌بندی به همراه خواهد داشت. بدیهی است که اثر استفاده از کائوچوی بیوتیل خالص در بهبود IPR در نمودارهای فوق نیز مشهود است [۱۵].

اثر آهنگ کاهش فشار باد تایر بر مقاومت غلتشی

یک اصل قدیمی وجود دارد که طبق آن، مقاومت غلتشی با افزایش فشار باد تایر، کاهش می‌یابد.

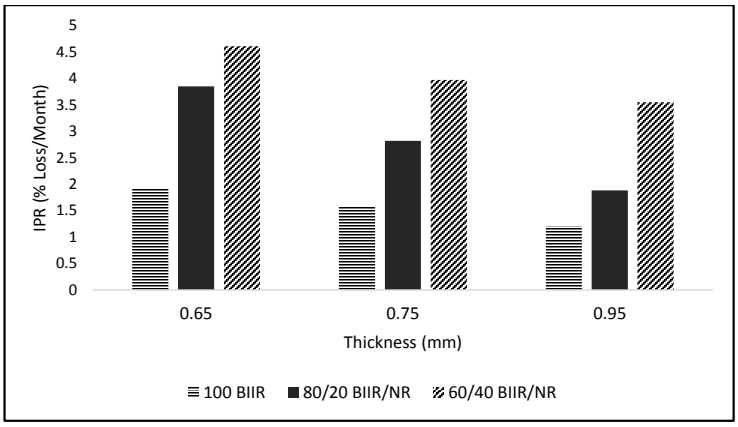
اما به تازگی پژوهشگری[1] برای اولین بار به نتایج غیرمنتظره‌ای در این زمینه دست یافته است. وی با مقایسه نتایج آزمایش‌های خود با نتایج دنیای واقعی، دریافت که در فشارهای بالای تایر، یک افزایش غیر منتظره در مقاومت غلتشی تایرها در سطح جاده رخ می‌دهد.

متعاقباً دو پژوهشگر دیگر[2] نیز این ملاحظات را با آزمودن مقاومت غلتشی در سطوح واقعی مختلف تأیید کردند که نتایج آن‌ها در شکل (۷) قابل مشاهده است.

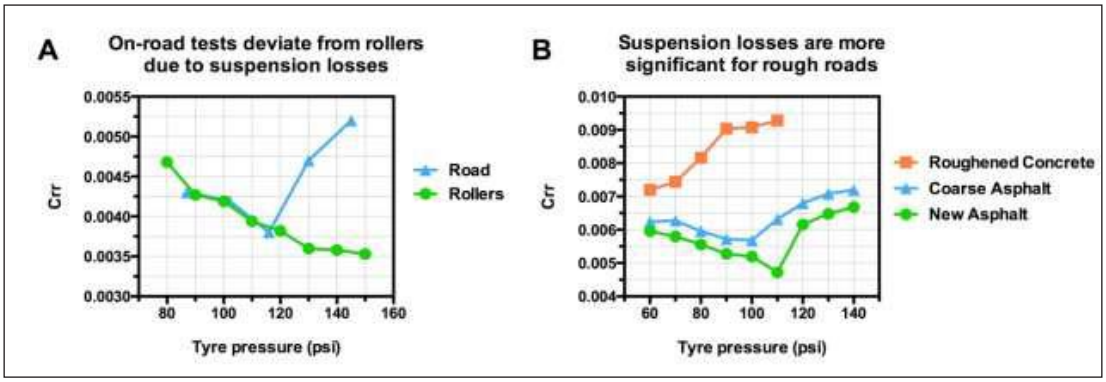
بنابراین مقاومت غلتشی شامل دو جزء خواهد بود: الف) اتلاف‌های گرمازایی[3] که وقتی تایر منعطف می‌شود، رخ می‌دهند و وقتی تایر خیلی نرم است، در بالاترین میزان خود خواهند بود و ب) اتلاف‌های سامانه تعلیق[4] که زمانی که تایر خیلی سخت باشد، در بیشترین مقدار خود می‌باشند. هر یک از این آثار، مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند و بنابراین نتیجه نهایی وابسته به جمع این دو نوع اتلاف است.

رانندگان معمولاً در هنگام راندن وسیله نقلیه خود از اتلاف‌های گرمازایی آگاه هستند و چاره آن را در افزایش فشار باد تایر تا بیش از اندازه لازم می‌جویند. بالعکس برای رهایی از آثار اتلاف تعلیقی، تصمیم به افزایش سرعت وسیله نقلیه خود می‌گیرند. با این‌که با افزایش سرعت، میزان لرزش‌های ناشی از اتلاف‌های تعلیقی افزایش‌می‌یابد، با کمی کاهش در فشار باد تایر وسیله نقلیه خود، بر این لرزش‌ها غلبه می‌نمایند. میزان انرژی ناشی از اتلاف‌های تعلیقی با افزایش ناصافی سطح جاده به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

پیامدهای این مطالعات روشن هستند: رانندگانی که فشار بیش از حد تایر را تحمل می‌کنند، انرژی زیادی را هدر می‌دهند؛ بنابراین با کاهش فشار تایرها تا حدود ۲۰-۱۰ psi، می‌توان به کاهش مقاومت غلتشی و (در نتیجه افزایش بازدهی) دست یافته و به سادگی روی هر سطحی رانندگی کرد[۱۶].



شکل ۶- اثر ضخامت لایه آستری داخلی بر IPR تایر



شکل ۷- وقتی یک تایر روی غلتک‌های آزمایشگاهی مورد آزمون قرار می‌گیرد، مقاومت غلتشی (crr) با افزایش فشار تایر، کاهش می‌یابد. اما این نتیجه لزوماً برای شرایط جاده‌ای صادق نیست، همانگونه که نتایج به دست آمده از آزمایش‌های Tom Anholt نشان می‌دهد (2A). آزمایش‌های اخیر نیز این پدیده را تأیید نموده‌اند و این موضوع بیشتر برای سطوح جاده‌های ناصاف قابل مشاهده می‌باشد (2B).

1. Tom Anholt 2. Jan Heine & Josh Poertner 3. Hysteretic Losses 4. Suspension Losses

مقاومت غلتشی تایر، ارتباط مستقیم به زمان تنظیم باد تایر دارد؛ به گونه‌ای که هر چه دوره زمانی تنظیم باد تایر طولانی‌تر باشد، شاهد افزایش بیشتری در مقاومت غلتشی تایر خواهیم بود.

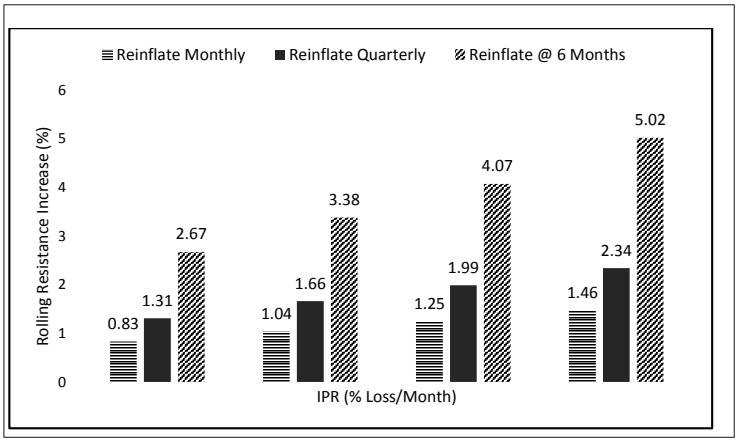
شکل (۸) اثر زمان تنظیم باد تایر بر افزایش مقاومت غلتشی را برای چهار نوع تایر با IPR% مختلف نشان می‌دهد.

بدین ترتیب، اهمیت تنظیم باد تایر بر کارکرد مناسب تایر مشخص می‌گردد. زیرا بهبود مقاومت غلتشی تایر سبب کاهش مصرف سوخت و کاهش رفتگی تایر می‌گردد[۱۷].

نتیجه‌گیری

به نظر می رسد استفاده و مقایسه میزان کاهش فشار باد تایرهای مختلف و استاندارد کردن آن در سطح کشور می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش مصرف سوخت در کشور و نیز بهبود ایمنی مصرف کننده داشته باشد، ولی تاکنون به رغم سادگی بهره‌برداری از این روش نه روش آزمون استانداردی در کشور ایجاد شده است و نه تایرهای داخلی و خارجی وارداتی به این روش ارزیابی می‌شوند که کنترل کیفی مناسبی در آنها باشد. گرچه در دنیا عدد استانداردی در این زمینه تاکنون گزارش نشده است ولی می‌شود در داخل کشور یک استاندارد ملی بنا نهاد که تایرهایی که افت فشار باد زیادی دارند مورد تأیید واقع نشوند.

وجود چنین استاندارد و مقایسه‌ای ضمناً باعث می‌شود مهندسی بهتری در زمینه‌ی آستری داخلی تایرهای سواری و باری در کشور رخ بدهد.



شکل ۸- اثر زمان تنظیم باد تایر بر مقاومت غلتشی

مراجع

1- Tire tech: Air pressure- Correct, underinflated and overinflated, www.tirerack.com

2- The right tire pressure: Why the maximum isn’t the best, info.kaltire.com

3- Tire pressure monitoring system, www.khodrobank.com

4- Tire tech: Air pressure- Temperature fluctuations, www.tirerack.com

5- Tire tech: Air pressure- Time fluctuations, www.tirerack.com

6- Sivarao T.J.S Anand, M. Warikh, Engineering of tire pressure controllong device: An invention towards successful product development, International Journal of Basic & Applied Sciences, 09 (09), 2009.

7- Tire tech: Air pressure- Load adjustments for high speed driving, www.tirerack.com

8- Tire tech- Air pressure vs. dry performance, www.tirerack.com

9- Tire tech- Air pressure vs. wet performance, www.tirerack.com

10- Determining the right PSI, www.tirereview.com

11- ETRTO, Standards Manual, 2018

12- ASTM F-1112-06a (Reapproved 2010), Standard test method for static testing of tubeless pneumatic tires for rate of loss of inflation pressure

13- Sivaraos M.J. Raguvaran, A.S. Dahlan, K. Kadirgama, M.A. Amran, Air permeability investigation towards automotive tire pressure sustainability and life saving, APRN Journal of Engineering and Applied Sciences, 10 (10), 2015.

14- Walter H. Waddell, ExxonMobil Chemical, Summary- Inflation pressure retention effects on tire rolling resistance, vehicle fuel economy and CO2 emissions, California Air Resources Board, 2008.

15- Walter H. Waddell, ExxonMobil Chemical, 10th worldwide tire survey: Replacement tires, California Air Resources Board, 2008.

16- Matt Wikstorm, What is the optimal tire pressure? Our thinking on rolling resistance has changed, 2017, www.cyclingtips.com

17- Walter H. Waddell, ExxonMobil Chemical, Inflation pressure retention effects on tire rolling resistance and vehicle fuel economy, California Air Resources Board, 2008.

Evaluation of Tire Air Retention

S. Ezzoddin[1,*] , A. Abbasian[2]

1. Masters. MSc in Technology Analysis, tehran,iran
2. Ph.D. Assistant Professor. Faculty Member of Islamic Azad University, Science and Research Branch, Polymer Engineering Department, tehran, iran

∗**Corresponding author Email:** sh.ezzoddin@srbiau.ac.ir

Abstract: Adjusting tire inflation and maintaining it seem to be of great importance influencing the performance of tire and optimum fuel consumption. An under-inflated tire fails to maintain its form and would run flatter in contact with the road surface. Under-inflation causes more deflection while rotating which leads to heat built up as well as an increase in rolling resistance and fuel consumption up to 5%. Several factors affect tire inflation containing temperature, time, tire load at high speeds and tire performance on dry and wet surfaces. Ideally, tire faces under-inflation of about 1 psi monthly which means experiencing 2-3 psi pressure loss if it would not been adjusted for 2-3 months. Therefore, some methods have been introduced to monitor tire inflation. One of those methods is the TPMS system which is an online method for monitoring the pressure of installed tires. ASTM F-1112 is another standard test method for evaluating tire inflation pressure retention before it is installed on the vehicle. This study, reviews factors affecting tire inflation and methods to evaluate tire air retention.

Keywords: Tire Inflation, Tire Air Retention, Tire Inner Liner, Air Permeability