بررسی امکان تولید دو نوع گازوئیل دیزلی و حرارتی

● امیر عباس فرزادی مقدم[۱]، مریم قائدیان[۱*]، حسین طلاچی[۱]، محمد تیموری[۱]، محمد امیری[۲]
۱ – پژوهشکده پالایش، پژوهشگاه صنعت نفت
۲ – امور تحقیق و توسعه شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران
ghaedianm@ripi.ir

پژوهش نفت
سال هفدهم
شماره ۵۵
صفحه ۸۳ -۷۴، ۱۳۸۶

چکیده

امروزه کیفیت گازوئیل بسته به نوع استفاده در موتورهای دیزلی وسایل نقلیه سنگین و نیمه‌سنگین و همچنین سوخت مشعل تاسیسات حرارتی و مصارف دیگر متفاوت بوده و هر یک می‌بایست مشخصات ویژه‌ای داشته باشد. در صورتی‌که در حال حاضر در کلیه پالایشگاه‌های کشور تنها یک نوع گازوئیل با مشخصات قدیمی پالایشگاه آبادان تحت عنوان استاندارد **NIORDC** تولید می‌شود. این گازوئیل برای مصرف در موتورهای دیزلی خودروهای شهری و جاده‌ای کیفیت پائینی داشته و خارج از استانداردهای جدید بین‌المللی است. بدیهی است با تفکیک تولید و توزیع این دو نوع گازوئیل می‌توان فرآورده‌هایی با کیفیت بهتر و آلایندگی کمتر برای استفاده در موتورهای دیزلی و سوختی با خصوصیات مناسب برای مصارف حرارتی تعریف و تولید کرد. بر این اساس به عنوان نمونه، تولید دو نوع گازوئیل با استفاده از محصول گازوئیل تجارتی پالایشگاه تهران پیشنهاد و کلیه آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی و همچنین آزمایش عملکرد موتوری و میدانی بر روی آن‌ها انجام شده است.

واژه‌های کلیدی:گازوئیل، سوخت دیزل، منحنی تقطیر، نقطه ریزش، آروماتیک‌های پلی سیکلیک، عملکرد موتور دیزل

مقدمه

آن دسته از هیدروکربن‌هایی که از نفت سفید سنگین‌تر و شماره اتم‌های کربن آن‌ها اکثراً در محدوده ۱۵ تا ۲۴ بوده و دارای دامنه جوش تقریبی ۲۵۰ تا ۳۸۰ ^{o}C می‌باشند، گازوئیل یا سوخت دیزل نامیده می‌شوند (جداول۲و۱). در گذشته، سوخت دیزل، مستقیماً از تقطیر نفت خام و بدون هیچ‌گونه عملیات ثانویه تصفیه، به دست می‌آمد. ولی امروزه برای افزایش میزان تولید و پاسخ‌گویی به رشد سالیانه تقاضا و تنظیم نوع هیدروکربن‌ها و حذف یا کاهش عناصر زیان‌آور مثل گوگرد، از فرآیندهای مختلفی نظیر شکست و تصفیه هیدروژنی استفاده می‌شود، از آمیختن گازوئیل حاصل از تقطیر در اتمسفر[۱] گازوئیل حاصل از تقطیر در خلاء[۲]، گازوئیل حاصل از آیزوماکس[۳]، نفت سفید حاصل از تقطیر در اتمسفر[۴]و نفتای اختلاطی[۵]

1. Atmospheric Diesel
2. Vacuum Diesel
3. Isomax Diesel
4. Kerosene
5. Blending Naphta

گازوئیل تجارتی تولیدی فعلی پالایشگاه‌های کشور، که برای استفاده در بخش‌های مختلف به بازار مصرف هدایت می‌شود با درصدهای متفاوت در هر پالایشگاه مطابق جدول ۳ به‌دست می‌آید. گازوئیل، مصارف گوناگون دارد که مهم‌ترین آن، سوخت موتورهای دیزلی و تاسیسات حرارتی است. لازم به ذکر است که ویژگی‌های گازوئیل و میزان تولید آن به نوع نفت خام و شرایط پالایش بستگی دارد.

اهمیت بازنگری سوخت دیزل [۱]

سوخت دیزل مانند خونی است که در حیات صنعت کامیون‌داری جریان دارد. در طول سال‌های ۱۹۸۰ به بعد، توجه جدی به مسایل زیست محیطی، آلودگی هوا و به‌خصوص تخریب لایه اوزن، سازمان محیط زیست جهانی را بر آن داشت تا قوانین محکمی را با استفاده از تحقیقات و آزمایش‌های به عمل آمده در دهه ۱۹۹۰، به مرحله اجرا گذارد. از سال ۱۹۹۳، کشورهای اروپائی و امریکا مجبور به کاهش میزان گوگرد و مواد آروماتیکی موجود در سوخت موتور دیزلی خودروها در بخش حمل و نقل شدند. بنابراین شرکت‌های نفتی، پالایشگاه‌ها و کارخانجات تولید موتورهای دیزلی را مجبور به رعایت استانداردهای EPA[1] و CARB[2] نمودند به‌طوری‌که، طبق جدول ٤، بسیاری از مشخصات کنونی با گذشته فرق کرده است.

مزایای استفاده از سوخت تمیز[3] شامل کاهش آلودگی هوا، بازدهی بالا و عمر بیشتر موتورهای دیزلی، پژوهشگران را بر آن داشت تا به تحقیق روی

جدول ۱- مشخصات گازوئیل تولیدی شرکت ملی نفت ایران

مشخصات	نتیجه	روش آزمایش
دانسیته در دمای ۱۵ °C، kg/m^3	۸۶۰-۸۲۰	ASTM D-۱۲۹۸
تقطیر بازیابی شده در ۳۷۵°C، درصد حجمی آخرین نقطه جوش	 حداقل ۹۰ حداکثر ۳۸۵°C	ASTM D-۸٦
رنگ	حداکثر ۳	ASTM D-۱۵۰۰
نقطه اشتعال، °C	حداقل ٥٤	ASTM D-۹۳
مقدار کل گوگرد، درصد وزنی	حداکثر ۱	ASTM D-۱۵۵۲
خوردگی نوار مس، ۳ ساعت در ۱۰۰°C	1a	ASTM D-۱۳۰
گرانروی سینماتیک در ۳۷/۸°C ، سانتی استوک	۵/۵-۲/۰	ASTM D-٤٤٥
* نقطه ابری شدن، °C	حداکثر ۲	ASTM D-۲۵۰۰
* نقطه ریزش، °C	حداکثر ٤-	ASTM D-۹۷
باقیمانده کربن (روی ۱۰٪ باقیمانده)، درصد وزنی	حداکثر ۰/۱	ASTM D-۱۸۹
خاکستر، درصد وزنی	حداکثر ۰/۰۱	ASTM D- ٤٨٢
اندیس سیتان	حداقل ۵۰	ASTM D-۹۷٦
آب و رسوبات، درصد حجمی	حداکثر ۰/۰۵	ASTM D-۲۷۰۹

*** مقادیر Cloud Point و Pour Point به ترتیب ٤/٥°C و١°C- برای اول فروردین تا آخر شهریور می‌باشد.**

1. Enviromental Protection Agency
2. California Air Resources Boad
3. Clean Fuel

اصلاح ساختار این برش نفتی برای پالایشگاه‌ها و اثرات آن بر روی محیط زیست، موتورها و تجهیزات آن بپردازند، تا در آینده‌ای نزدیک سوخت دیزلی با استانداردی جدید نه تنها برای موتورهای وسایل نقلیه جاده‌ای بلکه برای مصرف در تاسیسات حرارتی منازل، نیروگاه‌ها، صنایع، راه‌آهن، کشاورزی و کشتی‌ها تهیه و به بازار مصرف ارائه شود.

علاوه بر تغییر در کیفیت اجزاء تشکیل دهنده سوخت دیزل، کارخانه‌های تولید کننده موتورهای دیزلی نیز ملزم به اعمال تغییراتی در موتورها، به‌خصوص سیستم انژکتور و محفظه احتراق آن شده‌اند.

جدول ۲- پارافین‌های نرمال گازوئیل تجارتی تولیدی پالایشگاه تهران (با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گاز)

ترکیب	درصد وزنی
C_{14}	۰/۷
C_{15}	۵/۷
C_{16}	۱۲/۷
C_{17}	۱۷/۱
C_{18}	۱۸/۷
C_{19}	۱۵/٤
C_{20}	۸/٤
C_{21}	۷/۲
C_{22}	٦
C_{23}	۳/۹
C_{24}	۲/۳
C_{25}	۰/۹
C_{26}	۰/٦
C_{27}	۰/٤

گازوئیل‌های پیشنهادی برای سوخت موتور دیزلی و مشعل حرارتی[۱ و ۲]

عوامل مهمی که باعث بهبود کیفیت احتراق سوخت در موتورهای دیزلی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی می‌شوند، عبارتند از:

۱ - کاهش میزان گوگرد

۲ - کاهش میزان آروماتیک‌ها و ترکیبات نیتروژن‌دار

۳ - کاهش دانسیته

٤ - کاهش نقطه جوش ۹۵ درصد تقطیر.

۵ - افزایش عدد سیتان

٦ - کاهش میزان باقیمانده کربن

با توجه به این‌که اکثر نفت‌های خام ایران از نوع پارافینی نفتنی است، فرآورده گازوئیل حاصل از آن، از نظر هیدروکربن‌های آروماتیک و عدد سیتان در حد مطلوب می‌باشند (جدول ٦).

اما مقدار گوگرد این گازوئیل نسبت به استانداردهای جهانی زیاد است. لذا، برای کاهش آن با نصب دستگاه‌های گوگردزدائی در پالایشگاه‌های کشور باید اقدام جدی به‌عمل آید. در نتیجه، برای بهبود کیفیت گازوئیل تجارتی موجود، از شش عامل تعیین کننده بالا، سه مورد باقی می‌ماند، که به ترتیب شامل کاهش دانسیته، کاهش نقطه جوش ۹۵ درصد تقطیر و کم شدن باقیمانده کربن می‌باشند.

یکی از روش‌های سریع و در دسترس که نیاز به سرمایه‌گذاری زیادی برای بهبود سوخت موتور دیزل ندارد، پائین آوردن نقطه جوش انتهایی تقطیر[1] (FBP) و یا به عبارت دیگر سبک‌تر کردن آن است. این امر باید به‌عنوان یک عامل مهم در تهیه گازوئیل جدید موتورهای دیزلی (جدول٤) در نظر گرفته شود. برای این منظور می‌توان نقطه جوش انتهایی گازوئیل فعلی را که طبق روش استاندارد تقطیر D-86 حداکثر ۳۸۵ °C است، به ۳۳۵ °C که معادل نقطه جوش ۳۵۰°C در تقطیر[2] TBP (روش D-2892) می‌باشد، کاهش داد. به‌این ترتیب به‌عنوان نمونه، گازوئیل تجارتی پالایشگاه تهران با تقطیر به دو برش تفکیک شده است، برش اول تقطیر TBP (IBP[3]-۳۵۰°C) است، که ۸۱ درصد حجمی از گازوئیل تجارتی فعلی می‌باشد، این برش را سوخت A نامیده و مورد مصرف آن موتورهای دیزلی وسایل نقلیه در نظر گرفته می‌شود. حال با توجه به افزایش سالیانه مصرف برای حمل و نقل طبق جدول ۵، اگر مقدار آن را حدود ٦۱ درصد فرض کنیم، ۲۰ درصد سوخت مرغوب. مازاد بر مصرف وسایل نقلیه دیزلی به دست می‌آید.

1. Final Boiling Point
2. True Boiling Point
3. Initial Boiling Point

جدول ۳ – اجزاء تشکیل دهنده و درصد حجمی آن‌ها برای گازوئیل تجارتی هشت پالایشگاه کشور

پالایشگاه	نفت گاز تقطیر در اتمسفر	نفت گاز تقطیر در خلاء	نفت سفید	نفت گاز آیزوماکس	نفتای اختلاطی	نفت گاز تجارتی
آبادان	۶۴	-	۳۶	-	-	۱۰۰
اراك	۵۵	۱۰	-	۲۵	۱۰	۱۰۰
اصفهان*	۴۳	۲۸	-	۱۸	۹	۱۰۰
بندرعباس	۴۸	۲۲	۳	۱۹	۸	۱۰۰
تهران	۴۰	۲۴	۸	۱۶	۱۲	۱۰۰
تبریز	۷	۶۰	-	۲۰	۱۳	۱۰۰
شیراز	۴۶	۷	۱۹	۲۸	-	۱۰۰
کرمانشاه	۵۱	-	۴۹	-	-	۱۰۰

(*) به ترتیب ۰/۷ و ۱/۳ درصد ، برگشتی سبک و سنگین L.A.B اضافه می‌شود.

جدول ٤- مشخصات سوخت دیزل کشورهای اروپا، امریکا و سایر نقاط جهان

مشخصات	ایالات متحده آمریکا		اروپا		سایر نقاط جهان
	EPA ۲۰۰۷	CARB متوسط	سال ۲۰۰۵	جاری	
گوگرد، ppm	حداکثر ۱۵	۱۵	حداکثر ۵۰	حداکثر ۳۵۰	حداکثر ۳۰
°API	حداقل ۳۰	۳۳-۳۹	–	-	-
دانسیته، kg/m^3	–	–	حداکثر ۸۲۵	حداکثر ۸٤۵	حداکثر ۸٤۰
تقطیر ۸٦-D، °C ٪۹۰ ٪۹۵	حداکثر ۳۳۸ -	حداکثر ۳۲۱ حداکثر ۳٤۹	– حداکثر ۳٤۰	– حداکثر ۳٦۰	– حداکثر ۳٤۰
عدد سیتان	–	٤۸	حداقل ٥٦	حداقل ۵۱	حداقل ۵۵
اندیس سیتان	حداقل ٤۰	–	–	-	–
پلی آروماتیک‌ها، درصد وزنی	–	۱/٤	حداکثر۱	حداکثر ۱۱	حداکثر ۲
مقدارکل‌آروماتیک‌ها درصدوزنی	حداکثر ۳٦	۱۰	–	-	حداکثر ۱۵

جدول ۵- سهم مصرف گازوئیل تجارتی در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران

نوع مصرف	درصد مصرف	
	سال ۱۳۷۸	سال ۱۳۷۹
حمل و نقل	۵۴/۱	۵۴/۶
کشاورزی	۱۷/۹	۱۵/۵
صنایع	۹	۹
خانگی	۷/۶	۶/۹
برق	۴/۵	۵/۵
اصناف	۲/۴	۲/۳
ادارات	۲/۶	۳/۱
ارتش	۱/۸	۱/۸
کشتی	۱/۱	۱/۱
جمع	۱۰۰	۱۰۰

برش دوم تقطیر TBP را سوخت D (باقیمانده بزرگ‌تر از ۳۵۰°C) تشکیل می‌دهد، این سوخت حدود ۱۹ درصد از گازوئیل تجارتی فعلی را شامل می‌شود. مطابق جدول ٦، نتایج حاصل از آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی، بیانگر مناسب بودن این سوخت، به‌عنوان سوخت حرارتی است. تنها اشکال این سوخت بالا بودن نقطه ریزش آن (در حدود ١٤°C) است. این نقطه ریزش بالا، به‌دلیل وجود هیدروکربن‌های سنگین پارافین نرمال (واکس‌های ماکروکریستالین) است، با افزودن فرآورده نفت سفید به‌عنوان رقیق کننده و یا مواد افزودنی کاهش دهنده نقطه ریزش، می‌توان آن را به کمتر از ٤°C - که استاندارد فعلی شرکت ملی نفت ایران است، کاهش داد و از آن به‌عنوان سوخت حرارتی منازل، کارخانجات و نیروگاه‌ها استفاده کرد. روش دیگری نیز برای تهیه سوخت حرارتی مناسب وجود دارد. همان‌گونه که قبلاً ذکر گردید، می‌توان ۲۰ درصد سوخت مازاد بر مصرف وسایل نقلیه دیزلی A را با سوخت حرارتی D که حدود ۱۹ درصد از گازوئیل تجارتی فعلی است، مخلوط نمود و سوختی را که مجموعاً ۳۹ درصد از کل گازوئیل فعلی را تشکیل می‌دهد، به دست آورد. آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی این سوخت که با E نام گذاری شده است، در جدول ٦ قابل ملاحظه است.

هم‌چنان‌که در مقدمه اشاره شد، گازوئیل تجارتی که در حال حاضر در بازار مصرف، به عنوان سوخت موتورهای دیزلی خودروهای سنگین یا سوخت تاسیسات حرارتی استفاده می‌شود، از آمیختن پنج محصول به دست می‌آید. با حذف نفت گاز تقطیر در خلاء از این مخلوط به علت وزن مخصوص بالای آن، گازوئیل دیزلی پیشنهادی B حاصل می‌شود که مشخصات مهم آن در جدول ٦ مشاهده می‌شود.

مقایسه آزمایش‌های اصلی شیمیایی - فیزیکی گازوئیل پیشنهادی A با گازوئیل تجارتی فعلی [۲]

همان‌گونه که می‌دانیم، هنگام احتراق سوخت در موتورهای دیزلی، عملیات فیزیکی و شیمیائی روی می‌دهد. عملیات فیزیکی، عبارت از شیوه پخش سوخت و بالا رفتن درجه حرارت در زمان احتراق، پس از ورود سوخت به محفظه آن می‌باشد. عملیات شیمیایی، به نوع هیدروکربن‌ها در تنظیم درجه حرارت بستگی دارد. مقدار اکسیژن (هوا) و شدت تماس اکسیژن و مولکول‌های سوخت نیز عامل مهمی در احتراق است. به طوری که، مطلوب بودن سوخت را با کیفیت احتراق می‌توان تعیین نمود.

در این تحقیق، دو نوع نفت گاز دیزلی تحت عنوان A و سوخت حرارتی D و E حاصل از گازوئیل تجارتی فعلی پالایشگاه‌ها پیشنهاد گردیده که در جدول ٦ مشخصات مهم شیمیایی و فیزیکی آن‌ها مقایسه شده‌اند.

ویژگی‌های اصلی گازوئیل A نسبت به گازوئیل فعلی از نظر کیفیت، به ترتیب زیر مقایسه گردیده است:

۱ - وزن مخصوص آن کمتر و یا به عبارتی سبک‌تر شده است.

۲ - مقدار گوگرد آن کمی کاهش یافته است.

۳ - نقطه بستن فیلتر انژکتور گازوئیل [1](CFPP) از-۷°C به ۱۵°C - کاهش یافته است.

٤ - نقطه ریزش[2] آن از -۱۰°C به -۲۰°C رسیده است. این موضوع به این معنا است که در فصل زمستان و جاهایی که دارای آب و هوای سرد هستند از یخ زدگی و بسته شدن مخزن سوخت و مسیرهای انتقال آن در موتورهای دیزلی

1. Cold Filter Plugging Point
2. Pour Point

وسایل نقلیه سنگین جلوگیری می‌شود.

۵ – باقیمانده کربن از ۰/۲۸ به ۰/۰۶ درصد وزنی کاهش یافته و این خود تاثیر به‌سزائی در کم شدن آلودگی هوا از نظر دود و خروج ذرات جامد معلق از اگزوز دارد. همچنین احتراق در موتورهای دیزلی کامل‌تر صورت گرفته و آلودگی صوتی کاهش می‌یابد.

٦ – رنگ گازوئیل پیشنهادی شفاف‌تر بوده و استاندارد آن از ۱/۵ به ۰/۵ تبدیل شده است.

۷ – ارزش حرارتی خالص این سوخت به مقدار ٤١ kCal/kg افزایش یافته در نتیجه، عمل احتراق در موتورهای درون‌سوز دیزلی با بازدهی بالاتری انجام می‌شود.

۸ – عدد سیتان این گازوئیل، به میزان۰/۷ افزایش یافته است لازم به ذکر است که عدد سیتان (درجه خوش سوزی) سوخت دیزل، بستگی زیادی به ترکیب شیمیایی و هیدروکربن‌های تشکیل دهنده آن دارد.

۹ – مقدار موم[1] آن از ۱/۷۸ درصد وزنی به مقدار ناچیز[2] کاهش یافته است، این کاهش، سبب پائین آمدن نقطه ریزش می‌گردد.

۱۰ – در نهایت، کاهش هیدروکربن‌های آروماتیک، پلی‌سیکلیک، به‌خصوص حذف ترکیبات سنگین خطرناک دی بنزو تیوفن‌ها، با نقاط جوش ۳٦۰ °C تا ۳٦٦ °C، به کیفیت سوخت اصلاح شده A می‌افزاید (جدول ۷).

شناسایی هیدروکربن‌های پلی آروماتیک در گازوئیل تجارتی فعلی و سوخت دیزل پیشنهادی A [۳]

برای جدا سازی ترکیبات آروماتیک از آلیفاتیک (اشباع) در این دو نوع گازوئیل، از ستون‌های شیشه‌ای و جاذب‌های سیلیکاژل و آلومینا و حلال‌های نرمال هگزان و بنزن استفاده شده است. همچنین، برای شناسایی پلی‌آروماتیک‌های موجود، دستگاه طیف سنجی جرمی[3] (GC – MS) به‌کار رفته است و برای گازوئیل تجارتی پالایشگاه تهران و گازوئیل A به ترتیب ١٤ و ۵ ترکیب حلقوی شناسایی شده است، بدین ترتیب طبق جدول ۷، تعداد ۹ آروماتیک سنگین که برای محیط زیست سمی و زیان‌آور هستند، در گازوئیل پیشنهادی A حذف و باعث بهبود کیفیت آن از نظر آلودگی هوا گردیده است.

سمی بودن گازهای خروجی از اگزوز موتورهای دیزلی[۱]

گازهای خروجی از اگزوز وسایل نقلیه، شامل هیدروکربن‌های نسوخته HC، گاز منوکسیدکربن CO، اکسیدهای مختلف ازت NO_x، ذرات جامد معلق در هوا به قطر کمتر از ۱۰ میکرون و آروماتیک‌های پلی سیکلیک می‌باشند که همگی سمی بوده و برای تنفس افراد، فضای سبز و محیط زیست شهرهای بزرگ به‌خصوص تهران، به علت تردد زیاد وسایل نقلیه با موتورهای دیزلی، بسیار زیان آورند. با پائین آوردن نقطه جوش نهایی (FBP) و در نتیجه کم شدن دامنه جوش (تقطیر) گازوئیل تجارتی فعلی پالایشگاه‌ها، مقادیر این آلاینده‌ها کاهش می‌یابد.

مقایسه آزمایش عملکرد موتور دیزل و دود اگزوز دو نوع گازوئیل تجارتی فعلی و سوخت دیزلی A [۵]

آزمایش عملکرد روی گازوئیل تجارتی پالایشگاه تهران و گازوئیل تهیه شده پیشنهادی A، به‌عنوان سوخت موتور دیزلی بنز شش سیلندر و چهار زمانه مدل 360 OM در حالت تمام بار بر روی یک سکوی بتونی به‌طور ثابت، انجام شد. سه عامل اصلی عملکرد شامل حداکثر توان، گشتاور و حداقل مصرف ویژه سوخت در این آزمایش اندازه‌گیری شد.

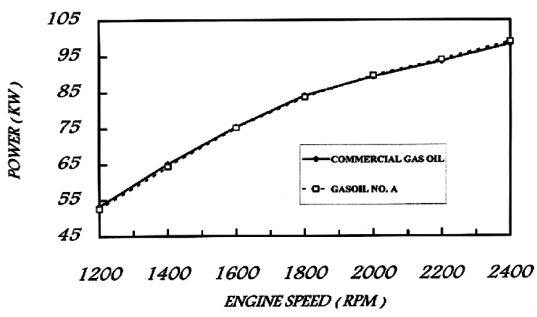
سوختی برای موتورهای دیزلی مناسب است که باعث افزایش توان، گشتاور و کاهش مصرف ویژه سوخت شود. همچنان‌که، از منحنی تغییرات توان و گشتاور نسبت به سرعت موتور در شکل ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، این دو عامل در مورد گازوئیل A نسبت به گازوئیل تجارتی تغییر چندانی نداشته و در محدوده سرعت ٢٤٠٠ RPM[4] –۲۰۰۰ به مقدار جزیی افزایش یافته است. در صورتی‌که در شکل ۳ به علت سبک‌تر بودن گازوئیل A نسبت به تجارتی، مصرف ویژه سوخت[5] (BSFC) در محدوده سرعت ٢٤٠٠ RPM – ۱۲۰۰، کمی افزایش یافته است در نهایت، با قرار دادن کاغذ فیلتر

1. Wax
2. Trace
3. Gas Chromatography – Mass Spectroscopy
4. Round Per Minute
5. Brake Specific Fuel Consumption

جدول ٦ – مقایسه مشخصات گازوئیل تجارتی فعلی با گازوئیل‌های پیشنهادی دیزلی A و B و حرارتی D و E

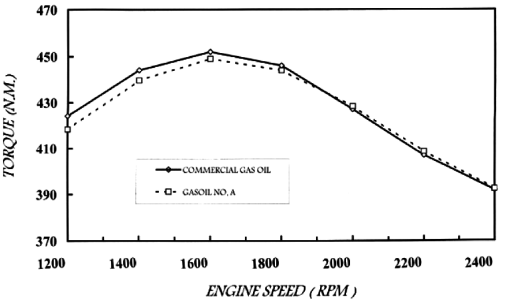
مشخصات	گازوئیل تجارتی فعلی	گازوئیل A دیزلی	گازوئیل B دیزلی	گازوئیل D حرارتی	گازوئیل E حرارتی	روش آزمایش
وزن مخصوص در ۱۵/۵٦°C/۱۵/۵٦°C	۰/۸۳۱۲	۰/۸۲۹۲	۰/۸۳۰٦	۰/۸۸۲۹	۰/۸٤۵۷	ASTM – D4052
°API	۳۸/۷۲	۳۹/۱۵	۳۸/۸۹	۲۸/۷۷	۳۵/۸۲	ASTM – D4052
گوگرد، درصد وزنی	۰/٦۸	۰/٦٤	۰/٦٤	۱/۳۳	۱/۰۲	ASTM – D2622
ویسکوزیته سینماتیک در ٤۰°C، cSt	۲/۵۸	۲/۲۹	۲/۸۷	۱۳/٦۸	۳/۹۱	ASTM – D445
ویسکوزیته سینماتیک در ۱۰۰°C ، cSt	۱/۱۲	۱/۰۱	۱/۲۰	۳/۱۵	۱/۳٦	ASTM – D٤٤٥
نقطه بستن فیلتر گازوئیل (CFPP)، °C	–۷	–۱۵	–۱۱	+۱۸	–۲	IP – 309
نقطه ریزش، °C	–۱۰	–۲۰	–۱٦	+۱٤	–٦	ASTM – D97
نقطه‌اشتعال، °C	٦۱	۵۵	۵۷	۱٦۳	٦۳	ASTM – D93
باقیمانده کربن (رمزباتم) درصد وزنی	۰/۲۸	۰/۰٦	۰/۱۲	۱/۱٤	۰/۰۷	ASTM – D524
رنگ	۱/۵	۰/۵	۰/۵	۲/۵	۱	ASTM – D1500
مقدار واکس درصد وزنی	۱/۷۸	Trace	۰/۷۰	۹/۱۰	٤/٤۰	BP – 237
ارزش‌حرارتی(خالص) kcal/kg	۱۰۱۹۹	۱۰۲٤۰	۱۰۲۰۵	۱۰۰۲۱	۱۰۱۹۲	ASTM – D340
اندیس سیتان	۵۵/۷	۵٦/۳۹	۵٦/٦۳	٤٦/۱۰	۵٤/٤۳	ASTM – D976
نوع‌هیدروکربن٪						ASTM – D3238
آروماتیک	۱۲/۹	۱۱/۸	۹/۷	۱٤/٤	۱٦/۳	
نفتین	۲۳/۱	۲۲/۷	۲۳/٦	۲۳/۹	۲۰/۷	
پارافین	٦٤	٦۵/۵	٦٦/۷	٦۱/۷	٦۳	

مخصوص در مقابل گازهای خروجی از اگزوز، مقدار تیرگی که بیان‌گر میزان گازهای حاصل از احتراق است، توسط دستگاه حساس به نور اندازه‌گیری شد، (آزمایش دود[1]). همچنان که از شکل ٤ قابل مشاهده است، گازهای خروجی گازوئیل A نسبت به گازوئیل تجارتی در محدوده سرعت RPM (۲٤۰۰ – ۱۲۰۰)، دارای دود کمتری بوده که نتیجه آن کاهش آلودگی هوا و محیط زیست است.

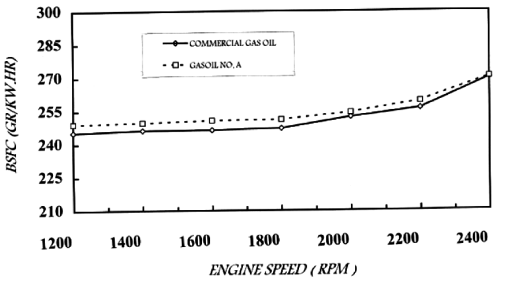


شکل ۱– منحنی تغییرات توان خروجی موتور دیزلی OM360 گازوئیل تجارتی و گازوئیل دیزلی A پالایشگاه تهران

1. Smoke



شکل ۲- تغییرات گشتاورخروجی موتور دیزلی OM360 گازوئیل تجارتی و گازوئیل دیزلی A پالایشگاه تهران

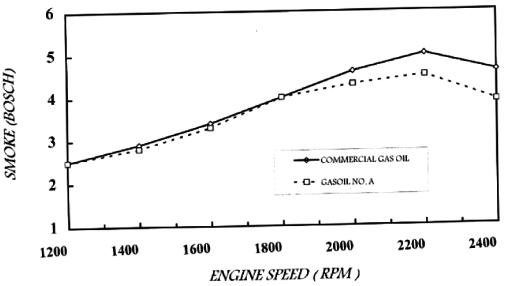


شکل ۳- تغییرات مصرف ویژه سوخت موتور دیزلیOM360 گازوئیل تجارتی و گازوئیل دیزلی A پالایشگاه تهران

نتایج عملی آزمایش موتوری و میدانی سوخت دیزلی A [۷و۵]

برای بررسی عملی کیفیت این سوخت، یکی از مینی‌بوس‌های پژوهشگاه صنعت نفت مورد استفاده قرار گرفت. پس از تمیز کردن باک آن، حدود ۱۰۰ لیتر گازوئیل A، که در واحد ارزیابی نفت خام تهیه شده بود، به‌عنوان سوخت داخل آن ریخته شد. با مصرف این گازوئیل در ماموریت‌های درون شهری و بین جاده‌ای، که از نظر زمانی حدود ده روز به طول انجامید، عوامل کمی و کیفی آن در مقایسه با گازوئیل تجارتی فعلی مورد بررسی قرار گرفت. مزایای ذیل برای گازوئیل A مشاهده گردید:

۱ – مینی بوس با اولین استارت در هوای سرد صبح زمستان سال ۱۳۸۱ روشن شده و کارکرد موتور در حین حرکت، بهتر از گازوئیل فعلی بود.



شکل ٤- تغییرات میزان دوده خروجی (SMOKE) از موتور دیزلیOM360 گازوئیل تجارتی و گازوئیل دیزلی A پالایشگاه تهران

۲ – سوخت گازوئیل تجارتی فعلی، به علت داشتن ۱/۷۸ درصد وزنی موم، نقطه ریزش نسبتاً بالائی دارد. به طوری‌که، در ساعات اولیه صبح در فصل زمستان مخصوصاً در جاده‌های مناطق سرد سیر، باعث بسته شدن و عدم سیالیت آن در باک و مسیر ورودی به موتور می‌شود. برای رفع این مشکل، راننده اتوبوس‌ها و وسایل نقلیه سنگین،با گرفتن شعله در زیر باک سوخت، آن را روان می‌کنند و یا برای این که نقطه ریزش آن کم‌تر شود، به ازاء هر lit ۱۰۰ گازوئیل، حدود lit ۷ نفت سفید اضافه می‌نمایند. در صورتی‌که، گازوئیل A، به دلیل ناچیز بودن میزان موم، نقطه ریزش پائینی داشته (در حدود ۲۰°C–) و در نتیجه مشکل فوق مرتفع می‌گردد.

۳ – شتاب حرکت مینی‌بوس مورد آزمایش، با استفاده از این سوخت، نسبت به گازوئیل فعلی بیشتر شد.

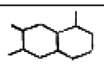
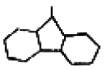
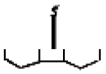
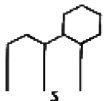
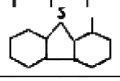
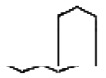
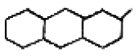
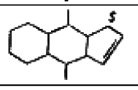
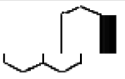
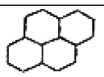
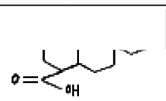
٤ – نهایتاً با مصرف این سوخت، گازهای خروجی از اگزوز نسبت به گازوئیل تجارتی فعلی تمیزتر گردید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

چنان‌چه بیان شد، دو نوع گازوئیل، با نام‌های A برای مصرف موتورهای دیزلی وD و E برای سوخت مشعل حرارتی، با استفاده از گازوئیل تجارتی فعلی پالایشگاه تهران پیشنهاد شده است.

با انجام آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی، تست عملکرد موتور، آزمایش‌های موتوری و میدانی، مشاهده شد که، گازوئیل A نسبت به گازوئیل تجارتی فعلی بهتر شده و پلی‌آروماتیک‌های سنگین زیان‌آور، که باعث آلودگی هوا

جدول ۷- ترکیبات آروماتیک شناسایی شده در گازوئیل تجارتی و سوخت موتور دیزل (A) پالایشگاه تهران

ردیف	نام ترکیب شیمیایی	گازوئیل تجارتی	سوخت موتور دیزل (A)	فرمول مولکولی (MF)	وزن مولکولی (MW)	ساختمان مولکولی
۱	Naphthalene , 1, 6, 7 – trimethyl	+	-	$C_{13}H_{14}$	۱۷۰	
۲	3.3 – Dimethylbiphenyl			[illegible]	۱۸۲	
۳	Azulene , 7-ethyl - 1,4 – dimethyl	+	+	$C_{14}H_{16}$	۱۸٤	
٤	Fluorene , 9 – methyl	+	+	$C_{14}H_{12}$	۱۸۰	
٥	Dibenzothiophene				۱۸٤	
٦	Phenanthrene	+	+	$C_{14}H_{10}$	۱۷۸	
۷	Dibenzothiophene , 4- methyl	+	-	$C_{13}H_{10}S$	۱۹۸	
۸	[illegible]	†	†	[illegible]	۱۹۲	
۹	Anthracene , 2- methyl	+	-	$C_{12}H_{15}$	۱۹۲	
۱۰	[illegible]				۲۱۲	
۱۱	Naphtho [2-3-b] thiophene , 4,9-dimethyl	+	-	$C_{14}H_{12}$	۲۱۲	
۱۲					۲۰٦	
۱۳	Pyrene	+	-	$C_{12}H_{10}$	۲۰۲	
۱٤	1, 2, 3, 4, 4a, 9, 10, 10a- octa				۳۰۰	

و محیط زیست می‌شوند، کاهش یافته است. گازوئیل E با توجه به نقطه ریزش پائین آن، مخصوصاً در فصل زمستان و مکان‌های سرد، به‌عنوان یک سوخت حرارتی، مناسب می‌باشد. همچنین، گازوئیل دیزلی پیشنهادی B، که با حذف گازوئیل حاصل از برج تقطیر در خلاء، در عملیات اختلاط تهیه گازوئیل تجارتی به دست می‌آید، جایگزینی مناسب، برای سوخت موتورهای دیزلی است.

با توجه به آمارهای تولید و مصرف، می‌توان عملیات تولید دو نوع گازوئیل دیزلی و حرارتی را پس از انجام بررسی‌های لازم، در تمام یا برخی از پالایشگاه‌های کشور به مرحله اجرا در آورد. با اجرایی نمودن نتایج حاصل از این تحقیق، از یک طرف کیفیت سوخت برای موتورهای دیزلی اصلاح و بهبود یافته، و دوده‌های سیاه رنگ خروجی از اگزوز و هیدروکربن‌های سنگین آروماتیکی نسوخته مضر کاهش می‌یابد و از طرف دیگر، گام‌های اولیه برای مدیریت تنظیم و اصلاح ساختار، بر اساس محل و نوع مصرف، برداشته می‌شود.

منابع

[1]. The Future of Diesel Fuel: *The Potential for a National Diesel Fuel Standard*, EA Engineering Science, And Technology Inc. of ATAF, 1998

[2]. Annaul Book of ASTM standards vol 05 , 01 - 05,02 - 05, 03

[3]. A.A. Sgrinberg, T.V. Bigdash, et al, *Determination of group composition of aromatic hydrocarbons in diesel fuels by liquid chromatography*, Sci. Res. Inst. Oil Refining Moscow vol.39(1), 1984

[4].S.W. Lee, *Comparison of methods for determination of aromatic component types transportation fuels*, Canadian Journal of Energy, Mines and Resources, vol.73(1), 1994

[۵]ه. نادری، کتاب موتورهای احتراق داخلی، ۱۳٦۲

[٦] ب.خستو، کتاب حرارت مرکزی تهویه مطبوع، تبرید، ۱۳٦٦

[۷] کتاب پالایش نفت – انجمن نفت ایران، ۱۳٦۵