

## آزمون‌های موتوری سوخت و نقش شان در ارزیابی کیفی سوخت خودروهای بنزینی و دیزلی

ابوالفضل برخوردار یون\*

عضو هیئت علمی پژوهشی پژوهشگاه صنعت نفت  
پژوهشگاه صنعت نفت - مرکز تحقیقات روان کننده‌ها  
دریافت: ۹۱/۶/۳۱ پذیرش: ۹۱/۹/۷

### چکیده

آزمون‌های موتوری سوخت در بهینه سازی، شبیه سازی شرایط کارکردی واقعی و ارزیابی عملکرد سوخت‌های مصرفی در موتورهای احتراق داخلی نقشی اساسی دارند. در این آزمون‌ها موتورهای استاندارد و خاص در زمان‌های معین، تحت شرایط و تنظیمات خاص رانده می‌شوند از نتایج حاصله برای بهینه سازی فرمولاسیون سوخت‌ها به منظور ارتقای راندمان، به حداقل رساندن مشکلات موتورها (تشکیل رسوبات و گرفتگی افشانه‌های سوخت)، بهبود اقتصاد سوخت و کاهش آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها استفاده می‌شود. این آزمون‌ها بر اساس روش‌های استاندارد جهانی یا کارخانه ای تعریف و پایه ریزی شده‌اند. هزینه‌های بالا جهت راه اندازی و انجام آزمون‌ها و نیز مشکل تامین قطعات یدکی از موانع گسترش آزمون‌های موتوری سوخت هستند. در مقاله حاضر به بررسی و معرفی آزمون‌های موتوری رایج در ارزیابی کیفی سوخت‌های مصرفی در خودروهای بنزینی و دیزلی در ایران و جهان پرداخته شده است.

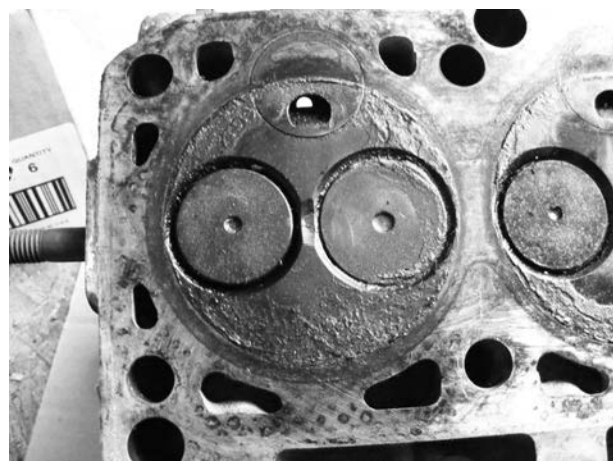
**واژگان کلیدی:** آزمون‌های موتوری سوخت، بنزین، سوخت دیزل، خودرو، سیستم سوخت رسانی

### مقدمه

تا چند سال قبل، کیفیت سوخت تحویلی به مصرف کنندگان محدود به کنترل عدد اکتان یا عدد ستان و دامنه تغییرات بعضی از خواص فیزیکی و شیمیایی آن می‌شد. اما، با وقوع تحولات شگرف در طراحی خودروها، نصب تجهیزات جدید، اعمال فشارهای سختگیرانه در خصوص رعایت قوانین زیست محیطی و محدود نمودن میزان انتشار گازهای آلاینده خروجی از اگزوز خودروها، موضوع کیفیت سوخت خصوصاً در مناطقی که مجبور به استفاده از موتورهای پاک هستند اهمیت بیشتری پیدا نمود.

تشکیل و انباشت رسوبات ناشی از احتراق سوخت بر روی سوپاپ‌ها، مجاری و سطوح کاربراتور، پشت سوپاپ‌های ورودی و انژکتورها (سوخت پاش‌ها)، موتورسازان را در دستیابی به تجهیزات با طول عمر بالا جهت کنترل و کاهش مواد منتشره از

\* Barkhordarioona@Ripi.ir



شکل ۱- نمونه تصاویر تشکیل رسوب بر روی قطعات سیستم‌های سوخت رسانی در خودروها [۱۱].

در اطراف سوخت پاش‌ها تشکیل شده و باعث تغییر شکل و الگوی پاشش افشانه‌ها می‌گردیدند. ماحصل این فرآیند، احتراق همراه با سر و صدا بود. این امر سبب شده بود که آمار مراجعات مشتریان در طی دوره گارانتی خودروها زیاد شود. با حادثه شدن مشکلات رسوب گذاری، سوراخ‌های نازل‌ها کوچکتر و کوچکتر گردیده، جریان خروجی از نازل‌ها قطع شده، استارت مجدد موتور سخت و توان خروجی از موتورها بسیار افت می‌نمود. این حوادث موتورسازان و پالایشگران را به چاره اندیشی وادار ساخت. طراحان موتورهای احتراق داخلی مجبور به تحقیق و پژوهش در خصوص تأثیر سوخت و روغن موتور بر میزان رسوبات تشکیل شده بر روی قطعات مختلف موتور شدند. تجربه و تحقیق نشان

اگزوز خودروها با مشکل روبرو می‌سازد [۲۱].

آزمون‌های موتوری در طی دهه ی ۱۹۸۰، جهت ارزیابی و مقایسه انواع سوخت‌ها و افزودنی‌های مصرفی جهت تمیز نگاه داشتن موتورها و نیز تمیز کردن کثافات موتورها، توسعه داده شدند. این آزمون‌ها با سرعت توسط موتور سازان و شرکت‌های تأمین کننده سوخت گسترش یافتند. با این وجود، الزامات وضع شده در خصوص سوخت‌ها قانونی و رسمی نبودند. اما در حال حاضر این الزامات در فرمان (یا منشور) جهانی سوخت<sup>۱</sup> نیز قید شده است. پذیرش این امر برای صنایع مزایا و منافع زیادی را به همراه خواهد داشت.

تحقیقات نشان داده اند که سوخت نقشی مهم در میزان و نوع مواد منتشره از اگزوز خودروها دارد. امروزه آزمون‌های موتوری محدود به اندازه‌گیری میزان رسوبات ناشی از سوخت در طولانی مدت نبوده و به بررسی نقش سوخت‌ها در بهبود اقتصاد سوخت، کارایی و عملکرد فنی و زیست محیطی موتورها نیز می‌پردازد. گرایش به سمت آزمون‌های موتوری سوخت کمتر از آزمون‌های روغن موتور بوده، مدت زمان و هزینه‌های انجام آنها در مقایسه با روغن موتور کوتاه تر و ارزان تر می‌باشد [۳].

در دهه ی ۱۹۸۰ و در اروپا، نخستین مشکلات صنعت خودرو در ارتباط با سوخت‌ها مشاهده شد. در آن سال‌ها از محصولات نامرغوب پالایشگاهی که بعنوان سوخت بخش گرمایشی بکار می‌رفت بعنوان سوخت دیزلی نیز استفاده می‌شد که این امر خودروسازان و صاحبان وسائط نقلیه را با مشکلات زیادی روبرو می‌ساخت. با کاهش بهای سوخت‌های مرغوب، تمایل به استفاده از سوخت‌های مخصوص مقاصد گرمایشی، تجاری و خانگی در بخش حمل و نقل کاهش یافت. سوخت‌های نامرغوب، بخاطر افزایش میزان تشکیل رسوبات، عملکرد موتورها را تحت تأثیر قرار می‌دادند. این موضوع خصوصاً در موتورهای دیزلی با پاشش غیر مستقیم که در خودروهای سواری آن دوران بکار برده می‌شد از اهمیت بیشتری برخوردار بود.

در آن زمان، مشکلاتی از قبیل رسوب گذاری و انسداد انژکتورها در این موتورها بسیار مشهود بود (شکل ۱). این رسوبات

1. Worldwide Fuel Charter (WWFC)

گازوئیل نموده و برای دستیابی به سوخت‌هایی با عملکرد بالاتر و بهتر بر تلاش‌هایشان افزودند. تأمین کننده سوخت و مواد افزودنی از این فرصت استفاده نموده و علاوه بر تلاش برای رفع مشکلات به معرفی محصولات جدید تر خود پرداختند.

گروهی از موتور سازان با انجمن‌هایی نظیر ACEA<sup>۲</sup> و EMA<sup>۳</sup> همراه شده و اقدام به انتشار دستورالعمل‌ها، فرامین و مشخصات خاص در مورد سوخت مصرفی محصولاتشان کردند. این فرآیند به برپایی استانداردها و مشخصات ملی سوخت‌ها منجر شد. از طرفی دیگر، این کار باعث شد که آزمون‌های موتوری بیشتری جهت ارزیابی تشکیل رسوبات، و در بعضی از شرایط، محدود تر نمودن حدود مجاز خواص فیزیکی و شیمیایی تعریف گردد.

در سال ۱۹۹۸ موتور سازان بزرگ جهان با هدف به حداقل رسانیدن تغییر خواص سوخت‌ها، قرارداد جهانی سوخت (WWFC) را پایه گذاری کردند که مورد قبول بسیاری از کشورهای جهان نیز قرار گرفته است. در این قرارداد ۴ نوع بنزین برای مصرف در چهار دسته از خودروهای بنزینی با سطوح آلاینده‌گی مختلف و ۴ نوع گازوئیل برای مصرف در چهار دسته از خودروهای دیزلی با سطوح آلاینده‌گی مختلف معرفی شده است [۸].

در اروپا شورای هماهنگی، CEC<sup>۴</sup> متشکل از ۴ گروه صنعتی اصلی شامل: انجمن موتورسازان و خودروسازان ACEA، انجمن پالایشگران و تأمین کنندگان سوخت<sup>۵</sup> CONCAWE، انجمن روغن سازان<sup>۶</sup> ATEL و کمیته تولید کنندگان مواد افزودنی سوخت و روغن<sup>۷</sup> ATC، با هدف ارتقاء کیفی سوخت و روغن موتور وظیفه‌ی وضع فرامین و دستورالعمل‌های مربوطه را بر عهده دارند (شکل ۲).

در آمریکا انستیتو نفت آمریکا<sup>۸</sup> (API) اصلی ترین سازمان در پایه گذاری کیفیت سوخت و روغن موتور بشمار می‌رود. انجمن تست و مواد آمریکا<sup>۹</sup> ASTM در آمریکا مشابه با CEC در اروپا عمل می‌کند. ارتش آمریکا نقش تاثیرگذاری در بر

داده است که بخش اعظم رسوبات در پشت سوپاپ‌های ورودی (سوپاپ هوا) و بر روی دریچه‌های کاربراتور تشکیل و انباشته می‌شوند. رسوبات به مرور زمان تشکیل و سبب تغییر دبی و جریان هوای ورودی به محفظه احتراق موتور شده، فرآیند احتراق را دستخوش تحول نموده و انتشار مواد آلاینده و سمی را افزایش می‌دهند [۳،۴].

واکنش اولیه طراحان موتورها در این خصوص، طراحی قطعات با عملکرد مناسب برای کار در شرایط بهینه در هنگام تشکیل رسوب بود. اما با سختگیرانه تر شدن قوانین انتشار آلاینده‌ها این جریان تغییر مسیر داد. در آغاز اطمینان از عدم تشکیل رسوبات بر روی قطعات موتورها، که عملکرد و آلاینده‌گی موتورها را تحت تأثیر قرار می‌دادند، الزامی شد. با گذشت زمان، با کاربرد و گسترش سیستم‌های سوخت رسانی انژکتوری بر روی موتورهای بنزینی موضوع مورد بحث حادث شده و از اهمیت بیشتری نیز برخوردار گردید. موتورهای انژکتوری بنزینی نیز همانند موتورهای دیزلی با پاشش مستقیم و غیر مستقیم<sup>۱</sup> شاهد مشکلاتی همچون، رسوب نمودن سوخت بر روی قطعات و ایجاد اختلال در عملکرد و آلاینده‌گی هستند [۵].

### الزامات و تلاش‌های جهانی جهت بهبود کیفیت سوخت

در صنعت خودروسازی جهانی سازی به معنای فروش خودرو و موتور از یک کارخانه یا شرکت به سرتاسر جهان می‌باشد. خودروسازان و خریداران خودرو علاقمند به داشتن موتورهایی هستند که با بنزین‌ها یا سوخت‌های دیزلی موجود در تمامی کشورها قادر به حرکت باشند. وجود هر گونه شرط و الزام در خصوص سوخت خودرو، هزینه بر بوده و زیان‌های مالی هنگفتی را برای سازندگان بزرگ بدنبال خواهد داشت.

موضوع کنترل کیفیت سوخت، امری جهانی بود که از یک سو به موتور سازان مربوط می‌شد. به همین علت آنان شروع به بحث و تبادل نظر با پالایشگران و تأمین کنندگان بنزین و

1. Direct and Indirect Diesel injection System

2. Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA)

3. Engine Manufacturers Association (EMA)

4. Coordinating European Council (CEC)

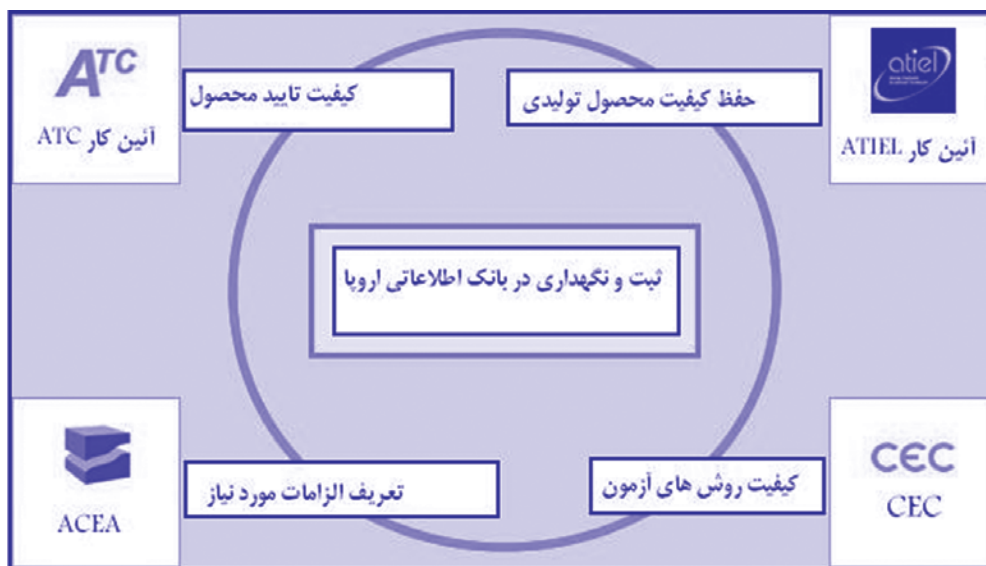
5. CONservation of Clean Air and Water in Europe (CONCAWE)

6. Association of the European Lubricants (ATEL)

7. Additives Technical Committee (ATC)

8. American Petrolume Institute (API)

9. American Society for Testing and Materials (ASTM)



شکل ۲- دیاگرام فرآیند ارتقاء کیفی سوخت و روغن موتور در اروپا [۷].

دارد ولیکن، این امر بازارهای مصرف سوخت و روان کننده‌ها را تحت تأثیر خود قرار نداده است. خودرو سازان ژاپنی از استانداردهای آمریکایی یا استانداردهای کارخانه‌های خوشان استفاده می‌کنند [۲۰].

همانگونه که اشاره شد، در سرتاسر جهان طی چند سال اخیر علاقه زیادی به وضع و اجرای آزمون‌های استاندارد و قانونی برای سوخت‌ها و روغن موتورها بوجود آمده که مهمترین پیامد آن تصویب قرارداد جهانی سوخت بوده است.

#### طراحی سکوی آزمون‌های موتوری سوخت‌ها

به تجهیزات ضروری برای انجام یک رویه ی آزمون، سکوی آزمون گفته می‌شود. سکوی آزمون نه تنها تجهیزات آزمون بلکه، دینامومتر، سیستم‌های کنترل، سیستم‌های ثبت اطلاعات و امکانات جانبی را نیز تحت پوشش قرار داده و شامل مبدل‌های حرارتی، شیرها، کنترلرها، لوله‌کشی‌های تأمین سیال، موتور، و تجهیزات اندازه‌گیری می‌باشد. نحوه ی عملکرد تجهیزات مورد استفاده در یک آزمون در طی یک دوره ی زمانی ثابت یا متناوب و کنترل و ثبت پارامترهایی از قبیل سرعت، بار، دمای روغن و دمای

پایه استانداردها و آزمون‌های موتوری سوخت و روغن داشته است. انجمن ASTM روش‌های آزمون جهت ارزیابی الزامات عملکردی تعریف شده توسط API را توسعه و گسترش می‌دهد. اعضای ASTM از میان صنایع خودروسازی، نفت و مصرف کنندگان انتخاب می‌گردند.

توسعه و ترویج آزمون‌های سوخت به سختی و شدت آزمون‌های روان کننده‌ها نبوده است. در آمریکا شورای هماهنگی تحقیقات<sup>۱</sup> CRC تلاش‌های زیادی را در زمینه ی بهبود کیفیت سوخت‌ها بعمل آورده است بخش اعظم آزمون‌ها توسط این نهاد هدایت و تدارک دیده شده است. بعضی از آزمون‌های CRC توسط هیات منابع هوا کالیفرنیا<sup>۲</sup> CARB و سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا<sup>۳</sup> EPA جهت صدور گواهینامه‌ها و تأییدیه‌های قانونی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

انسیتو تحقیقات جنوب غرب<sup>۴</sup> (SWRI) در آمریکا یک از بزرگترین و مهم ترین آزمایشگاه‌ها و مراکزی است که هنوز به انجام این آزمون و نیز سایر تحقیقات در خصوص سوخت و روغن موتور ادامه می‌دهد و ارتباط تنگاتنگی با انسیتو نفت آمریکا (API) دارد.

اگرچه ژاپن جایگاه بالایی در صنعت خودرو سازی جهان

1. The Coordinating Research Council (CRC)

2. California Air Resources Board (CARB)

3. Environmental Protection Agency-USA (EPA)

4. Southwest Research Institute (SWRI)



شکل ۳- نمایی از یک اتاق تست موتور (سلول تست) و تجهیزات آن [۱].

رویه‌های آزمون JASO حاوی جزئیات کامل تری نیز هستند [۱]. معمولاً پارامترها و شرایط کنترلی در زمان اجرای آزمون‌های سوخت شامل: سرعت موتور، توان و گشتاور موتور، دبی یا جریان سوخت، دمای روغن، دمای سیال خنک‌کننده موتور، دمای هوای ورودی به موتور، دمای سوخت، رطوبت نسبی، مقدار گازهای برگشتی، فشار برگشتی اگزوز، اختلاف دمای سیال خنک‌کننده و مقدار روغن می‌شوند.

#### بررسی آزمون‌های استاندارد رایج موتوری سوخت در جهان

تاسیس سازمان‌ها و کمیته‌های صنعتی منجر به تعریف دهها آزمون موتوری برای سوخت و روغن شده است که از آنها هم در جهت تولید و هم در جهت صدور تأییدیه استفاده می‌شود. این آزمون‌ها از زنگ زدگی قطعات موتورها در دماهای پایین تا بروز اکسیداسیون روغن موتور در دماهای بالا، و از تشکیل رسوبات در محفظه احتراق تا گرفتگی سوراخ‌های انژکتورهای سوخت را تحت پوشش قرار می‌دهند. دلیل وجود و فراوانی روش‌های آزمون تحت پوشش قرار دادن قابلیت‌های سوخت‌ها و روغن‌ها از دیدگاه‌های متفاوت می‌باشد [۱].

در جداول ۲ و ۳ روش‌های استاندارد جهت تعیین مشخصات

سیال خنک‌کننده موتور را رویه آزمون می‌گویند (شکل ۳). انتخاب موتور برای انجام آزمون‌ها، برای شناخت مشکلات خاص مورد تحقیق، در آزمون‌های میدانی و نیز جهت توسعه آزمون‌های رومیزی، امری مهم و حیاتی می‌باشد. اطلاعات در خصوص انتخاب موتور، در زمان شروع فرآیند توسعه یک آزمون توسط یک گروه صنعتی، غالباً ماحصل تلاش‌های یک یا چند موتور ساز است. هدف آنها به تصویر کشیدن یک مشکل خاص در شرایط میدانی است. معمولاً در این کار از آمار و تعداد قطعات معیوب موتورها ("سبد قطعات معیوب") نیز استفاده می‌شود. انتخاب موتور به تأمین قطعات یدکی اصلی مورد نیاز در طولانی مدت (توسط یک سازنده معتبر) نیز بستگی خواهد داشت.

صنایع و آزمایشگاهها در هنگام تعریف و برپایی سکویهای آزمون‌های موتور و تجهیزات کمکی مربوطه حداکثر سعی و تلاش خود را بکار می‌گیرند تا منابع احتمالی خطاهای ناشی از تفاوت‌های نصب به حداقل ممکن رسانده شود. بطور کلی رویه‌ها و روش‌های آزمون وضع شده توسط ASTM، در مقایسه با رویه‌های CEC، شامل جزئیات کامل تری (دقت‌ها، شرایط، بایدها و نیایدها) می‌باشند. رویه‌های ASTM و CEC نسبت به

### آزمون فولکس واگن، چسبیدگی سوپاپ‌های ورود استاندارد CEC F-16-T-96

هدف: ارزیابی چسبندگی سوپاپ‌های ورودی موتور  
موتور آزمون: موتور فولکس واگن ۱/۹ لیتری، مجهز به  
بالابر سوپاپ هیدرولیکی  
مدت زمان کل آزمون: ۱۰۰ ساعت

### آزمون M 111 E IVD/CCD استاندارد CEC F-20-A-98

هدف: اندازه‌گیری میزان رسوبات در محفظه احتراق  
موتور آزمون: آزمون موتوری M 111 E در آن از  
سیستم تزریق سوخت الکترونیکی بجای مکانیزم مکانیکی  
استفاده می‌گردد. در حال حاضر این آزمون جایگزین آزمون  
M 102 E'S شده است.  
مدت زمان کل آزمون: ۶۰ ساعت

### آزمون کک گرفتگی نازل‌ها با موتور پژو مدل XU D9 استاندارد CEC F-23-A-01

هدف: تعیین میزان انسداد یا رسوب گرفتگی نازل‌ها  
(انژکتورها) توسط سوخت‌های دیزلی  
موتور آزمون: موتور ۱/۹ لیتری پژو با پاشش غیر مستقیم  
مدت زمان کل آزمون: ۱۴۰ ساعت (۱۳۴ سیکل ۴ مرحله‌ای  
۱ ساعت و ۳ دقیقه ای)

### ب- آزمون‌های سوخت‌ها در آمریکا

#### آزمون رسوب گرفتگی انژکتور توسط موتور کامینز L-10

هدف: ارزیابی و تعیین مقدار رسوبات تشکیل شده بر روی  
انژکتورهای دیزلی در موتورهای سنگین  
موتور آزمون: موتور کامینز L-10 با توان ۳۰۰ اسب بخار  
مدت زمان کل آزمون: ۱۲۵ ساعت

و خواص فیزیکی و شیمیایی بنزین و گازوئیل و نیز آزمون‌های  
موتوری مربوطه نشان داده شده است. در ادامه، بطور خلاصه به  
معرفی رایج ترین آزمون‌های موتوری سوخت در اروپا، آمریکا و  
ژاپن پرداخته شده است.

### الف- آزمون‌های سوخت در اروپا

لازم به ذکر است که، در حال حاضر به علت عدم فروش  
موتورهای کاربراتوری در اروپا، CEC حمایت چندانی از این  
آزمون نمی‌کند با این وجود، هنوز هم ممکن است بعضی از  
مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های موتوری سوخت جهت مقاصد  
تحقیقاتی خود از این آزمون استفاده می‌کنند.

### آزمون رنو ۵ استاندارد CEC F-03-U-81

هدف: ارزیابی و تعیین نقش بنزین موتور در تشکیل رسوبات  
بر روی دریچه کاربراتور.  
موتور آزمون: موتور ۴ سیلندر رنو (R-5 810-26) مجهز  
به EGR<sup>۱</sup>  
مدت زمان کل آزمون: ۱۲ ساعت

### آزمون اپل کادت استاندارد CEC F-04-U-87

هدف: بررسی میزان تشکیل رسوبات بر روی سوپاپ‌های  
ورودی در موتورهای بنزینی کاربراتوری  
موتور آزمون: موتور اپل کادت  
مدت زمان کل آزمون: ۴ ساعت

### آزمون M 102 E IVD استاندارد CEC F-05-T-92

هدف: اندازه‌گیری میزان تشکیل رسوبات بر روی سوپاپ‌های  
ورودی در موتورهای انژکتوری  
موتور آزمون: موتور ۴ سیلندر اپل کادت به حجم ۲/۳ لیتر،  
میل سوپاپ رو (OHC<sup>۲</sup>)  
مدت زمان کل آزمون: ۶۰ ساعت

1. Exhaust Gas Recirculation (EGR)

2. Overhead Camshaft (OHC)

## الف- گازوئیل و موتورهای دیزلی

در موتورهای دیزلی نحوه ی راه اندازی (استارت)، عدد ستان، قدرت یا توان خروجی، بروز سایش (چرب کننده گی)، پاک کننده گی، خوردگی (خاصیت اسیدی)، عملکرد در دماهای پایین، پایداری اکسیداسیونی، ذخیره سازی، آلاینده های منتشره و تشکیل دوده متاثر و مرتبط با خواص گازوئیل مصرفی است. برای فرمولاسیون و ارزیابی گازوئیل تولیدی در پالایشگاهها، معمولاً این خواص توسط آزمون های فیزیکی - شیمیایی، دستگاهی شبیه سازی شده، رومیزی و یا بر روی شاسی دینامومترها و آزمون های جاده ای که بسیار زمان بر و گرانیقیمت هستند، اندازه گیری و تعیین می گردند.

با مشخص شدن تاثیر فاکتورهایی همچون تمیزی قطعات و رسوب سوخت در سیستم سوخت رسانی و انسداد سوخت پاشها (انژکتورها) بر عملکرد موتورها، موتورسازان تصمیم گرفتند که با همکاری پالایشگران با استفاده از موتورهای استاندارد و ایجاد رویه های آزمون های موتوری به ارزیابی و کنترل کیفیت سوخت بپردازند. نتایج آزمون های وضع شده در این خصوص به قرار ذیل می باشد:

### ▪ بررسی تمیزی انژکتورها

تمیزی انژکتورهای موتورهای دیزلی توسط آزمون TBA (PF-023) CEC، مورد ارزیابی قرار داده می شود بر این اساس حداکثر درصد افت جریان هوا نباید از ۸۵ درصد بالاتر باشد.

### ▪ عدد ستان

تعیین عدد اکتان ستان گازوئیل نیز توسط موتورهای تک سیلندر استاندارد انجام می گردد. کیفیت احتراق در موتورهای دیزلی با استفاده از عدد ستان تعریف می گردد. عدد ستان موتورهای دیزلی مدرن طبق استاندارد ASTM 975 نباید کمتر از ۴۰ باشد. برای سوخت های دیزلی با سطح کیفیت یورو ۱ تا یورو ۴ عدد ستان مطابق با قرارداد جهانی سوخت (WWFC) بترتیب ۴۸، ۵۱، ۵۳ و ۵۵ می باشد. این موتور نیز در بعضی از پالایشگاهها و آزمایشگاه های سوخت کشور موجود بوده و جهت تعیین عدد ستان سوخت های تولیدی بکار گرفته می شوند.

## آزمون فوردرنجر استاندارد ASTM D 6201

هدف: اندازه گیری میزان رسوبات سوپاپ های دود در موتورهای بنزینی (بنزین بدون سرب).

موتور آزمون: موتور فوردرنجر  
مدت زمان کل آزمون: ۱۰۰ ساعت

## ج- آزمون های سوخت ها در ژاپن

### آزمون هوندا F 22B CCDI استاندارد JASO M 352

هدف ارزیابی میزان رسوبات تشکیل شده در محفظه احتراق موتورهای بنزینی.

موتور آزمون: موتور هوندا ۴ سیلندر  
مدت زمان کل آزمون: دو مرحله ۲۵ ساعته

## د- آزمون های موتوری سوخت ها در قرارداد جهانی سوخت

با نهای شدن قرارداد جهانی سوخت (WWFC)، با هدف به حداقل رسانیدن تعداد آزمون ها برای اندازه گیری پارامترهای یکسان در موتورهای با تکنولوژی مشابه، بحث های زیادی در خصوص یکپارچه سازی آزمون ها صورت گرفت. در این راستا ژاپنی ها (JASO<sup>۱</sup>) آمریکایی ها، (CRC) و اروپایی ها (CEC) به تدارک و توسعه آزمون های موتوری مربوطه پرداختند. در جدول ۱ آزمون های موتوری مورد استفاده به منظور تعیین خواص بنزین ها و سوخت های دیزلی توسط WWFC نشان داده شده است [۸].

## تحلیل و تفسیر نتایج آزمون ها

در موتورهای احتراق داخلی، سوخت در کنار فاکتورهای مهمی همچون طراحی از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. برای مثال، سوخت نامرغوب می تواند به تشکیل رسوبات در داخل محفظه احتراق موتور منجر شده، کاهش نسبت تراکم و افت توان خروجی از آن را به همراه داشته باشد. در این صورت موتور برای جبران افت توان خروجی نیاز به سوختی با عدد اکتان بالاتر خواهد داشت.

1. The Japanese Automotive Standards Organization (JASO)

**جدول ۱- آزمون‌های موتوری مورد استفاده در تعیین خواص بنزین ها و سوخت‌های دیزلی توسط WWFC [۸].**

کیفیت بنزین در سطح :				آزمون‌های موتوری بنزینی و پارامترهای مورد ارزیابی، واحد
EURO 4	EURO 3	EURO 2	EURO 1	
			۸	۱- ارزیابی تمیزی کاربراتور، (ارزش گذاری) نمره، حداقل
	۵ ۱۰	۵ ۱۰	۱۰ ۱۰	۲- ارزیابی تمیزی سوخت پاش‌ها (انژکتورها) روش ۱، درصد افت جریان، حداکثر روش ۲، درصد افت جریان، حداکثر
	قبول	قبول	-	۳- ارزیابی چسبیدگی سوپاپ ورود، قبولی یا رد
۴- بررسی تمیزی سوپاپ‌های هوا (ورودی)				
			۹	تمیزی سوپاپ‌های هوا، (ارزش گذاری) نمره، حداقل
۳۰	۳۰	۵۰	-	آزمون CEC F-05-A-93، میلی گرم بر سوپاپ، حداکثر
۵۰	۵۰	۱۰۰	-	آزمون ASTM D 5500 (BMW Test)، میلی گرم بر سوپاپ، حداکثر
۵۰	۵۰	۹۰	-	آزمون ASTM D 6201 (Ford 2.3 Lit)، میلی گرم بر سوپاپ، حداکثر
۵- بررسی رسوبات محفظه ی احتراق				
۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	-	آزمون ASTM D 6201 (Ford 2.3 Lit)، درصد سوخت پایه، حداکثر
۲۵۰۰	۲۵۰۰	۳۵۰۰	-	آزمون CEC-F-20-A-98، میلی گرم برای هر موتور، حداکثر
۲۰	۲۰	۲۰	-	آزمون TGA - FLTM BZ154-01، درصد جرمی در دمای ۴۵۰ C°، حداکثر
۶- عدد اکتان (بنزین بدون سرب با اکتان ۹۱)				
۹۱	۹۱	۹۱	۹۱	عدد اکتان تحقیق (RON)، حداقل
۸۲/۵	۸۲/۵	۸۲/۵	۸۲	عدد اکتان موتور (MON)، حداقل
<b>سوخت دیزل</b>				
کیفیت سوخت دیزلی در سطح:				آزمون‌های موتوری دیزلی و پارامترهای مورد ارزیابی، واحد
EURO 4	EURO 3	EURO 2	EURO 1	
۸۵	۸۵	۸۵	-	۱- بررسی تمیزی انژکتورها آزمون CEC (PF-023) TBA، حداکثر درصد افت جریان هوا
۵۵	۵۳	۵۱	۴۸	۲- عدد ستان، حداقل

سنجش در آزمون‌های موتوری به قرار زیر می‌باشد:

- **تمیزی کاربراتور**  
در این آزمون به تمیزی کاربراتور نمره داده می‌شود حداقل نمره قبولی سوخت در آزمون ۸ می‌باشد.
- **تمیزی سوخت پاش‌ها یا انژکتورها**  
بعد از انجام آزمون، حداکثر افت جریان عبوری سوخت از میان انژکتورها اندازه‌گیری می‌گردد مقدار افت جریان نباید از ۱۰ درصد تجاوز کند.

### ب- بنزین و موتورهای بنزینی

عملکرد موتورهای بنزینی نیز همچون موتورهای دیزلی در گرو استفاده از سوختهایی با خواص و ویژگی‌های مناسب می‌باشد. فرارایت (فشار بخار، مشخصات منحنی تقطیر، نسبت بخار به مایع)، عدد اکتان و سایر خواص بنزین با قابلیت رانندگی (چگونگی استارت، گرم شدن و حرکت موتور)، توان خروجی، اقتصاد سوخت و آلاینده‌های منتشره از گزوز خودروهای بنزینی ارتباط مستقیم دارد. نتایج و حدود مجاز پارامترهای مورد



جدول ۲- روش‌های استاندارد تعیین مشخصات و خواص فیزیکی و شیمیایی بنزین موتور [۸].

EN	JIS K	ASTM D	ISO	پارامتر مورد ارزیابی، واحد
۵۱۶۴	۲۲۸۰	۲۶۹۹		عدد اکتان تحقیق
۵۱۶۳	۲۲۸۰	۲۷۰۰		عدد اکتان موتور
	۲۲۸۷	۵۲۵	۷۵۳۶	پایداری اکسیداسیونی، دقیقه
	۲۵۴۱	۲۶۲۲	۲۰۸۴۶	میزان گوگرد، میلی گرم بر کیلوگرم
۲۳۷	۲۲۵۵	۳۲۳۷		میزان سرب، میلی گرم بر لیتر
۱۴۵۳۸				میزان پتاسیم، میلی گرم بر لیتر
		۳۲۳۱		میزان فسفر و منگنز، میلی گرم بر لیتر
(ICP-AES)				میزان سیلیکون، میلی گرم بر کیلوگرم
۱۳۱۳۲	۲۵۳۶	۴۸۱۵		میزان اکسیژن، درصد جرمی
	۲۵۳۶	۱۳۱۹	۳۸۳۷	میزان الفین‌ها، درصد حجمی
۱۴۵۱۷	۲۵۳۶	۱۳۱۹	۳۸۳۷	میزان آروماتیک‌ها، درصد حجمی
۲۳۸	۲۵۳۶	۵۵۸۰		میزان بنزن، درصد حجمی
۱۳۰۱۶/۱	۲۲۵۸	۵۱۹۱		فشار بخار، کیلو پاسکال
	۲۲۵۴	۸۶	۳۴۰۵	مشخصات تقطیر
		۵۱۸۸		نسبت بخار به مایع، درجه سانتیگراد
		۵۴۵۲		رسوبات، میلی گرم بر لیتر
(آزمون CCD)	۲۲۶۱	۳۸۱	۶۲۴۶	صمغ شسته نشده، میلی گرم بر ۱۰۰ میلی لیتر
	۲۲۶۱	۳۸۱	۶۲۴۶	صمغ شسته شده، میلی گرم بر ۱۰۰ میلی لیتر
	۲۲۴۹	۴۰۵۲	۳۶۷۵	دانسیته، کیلوگرم بر مترمکعب
	۲۵۱۳	۱۳۰	۲۱۶۰	خوردگی نوار مس
بازدید چشمی		۴۱۷۶		ظاهر
(CEC F-03-T)				تمیزی کاربراتور
		۵۵۹۸		تمیزی انژکتور - روش ۱، درصد افت جریان
		۶۴۲۱		تمیزی انژکتور - روش ۲، درصد افت جریان
			۴۴۰۶	ذرات آلودگی، کد ارزیابی
			۴۴۰۷	توزیع ذرات، تعداد ذره در هر میلی لیتر
(CEC F-16-T)				چسبیدگی سوپاپ ورود، قبول / مردود
(CEC F-04-A)				تمیزی سوپاپ ورود
(CEC F-05-A)				روش ۱، متوسط ۴ سوپاپ، میلی گرم بر هر سوپاپ
		۵۵۰۰		روش ۲، آزمون بی ام دبلیو، میلی گرم بر هر سوپاپ
		۶۲۰۱		روش ۳ آزمون موتور فورده، میلی گرم بر هر سوپاپ
		۶۲۰۱		رسوبات محفظه احتراق، روش ۱، درصد از سوخت مینا
(CEC F-20-A)				روش ۲، میلی گرم بر موتور
(FLTM-BZ154)				روش ۳، ۳ درصد جرمی در ۴۵۰ °C

**جدول ۳- روش های استاندارد تعیین مشخصات و خواص فیزیکی و شیمیایی سوخت دیزل [۸].**

EN (els.)	JIS K	ASTM D	ISO	پارامتر مورد ارزیابی - واحد
	۲۲۸۰	۶۱۳	۵۱۶۵	عدد ستان
	۲۲۸۰	۴۷۳۷	۴۲۶۴	ستان ایندکس
	۲۲۴۹	۴۰۵۲	۳۶۷۵	دانسیته در $15^{\circ}\text{C}$ ، کیلوگرم بر مترمکعب
	۲۲۸۳	۴۴۵	۳۱۰۴	گرانروی در $40^{\circ}\text{C}$ ، سانتی استوک
	۲۵۴۱	۵۴۵۳	۲۰۸۴۶	مقدار گوگرد، میلی گرم بر کیلوگرم
۱۲۹۱۶		۵۱۸۶		مقدار کل آروماتیکها، درصد جرمی
۱۲۹۱۶		۲۴۲۵		میزان هیدروکربورهای حلقوی، درصد جرمی
	۲۲۵۴	۸۶	۳۴۰۵	نقطه جوش نهایی، T90, T95، درجه سانتیگراد
	۲۲۶۵	۹۳	۲۷۱۹	نقطه اشتعال، درجه سانتیگراد
	۲۲۷۰	۴۵۳۰	۱۰۳۷۰	باقیمانده کربن، درصد جرمی
۱۱۶	۲۲۸۸	۶۳۷۱		نقطه سرد رفتگی فیلتر، درجه سانتیگراد
		۴۵۳۹		تست جریان در دمای پایین، درجه سانتیگراد
	۲۲۶۹	۲۵۰۰	۳۰۱۵	نقطه ابری شدن، درجه سانتیگراد
	۲۲۷۵	۶۳۰۴	۱۲۹۳۷	میزان آب موجود، میلی گرم بر کیلوگرم
		۲۲۷۴	۱۲۲۰۵	پایداری اکسیداسیونی - روش ۱، گرم بر مترمکعب
				پایداری اکسیداسیونی - روش ۱
(NF M 07-075)				حجم کف، میلی لیتر
(NF M 07-075)				زمان اضمحلال کف، ثانیه
(NF M 07 070)				رشد بیولوژیکی
۱۴۰۷۸				میزان اسید چرب متیل استر، درصد حجمی
		۴۸۱۵		میزان اتانول و متانول، درصد حجمی
		۶۶۴	۶۶۱۸	عدد اسیدی کل، میلی گرم KOH بر هر گرم
		۶۶۵		خوردگی آهن
	۲۵۱۳	۱۳۰	۲۱۶۰	خوردگی نوار مس
(بازدید چشمی)		۴۱۷۶		ظاهر
	۲۲۷۲	۴۸۲	۶۲۴۵	میزان خاکستر، درصد جرمی
۱۲۶۶۲		۵۴۵۲		آلودگی کلی با ذرات، میلی گرم بر کیلوگرم
			۴۴۰۶	ذرات آلودگی، کد ارزیابی
			۱۱۵۰۰	توزیع ذرات، تعداد ذره در هر میلی لیتر
(CEC PF-3)				تمیزی انژکتور، درصد افت جریان هوا
(CEC F-06-A)		۶۰۷۹	۱۲۱۵۶	چرب کنندگی در $60^{\circ}\text{C}$ ، میکرون
(ICP)		۵۱۸۵		میزان فلزات، میلی گرم بر لیتر

بهبود کیفیت فرآورده‌های نفتی در پالایشگاه‌های داخلی، کیفیت بنزین و گازوئیل عرضه شده در جایگاه‌های سوختگیری در ابتدای تابستان این سال باید به استانداردهای یورو ۴ و ۵ می‌رسید. علی‌رغم مزایای عملکردی، زیست محیطی و اقتصادی بسیاری زیادی که در خصوص بکارگیری خودروهای دیزلی سبک در ناوگان‌های حمل و نقل بر شمرده شده خودروسازان داخلی به علت عدم تولید سوخت‌های دیزلی با گوگرد کمتر از ۵۰ ppm هنوز اقدام به تولید و عرضه این دسته از خودروها ننموده‌اند [۹].

از طرفی دیگر، طی سال‌های اخیر کیفیت سوخت‌های مصرفی در بخش حمل و نقل کانون مشکلات زیست محیطی ناشی از تردد خودروها در کلان شهرها بوده است. عمده‌ی مباحث مطروحه در زمینه‌ی کیفیت سوخت‌ها در کشور بر روی میزان گوگرد، عدد اکتان و میزان ترکیبات آروماتیک (بوژه در بحث بنزین تولیدی در کشور) بوده است. موضوع تاثیر سوخت بر تشکیل رسوبات و عواقب آن بحثی پیچیده، دقیق و حساس می‌باشد که پالایشگاه‌ها، خودروسازان، مراکز تحقیقاتی و سایر گروه‌های ذینفع باید بطور جدی و اصولی بر روی آن تمرکز و سرمایه‌گذاری نمایند.

در کنار کنترل و ارزیابی خواص فیزیکی و شیمیایی بنزین و گازوئیل تولیدی در کشور موضوع تمیزی و تجمع رسوبات بر روی قطعاتی همچون سوپاپ‌ها، انژکتورها و محفظه احتراق موتورها و اثرات سوختها بر آن نیز از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. سنجش و ارزیابی این آثار مستلزم برپایی آزمایشگاه‌های موتوری با تجهیزات و موتورهای ویژه می‌باشد که در حال حاضر در کشور وجود نداشته و یا گزارشی از آنها منتشر نگردیده است.

آزمون‌های موتوری نیازمند استقرار موتورهای ویژه و استاندارد بر روی سکوها یا تجهیزات خاص هستند. این موتورها در اتاق‌های تست (سلول تست) تحت شرایط خاص به حرکت در آمده و بعد از طی کردن دوره‌های تست چندین ساعته باز و قطعات شان (سوپاپ‌ها، انژکتورها، محفظه‌ی احتراق و...) مورد بازدید و سنجش قرار داده می‌شود.

### ■ چسبیدگی سوپاپ ورود

سوپاپ‌های هوا یا ورود نباید به محل نشیمنگاه خود بچسبند.

### ■ تمیزی سوپاپ‌های ورودی

در خصوص بنزین‌های بدون سرب با سطح کیفی یورو ۱ به میزان تمیزی سطوح سوپاپ‌های ورودی نمره داده می‌شود حداقل نمره قبولی ۹ می‌باشد. برای بنزین‌های با سطح کیفی یورو ۲ و بالاتر میزان مجاز این رسوبات حداکثر ۱۰۰ میلی گرم به ازای هر سوپاپ می‌باشد.

### ■ بررسی رسوبات محفظه‌ی احتراق

مطابق با آزمون CEC-F-20-A-98، برای بنزین‌های با سطح کیفی یورو ۲ و بالاتر میزان رسوبات محفظه احتراق حداکثر ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ میلی گرم برای هر موتور می‌باشد.

### ■ عدد اکتان (به روش تحقیق و موتور)

تعیین عدد اکتان بنزین به روش تحقیق (RON) و موتور (MON) توسط موتورهای تک سیلندر استاندارد انجام می‌گردد. عدد اکتان بنزین بسته به نوع آن (معمولی، سوپر) متفاوت بوده و با توجه به استانداردهای رایج در هر کشور تعیین می‌گردد. مقادیر RON سه نوع بنزین بدون سرب با سطح کیفی معادل یورو ۲ مطابق با قرارداد جهانی سوخت بترتیب ۹۱، ۹۵ و ۹۸ و مقادیر عدد اکتان MON آنها بترتیب ۸۲/۵، ۸۵ و ۸۸ می‌باشد. این موتورها در اکثر پالایشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های سوخت کشور موجود بوده و جهت تعیین عدد اکتان سوخت‌های تولیدی بکارگرفته می‌شوند.

### بررسی آزمون‌های موتوری سوخت در کشور

بنزین و گازوئیل در سبد سوخت بخش حمل و نقل کشور سهم عمده را به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس آمارهای منتشره، در مهر ماه ۱۳۹۰ تعداد خودروهای شماره گذاری شده در کشور از مرز ۱۴ میلیون دستگاه گذشته است. از سوئی دیگر، متوسط مصرف بنزین مصرفی در کشور به حدود ۶۰ تا ۶۵ میلیون لیتر در روز و متوسط مصرف سوخت دیزل نیز تقریباً ۸۵ تا ۹۰ میلیون لیتر در روز گزارش شده است [۹ و ۱۰].

طبق برنامه، با بهره‌برداری از طرح‌های بهینه سازی و

در کشور، جهت تعیین فرمولاسیون مناسب بنزین و گازوئیل تولیدی در پالایشگاههای کشور باید نمونه‌های سوخت یا روغن موتور تولیدی در داخل کشور را با صرف هزینه‌های هنگفت به آزمایشگاههای خارج از کشور ارسال نمود. تشکیل رسوبات و کثیف شدن انژکتورها علاوه بر کاهش راندمان خودروها افزایش مصرف سوخت، افت توان و افزایش میزان آلاینده‌های منتشره از اگزوز آنها را به همراه خواهد داشت.

آماده سازی زیر ساخت‌های لازم و انجام آزمون‌های موتوری سوخت و روغن در کشور پروسه ای زمان بر و هزینه بر ولیکن ارزشمند می‌باشد. این امر در گرو پیمودن مراحل زیر می‌باشد:

- برگزاری جلسات کارشناسی فی مابین پالایشگاه‌ها، خودرو سازان، موسسه استاندارد و محققین و پژوهشگران ذیربط، اتخاذ راهکارهای مناسب و تقسیم وظایف در این مسیر.
- تدوین استانداردهای ملی، کارخانه ای و یا مشابه سازی استانداردهای معتبر جهانی (ترجمه استانداردهای معتبر موجود و تصویب آن به عنوان استاندارد ملی با اعمال اصلاحات لازم)
- استانداردهای مربوط به موتورهای بنزینی
- استانداردهای مربوط به موتورهای دیزلی
- انتخاب آزمایشگاههای مرجع و مجری با توجه به امکانات موجود در کشور
- معرفی موتورهای مرجع و تعیین حدود مجاز پارامترهای تحت کنترل و نظارت
- تعیین موتورهای مرجع و استاندارد برای انجام آزمون‌های موتوری در کشور را باید با توجه به فراوانی جمعیت خودروها در نظر گرفت بطور نمونه در خصوص موتورهای بنزینی موتورهای پراید، پژو و یا موتور ملی EF7 را می‌توان انتخاب نمود.
- تعیین حدود مجاز در استاندارد باید با توجه به توانمندی‌های پالایشگاههای و خودروسازان کشور صورت گیرد اتخاذ برنامه‌های کوتاه مدت و بلند مدت در رساندن حدود مجاز در استانداردهای ملی به استانداردهای جهانی باید مد نظر قرار داده شود.

نظر به اینکه حل مشکلات و موانع سوخت کشور مستلزم همکاری و هماهنگی خودروسازان (مصرف کننده) و پالایشگران (تولیدکننده) است. خودروسازان عمده کشور همچون ایران خودرو و سایپا با داشتن مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاههای موتوری مجهز باید در زمینه ی ایجاد زیرساخت‌ها و تامین موتورهای استاندارد اقدام نمایند. بدین منظور، آنها می‌توانند همچون بسیاری از کشورها از موتورهای شبیه سازی شده بجای موتورهای استاندارد نیز استفاده نمایند. همکاری مراکز تحقیقاتی و پالایشگاههای کشور در پیشبرد این آزمون‌ها و بهبود کیفیت سوخت‌های تولیدی در کشور ضروری و بسیار موثر می‌باشد.

### بحث و نتیجه گیری

نقش آزمون‌های موتوری سوخت در بهینه سازی، شبیه سازی شرایط کارکردی واقعی و ارزیابی عملکرد سوخت‌های مصرفی در موتورهای احتراق داخلی بسیار تاثیر گذار می‌باشد. موتورسازان از نتایج آزمون‌های موتوری برای افزایش راندمان، کاهش مشکلات موتورها همچون تشکیل رسوبات و گرفتگی افشانه‌های سوخت، کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌های منتشره از موتورها استفاده می‌کنند. این آزمون‌ها مطابق با استاندارد جهانی یا کارخانه ای تعریف و انجام می‌گردند. هزینه‌های بالا جهت راه اندازی و اجرای آزمون‌ها، تامین سوخت استاندارد یا مرجع و تامین قطعات یدکی از موانع گسترش آزمون‌های موتوری سوخت هستند.

در حال حاضر پالایشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاههای موجود در کشور با داشتن تجهیزات مناسب قادر به اندازه‌گیری و سنجش کلیه ی خواص فیزیکی و شیمیایی سوخت‌های مایع مصرفی در بخش حمل و نقل کشور می‌باشند اما با توجه به تحولاتی که در عرصه جهانی سازی سوخت بوقوع پیوسته، برپایی آزمایشگاه‌های تست موتوری بنزین و گازوئیل، جهت بررسی نقش سوخت‌ها در چسبندگی و تمیزی سوپاپ‌های ورود، تشکیل رسوبات در محفظه ی احتراق (موتورهای بنزینی) و تمیزی انژکتورها (موتور دیزلی) ضروری و لازم به نظر می‌رسد. با توجه به عدم وجود آزمایشگاههای موتوری سوخت و روغن

- انتخاب و آماده سازی آزمایشگاه موتوری
- خریداری موتورهای استاندارد از شرکت‌های معتبر خارجی
- شبیه سازی موتورهای تولید داخل با موتورهای استاندارد
- آماده سازی زیر ساخت‌ها و تجهیزات
- ایجاد اتاقک‌ها یا سلول‌های تست
- ایجاد سکوه‌های تست موتوری
- آماده سازی تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری
- آزمایشگاه‌های تست موتوری
- نصب تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل (دینامومترها، تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل و...)
- تامین قطعات یدکی برای موتورهای آزمون برای یک دوره زمانی معین و طولانی مدت
- تامین سوخت‌های استاندارد (میزان گوگرد، عدد ستان
- یا عدد اکتان و سایر خواص فیزیکی و شیمیایی) جهت آزمون‌های مینا و مقایسه ای،
- آموزش و تربیت پرسنل و کارشناسان مجرب جهت انجام آزمون‌ها، اندازه‌گیری پارامترهای مربوطه و تجزیه و تحلیل نتایج مجدداً متذکر شد که، هدف از انجام آزمون‌های موتوری، ارزیابی توانمندی‌های سوخت‌ها و یا مواد افزودنی موجود در آن در جهت تمیز نگاه داشتن و جلوگیری از تشکیل رسوبات بر روی کربراتور، انژکتور، سوپاپ‌های ورودی، اتاقک احتراق و... است. از این آزمون‌ها بمنظور صدور تاییدیه‌های لازم در اثبات نداشتن اثرات منفی بر روی قطعات (بوئزه آب‌بندها و الاستومرها) بازدهی و کار آیی مناسب سوخت‌ها، مواد افزودنی و قطعاتی که با هدف بهبود اقتصاد سوخت و یا کاهش آلاینده‌های منتشره از آگروز خودروها مطرح می‌گردند نیز می‌توان استفاده نمود.

#### منابع

1. Engine & Rig Testing of Fuels & Lubricants, Edition May 2002.
2. Caines A. and Haycock R., Automotive Lubricants Reference Book, Mechanical Engineering Publications Ltd., UK, 1996.
3. Bauer H. , Bosch Automotive Handbook, 4th ed.: Robert Bosch (GmbH), 1996.
4. Benson R.S. and Whitehouse N.D. , Internal Combustion Engines, Volumes 1 and 2, Pergamon Press, Inc. 1979.
5. Taylor C.F., The Internal Combustion Engine in Theory and Practice, Volumes I and II, M.I.T.Press, 1966 and 1968 Reissued in paperback in 1977 and in 1985 as Second Edition with minor modifications.
6. Petroleum Products Lubricants and Fossil Fuels, Annual Book of ASTM Standards, Sections, Section 5, ASTM, Philadelphia.
7. CEC in the European Framework for Lubricant Testing, [www.cectests.org/eelqms.asp](http://www.cectests.org/eelqms.asp).
8. Worldwide Fuel Charter, Fourth Edition, September 2006.
۹. نگاهی به نقش سوخت در آلودگی هوای کلانشهرهای کشور، ماهنامه اقتصاد ترابری ایران، شماره ۱۰۴، ۱۳۹۰.
۱۰. تعداد خودروهای کشور از مرز ۱۴ میلیون گذشت، جام جم آنلاین، ۱۰ مهر ۱۳۹۰.
11. <http://www.biodieselpictures.com>