بررسی مزایای موتورهای دیزل از نظر رفتار مصرف سوخت با تحلیل تئوریک و آزمونهای عملی در کامیونت کادیا آ.تی. 60 شرکت خودروسازان دیزلی آذربایجان"

حامد محجل شجا [1] محمّد بافندگان [2] یعقوب اسدی [3]

چکیده:

در این پژوهش رفتار مصرف سوخت موتور دیزل خودروی کامیونت کادیا در وضعیت های مختلف عملکردی موتور از جمله حالت بار کامل ، بار نسبی و بدون بار بررسی گردیده است. نتایج آزمون ها که موید محاسبات تئوریک می باشد حاکی از کاهش 95 درصدی مصرف سوخت حالت کار درجا نسبت به حالت بار کامل موتور می باشد و در حالات میانی (بار نسبی) نیز کاهش مصرف سوخت بصورت متناسب با دو حالت کار درجا و بار کامل مشاهده گردید این رفتار مصرف سوخت موتورهای دیزلی- به ویژه موتورهای نسل جدید- از دلایل اصلی رواج موتورهای دیزلی بر روی اغلب خودروهای مورد بهره برداری در کشور های توسعه یافته می باشد. این واقعیت حاکی از این است که در کشور ایران مزایای تکنولوژیکی موتورهای دیزل در کاهش مصرف سوخت فسیلی و جنبه های اقتصادی و زیست محیطی آن نادیده گرفته شده است و به نظر می رسد همزمان با بررسی امکان استفاده از سوخت های جایگزین جا دارد نسبت به توسعه و ایجاد زیرساخت های بهره برداری از موتورهای دیزل در انواع کاربری های سواری و تجاری توجه ویژه مبذول داشت

.

واژه‌های کلیدی: موتورهای دیزل، مصرف سوخت، منحنی BSFC موتور، نقطه‌بهینه‌ی مصرف سوخت

Investigating the benefits of Diesel engines on the fuel consumption behavior aspects with the theoretical and practical analysis on Kadia AT60 LCV a product of Azarbaijan Diesel Vehicle Manufacturing Company

Abstract: In this research, fuel consumption behavior of Kadia LCV Diesel engine has been analyzed in various operational conditions, e.g. full and partial loads and also in idle mode.
Test results that are conforming theoretical calculations, are indicating a considerable- around 95% - decrease in fuel consumption between full load and idle operation conditions and proportional decrease in other partial load conditions as well.
The mentioned fuel consumption behavior of Diesel engines – especially in new generations- is almost the major reason for diesel engines domination on most vehicle applications in developed countries.
In fact the technological advantages of diesel engines in reduction of fossil fuels consumption in vehicles and its economical and environmental effects are neglected in our country. So it seems that development and preparation of prerequisites for diesel engines application in passenger and commercial vehicles deserves special attentions in harmony with investigating the alternative fuels.

(1) مدیرعامل شرکت خودروسازان دیزلی آذربایجان،کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز، کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی

(2) مدیر تحقیق و توسعه شرکت خودروسازان دیزلی ،کارشناس ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز، دانشجوی دکتری، دانشگاه ATATURK ترکیه

(3) رئیس تحقیق و توسعه شرکت خودروسازان دیزلی آذربایجان، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، پیام نور تهران

مقدمه:

امروزه به دلیل محدود بودن منابع سوخت فسیلی، کاهش مصرف سوخت خودروها از مهمترین عوامل رقابت در بازار خودرو است. یکی از زمینه هایی که در کنار روش های همچون استفاده از سوخت های جایگزین و طراحی و ساخت موتور های هیبریدی مورد توجه خودروسازان بزرگ می باشد، توسعه‌ی موتورهای دیزلی به جای موتورهای بنزینی است.(طبق تحقیقاتی که در سال های اخیر انجام شده ، خودروهای دیزل 20 الی 65 درصد سوخت کمتری نسبت به خودروهای بنزینی مصرف می کنند که این مهمترین عامل افزایش زیاد تولید خودروهای دیزل در سال‌های اخیر می باشد. در سال 2013 تقریبا پنجاه درصد خودروهای تولیدی در اروپا دارای موتور با سوخت دیزل می باشد).

علاوه بر طراحی سیستم های پاشش سوخت و ارتقاء تکنولوژی‌های موتور که کارهای زیادی در این خصوص انجام شده، شناخت رفتار مصرف سوخت خودرو در وضعیت‌های مختلف و تعیین نقطه‌ی بهینه‌ی مصرف سوخت، برای هر خودرو می تواند در کاهش مصرف سوخت موثر باشد.

منحنی BSFC از مشخصه های عملکردی هر موتور است که مصرف ویژه سوخت بر حسب گرم به کیلو وات ساعت انرژی جذب شده از موتور را نشان می دهد . با محاسبه‌ی توان مورد نیاز برای غلبه بر نیروهای مقاوم خودرو در شرایط کاری متفاوت می‌توان مقدار مصرف سوخت را در ان وضعیت از روی منحنی BSFC بدست آورد .با داشتن مدل تئوری توان جلوبرندگی مورد نیاز در هر شرایط و میزان مصرف سوخت خودرو در آن توان و تحلیل نتایج استخراج شده از مدل تئوری، می توان نقطه‌ی بهینه مصرف سوخت را برای هر خودرو مشخص شود.

تعیین این نقطه بهینه مصرف سوخت و رعایت آن در حین رانندگی، می تواند نقش مهمی در کاهش مصرف سوخت خودرو داشته باشد.

آماده سازی خودرو ها برای تست:

به منظور اندازه گیری میزان مصرف سوخت خودرو مدار سوخت خودرو به گونه ای تغییر یافت که ابتدا یک بشر شیشه ای مدرج با سطح مقطع مناسب به منزله باک خودرانتخاب و شلنگهای رفت و برگشت سوخت به موتور در بشر شیشه ای تعبیه شد و فیلترهای سوخت نیز در مدار قرار گرفت .

با توجه به اینکه اندازه گیری مسافت طی شده توسط کیلومترشمار خودرو انجام می شد، کالیبره بودن آن برای هر خودرو کنترل شده و در صورت مغایرت ضریبهای لازم در اعداد ثبت شده اعمال می گردید.

شرایط فیزیکی خودرو از قبیل باد تایرها، رگلاژ لنت و کاسه چرخها کنترل شد تا تاثیر نیروی مقاوم در اثر این پارامترها وجود نداشته باشد.

شرح تست:

تستها بر روی 3 خودرو به شماره های NB01CKZEABA000064 و NB01CKZEABA000090 و NB01CKZEABA000024 انجام شد که در مجموع 4 حالت و شرایط مورد بررسی قرار گرفت، بر روی خودرو 64 حالتهای با اتاق بار و با بار و همچنین با اتاق بار و بدون بار، بر روی خودرو شماره 90 حالت بدون اتاق بار و بدون بار و بر روی خودرو شماره 24 با نسبت اکسل متفاوت (4.3) حالت بدون اتاق بار و بدون بار تست شد.

جهت بررسی تاثیر هر کدام از نیروهای مقاوم در برابر حرکت از جمله نیروی ناشی از وزن و نیروی مقاوم آیرودینامیک در میزان مصرف سوخت خودروهای آماده شده در سرعتها و دورهای مختلف و شیبهای متفاوت جاده تست گردید. برای تائید مفروضات تئوری تاثیر نسبت اکسل بر دور موتور و به طبعه آن میزان مصرف سوخت، یک نمونه خودرو با نسبت اکسل 4.3 نیز تست گردید.

حین تست میزان مصرف سوخت با توجه به ابزار شیب سنج دیجیتالی خریداری شده، شیب جاده های تست نیز انـدازه گیری شد، که مطابق اندازه گیریهای انجام شده شیب جاده مسیر ارومیـه تقریبـا % 0 و مـاکزیمم شـیب جـاده سـهند تقریبا % 7 می باشد.

برای حصول اطمینان از یکسان بودن کار کرد موتور خودروهای مورد آزمون، مصرف سوخت استاتیکی هر کـدام از خودروها در دمای یکسان کارکرد موتور، مورد اندازه گیری قرار گرفت، که با دقت مناسبی می توان خودروهـا را از لحاظ مصرف سوخت موتور در حالت استاتیکی یکسان فرض کرد.

با توجه به دقت اندازه گیری بشر که هر واحد آن 20 میلی لیتر مدرج شده بود و همچنین طـی مسـافت 4 کیلـومتر در هر رکورد، میزان سوخت مصرف شده با دقت قابل قبول اندازه گیری شد.

دقت اندازه گیری:

به علت خطاهای ذیل دقت اندازه گیری در حدود % 5 برای مقادیر ثبت شده محاسبه گردید.

1- خطا در قرائت میزان مصرف سوخت به دلیل موجهای سطح سوخت در بشر.

2- خطا درتفاوت مصرف سوخت موتور خودروهای تست شده.

3- خطا در مسافت طی شده به علت خطای نشانگر کیلومتر شمار.

خودروهای تست در وضعیت های مختلف اتاق بار، وزن، نسبت اکسل، دور موتور، سرعت، شیب جاده مورد تست قرار گرفت که میزان سوخت مصرف شده در حالات مختلف مطابق جداول 1، 2، 3 و 4 اندازه گیری گردید.

کاربری مسقف فلزی – وزن خودرو kg ۷۰۰۰- نسبت تبدیل اکسل ۵/۱۲۵ – بدون بادگیر- شماره VIN : NB01CKZEABA000064									
حالت	**دور موتور rpm**	**سرعت خودرو Km/h**	**دنده**	**شیب جاده %**	**جهت باد**	**مسافت طی شده km**	**میزان مصرف ml**	**مصرف سوخت L/100km**	**توضیحات**
1	**2600**	**40**	**3**	**0**	بدون باد	**4**	**560**	**14**	
2	**3000**	**45**	**3**	**0**	بدون باد	**4**	**640**	**16**	
3	**2100**	**50**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**460**	**11.5**	
4	**2500**	**60**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**520**	**13**	
5	**3000**	**70**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**600**	**15**	
6	**2100**	**70**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**580**	**14.5**	
7	**3400**	**80**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**820**	**20.5**	
8	**2400**	**80**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**700**	**17.5**	
9	**3600**	**85**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**900**	**22.5**	
10	**2700**	**90**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**800**	**20**	
11	**3200**	**50**	**3**	**7**	بدون باد	**2**	**860**	**43**	
میزان مصرف سوخت خودرو در شرایط استاتیکی در دمای موتور 80 درجه سانتیگراد برابر با 380 میلی لیتر در نیم ساعت می باشد.(معادل 0.76 L/h)									

جدول شماره۱، مقادیر مصرف سوخت برای خودروی شماره : NB01CKZEABA000064

کاربری مسقف فلزی – وزن خودرو kg ۳۷۰۰- نسبت تبدیل اکسل ۵/۱۲۵ – بدون بادگیر - شماره VIN :NB01CKZEABA000064									
حالت	**دور موتور rpm**	**سرعت خودرو Km/h**	**دنده**	**شیب جاده %**	**جهت باد**	**مسافت طی شده km**	**میزان مصرف ml**	**مصرف سوخت L/100km**	**توضیحات**
1	**3000**	**45**	**3**	**0**	بدون باد	**4**	**600**	**15**	
2	**2100**	**50**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**440**	**11**	
3	**2500**	**60**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**480**	**12**	
4	**3000**	**70**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**540**	**13.5**	
5	**2100**	**70**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**500**	**12.5**	
6	**3400**	**80**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**760**	**19**	
7	**2400**	**80**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**640**	**16**	
8	**2700**	**90**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**760**	**19**	
9	**3000**	**100**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**860**	**21.5**	
10	**3200**	**50**	**3**	**7**	بدون باد	**2**	**600**	**30**	
میزان مصرف سوخت خودرو در شرایط استاتیکی در دمای موتور 80 درجه سانتیگراد برابر با 380 میلی لیتر در نیم ساعت می باشد.(معادل 0.76 L/h)									

جدول شماره۲، مقادیر مصرف سوخت برای خودروی شماره : NB01CKZEABA000064

خودرو بدون کاربری۵/۱کابین– وزن خودرو kg ۲۶۰۰- نسبت تبدیل اکسل ۵/۱۲۵- شماره VIN: **NB01CKZEABA000090**									
حالت	**دور موتور rpm**	**سرعت خودرو Km/h**	**دنده**	**شیب جاده %**	**جهت باد**	**مسافت طی شده km**	**میزان مصرف ml**	**مصرف سوخت L/100km**	توضیحات
1	**3000**	**45**	**3**	**0**	بدون باد	**2**	**260**	**13**	
2	**2100**	**50**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**400**	**10**	
3	**2500**	**60**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**440**	**11**	
4	**3000**	**70**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**500**	**12.5**	
5	**2100**	**70**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**460**	**11.5**	
6	**3400**	**80**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**560**	**14**	
7	**2400**	**80**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**480**	**12**	
8	**2700**	**90**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**540**	**13.5**	
9	**3000**	**100**	**5**	**0**	بدون باد	**2**	**340**	**17**	
10	**3200**	**50**	**3**	**7**	بدون باد	**2**	**480**	**24**	
11	**2100**	**50**	**4**	**7**	بدون باد	**2**	**380**	**19**	
میزان مصرف سوخت خودرو در شرایط استاتیکی در دمای موتور 80 درجه سانتیگراد برابر با 360 میلی لیتر در نیم ساعت می باشد.(معادل 0.72 L/h)									

جدول شماره۳، مقادیر مصرف سوخت برای خودروی شماره : NB01CKZEABA000090

خودرو بدون کاربری - وزن خودرو kg ۲۵۰۰- نسبت تبدیل اکسل۴/۳ - شماره VIN: NB01CKZEABA000024									
حالت	**دور موتور rpm**	**سرعت خودرو Km/h**	**دنده**	**شیب جاده %**	**جهت باد**	**مسافت طی شده km**	**میزان مصرف ml**	**مصرف سوخت L/100km**	توضیحات
1	**1800**	**50**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**360**	**9**	
2	**2200**	**60**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**380**	**9.5**	
3	**2600**	**70**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**440**	**11**	
4	**1800**	**70**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**400**	**10**	
5	**2900**	**80**	**4**	**0**	بدون باد	**4**	**500**	**12.5**	
6	**2100**	**80**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**440**	**11**	
7	**2300**	**90**	**5**	**0**	بدون باد	**4**	**480**	**12**	
8	**1800**	**50**	**4**	**7**	بدون باد	**2**	**320**	**16**	
میزان مصرف سوخت خودرو در شرایط استاتیکی در دمای موتور۸۰ درجه سانتیگراد برابر با ۳۸۰ میلی لیتر در نیم ساعت می باشد.(معادل ۰.۷۶ L/h)									

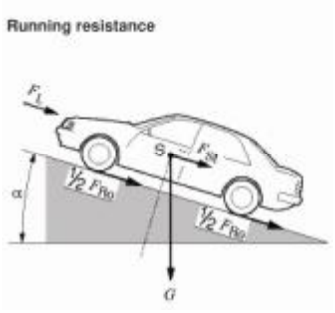
جدول شماره۴، مقادیر مصرف سوخت برای خودروی شماره : NB01CKZEABA000024

برای مدل سازی و فرموله کردن محاسبه میـزان مصـرف سـوخت بـا اسـتفاده از روابـط حـاکم بـر دینامیـک خـودرو و نیروهای جلوبرنده ی آن محاسباتی به شرح ذیل انجام گرفت.

محاسبات تئوری:

میزان مصرف سوخت خودرو متناسب با قدرتی است که از موتور خودرو گرفته می‌شود.

قدرت مورد نیاز برای حرکت خودرو به منظور غلبه بر نیروهای مقاوم در مقابل حرکت بکار می‌رود.



نیروهای مقاوم در مقابل حرکت عبارتند از :

1 – نیروی مقاوم غلطشی تایرها FRo

2 – نیروی مقاومت وزنی ناشی از مولفه وزن خودرو در امتداد جاده Fst

3 – نیروی مقاومت ایرودینامیکی FL

برای محاسبه تئوری نیروهای مقاوم، یک وضعیت مطـابق جـدول 5 انتخـاب مـی کنـیم کـه در آن خـودرو دارای وزن 7000 کیلوگرم، دورموتور 3200 دور در دقیقه، و سرعت 50 کیلومتر در ساعت و در شیب جاده 7 درصد می باشد.

مقادیر مصرف سوخت خودرو با کاربری مسقف فلزی – وزن خودرو kg ۷۰۰۰- نسبت تبدیل اکسل ۵/۱۲۵ – بدون بادگیر									
توضیحات	مصرف سوخت L/100km	میزان مصرف ml	مسافت طی شده km	جهت باد	شیب جاده %	دنده	سرعت خودرو Km/h	دور موتور rpm	حالت
	43	860	2	بدون باد	7	3	50	3200	1

جدول شماره ۵

برای این منظور ابتدا می‌بایست نیروهای مقاوم در مقابل حرکت و همچنین قدرت مـورد نیـاز بـرای غلبـه بـر ایـن نیروهـای مقاوم محاسبه شده و سپس با در دست داشتن توان مصرفی موتور مـی‌تـوان از روی منحنـی عملکـرد BSFC موتـور کـه توسط جدولی از سوی سازنده موتـور ارائـه شـده و همچنـین مقـادیر آن جـدول بـا انـدازه‌گیـری عملـی در شـرکت ایـدم صحه‌گذاری شده است، مقدار مصرف سوخت را بدست آورد.

محاسبه نیروها (توان‌های) مقاوم در مقابل حرکت

1- مقاومت غلتشی تایرها FRo

α شیب جاده که مقدار متوسط آن برابر 6 درصد (3.4 درجه) می‌باشد.

f ضریب مقاومت غلتشی که مطابق جدول 6 این ضریب برابر 0.02 انتخاب شده است.

$$F_{Ro} = f \cdot m \cdot g \cdot \cos a$$

$$F_{Ro} = 0.02 \cdot 70000 \cdot \cos 3.4$$

$$F_{Ro} = 1397\,N$$

Road surface	Coefficient of rolling resistance f
Pneumatic car tires on	
Large sett pavement	0.015
Small sett pavement	0.015
Concrete, asphalt	0.013
Rolled gravel	0.02
Tarmacadam	0.025
Unpaved road	0.05
Field	0.1...0.35
Pneumatic truck tires on	
concrete, asphalt	0.006...0.01
field	0.14...0.24
Track-type tractor in	
field	0.07...0.12
Wheel on rail	0.001...0.002

جدول شماره ۶

سرعت 50 km/h مقدار توان:

$$P_{Ro} = \frac{F_{Ro} \cdot V}{3600}$$

$$P_{Ro} = \frac{1397 \cdot 50}{3600} = 19.4kw$$

$$P_{Ro} = 19.4kw$$

2- مقاومت وزنی Fst

در شیب جاده متوسط $a = 3.4°$ داریم:

$$F_{st} = m \cdot g \cdot \sin a$$

$$F_{st} = 70000 \cdot \sin 3.4$$

$$F_{st} = 4151N$$

با توجه به اینکه سرعت خودرو در طول تست برابر 50 km/h بود، برای محاسبه قدرت مقاومت وزنی داریم:

$$P_{st} = \frac{F_{st} \cdot V}{3600} \qquad P_{st} = \frac{4151 \cdot 50}{3600} \qquad P_{st} = 58kw$$

3- مقاومت آیرودینامیکی FL

ρ جرم حجمی هوا و برابر $1.2kg/m^3$

Cw ضریب درگ آیرودینامیک که مطابق اطلاعات سازنده کابین مقدار آن 0.9 می‌باشد و مقدار تقریبی آن برای خودرو می تواند از جدول 7 انتخاب شود.

		Drag coefficient	Drag power in kW, average values for $A = 2\ m^2$ at various speeds[1]			
		c_W	40 km/h	80 km/h	120 km/h	160 km/h
	Open convertible	0.5...0.7	1	7.9	27	63
	Station wagon (2-box)	0.5...0.6	0.91	7.2	24	56
	Conventional form (3-box)	0.4...0.55	0.78	6.3	21	50
	Wedge shape, headlamps and bumpers integrated into body, wheels covered, underbody covered, optimized flow of cooling air.	0.3...0.4	0.58	4.6	16	37
	Headlamps and all wheels enclosed within body, underbody covered	0.2...0.25	0.37	3.0	10	24
	Reversed wedge shape (minimal cross-section at tail)	0.23	0.38	3.0	10	24
	Optimum streamlining	0.15...0.20	0.29	2.3	7.8	18
Trucks, truck-trailer combinations		0.8...1.5	–	–	–	–
Motorcycles		0.6...0.7	–	–	–	–
Buses		0.6...0.7	–	–	–	–
Streamlined buses		0.3...0.4	–	–	–	–

[1]) No headwind ($v_0 = 0$).

جدول شماره 7

A تصویر سطح جلوئی خودرو و برابر

V سرعت خودرو و برابر 50 km/h

VO سرعت باد مخالف و برابر صفر می‌باشد

$$F_L = 0.0386 \cdot r \cdot C_W \cdot A \cdot (V + V_0)^2$$

$$F_L = 0.0386 \cdot 1.2 \cdot 0.9 \cdot 5.25 \cdot (50)^2 \qquad F_L = 547N$$

$$P_L = \frac{F_L \cdot V}{3600} \qquad P_L = \frac{547 \cdot 50}{3600} \qquad P_L = 7.6KW$$

کل مقاومت‌های حرکت:

$$P = P_{Ro} + P_{st} + P_L \qquad P = 7.6 + 19.4 + 58 \qquad P = 85KW$$

لذا برای حرکت خودرو در جاده با شیب 6 درصد با وزن 7 تن و با سرعت 50km/h قدرتی برابر 85kw از موتور خودرو گرفته می‌شود و در صورتیکه مسافت طی شده 2 km باشد داریم:

V=50Km/h V=13.9m/s

x=2km

$$t = \frac{x}{v} \qquad t = \frac{2000}{13.9} \qquad t = 144s \qquad t = 0.04h$$

مدت زمان طی مسافت 2km با سرعت 50km/h برابر $0.04h$ می‌باشد.

جدول عملکرد موتور کادیا Sofim 8140.43s

طبق منحنی عملکرد موتور (مقادیر به صورت عملی در شرکت ایدم صحه گذاری شده است)

Performance test for IVECO engine

Test date:89/11/30 Relative humidity: 40 (%)
Test No. :1 Pressure: 863 mbar
engine No. : 09B0704 Remarks: NAVECO-SOFIM8140.43S

rev. (rpm)	Torque (ll.m)	Power (hp)	Mfuel (kg/h)	mm^3 / hub	soot (B.ll)	T cell (°C)	Tw in (°C)	Tw out (°C)	T oil (°C)	P oil (bar)	Boost pre. (bar)	T_{out} intercooler (°C)	k	Power (hp)	Power (kw)	Torque (N.m)	bsfc (gr/kw.hr)
1000	125	18	3.83	37.97	1.6	23	30	82	79	2.6	0.1	23	1.03	18.4	13.5	129.0	283.05
1200	165	28	5.71	47.17	1.3	23	28	82	76	3.2	0.2	24	1.05	29.6	21.8	173.3	261.70
1600	195	44	8.17	50.68	0.6	23	27	82	73	4.1	0.4	24	1.03	46.0	33.8	201.8	241.53
2000	208	59	10.25	50.85	0.1	23	27	83	73	4.6	0.8	26	1.03	61.0	44.9	214.0	228.44
2400	214	73	13.75	56.82	0.2	24	28	83	73	4.8	1.1	36	1.03	75.4	55.5	220.6	247.69
2800	201	80	15.12	53.57	0.6	24	30	84	74	4.8	1.1	39	1.03	82.6	60.8	207.2	248.64
3200	189	86	16.80	52.09	0.9	24	33	84	75	4.8	1	41	1.03	88.8	65.3	194.8	257.08
3600	172	88	17.79	49.02	1.6	25	39	85	77	4.6	1	44	1.03	91.1	67.0	177.6	265.42
														corrected			

جدول شماره۸

با توجه به جدول شماره 8 مقدار تقریبی مصرف سوخت موتور در شرایط مسئله برابر با $270gr/kw\cdot h$ خواهد بود، لذا داریم:

$270\times85\times0.04=918gr$

میزان مصرف سوخت در طول مسیر تست برابر 918 میلی لیتر می‌باشد. (45.9 لیتر در هر 100 کیلومتر)

مشاهده می شود مقدار مصرف سوخت تئوری محاسبه شده (46 لیتر) با مقدار عملی اندازه‌گیری شده(43 لیتر) همخوانی دارد لذا تست های عملی انجام شده و محاسبات تئوری انجام شده با دقت قابل قبولی صحه‌گذاری می‌شود.

با استفاده از محاسبات و مدل سازی انجام شده توان جلوبرندگی (توان لازم برای غلبه بر مقاومت ها) در وضعیت های مختلف قابل محاسبه بوده که به تبع آن مقادیر مصرف سوخت در هر وضعیت قابل استخراج می باشد.نتایج تئوری حالتهای خاص که به صورت عملی تست شده در جدول شماره 9 آورده شده است.

			سرعت 30 km/h		سرعت 50 km/h		سرعت 60 km/h		سرعت 80 km/h		سرعت 90 km/h		سرعت 100 km/h	
			شیب ۰درصد	شیب ٦ درصد	شیب ۰ درصد	شیب ٦ درصد	شیب ۰ درصد	شیب ٦ درصد	شیب ۰ درصد	شیب ٦ درصد	شیب ۰ درصد	شیب ٦ درصد	شیب ۰ درصد	شیب ٦ درصد
بدون اتاق بار باجرم 2500kg A= 3.6 , Cw= 0.7		مقاومت وزنی	0	12.3	0	20.5	0	24.7	0	33	0	37	0	41
		مقاومت غلتشی	4.16	4	7	6.9	8.3	8.3	11	11	12	12	14	14
		آیرودینامیکی	0.87	0.87	4	4	7	7	17	17	23	23	32	32
		کل مقاومت	5.03	17.17	11	31.4	15.3	40	28	61	35	72	46	87
با اتاق بارمسقف باجرم 3700kg A=5.25, Cw= 0.9		مقاومت وزنی	0	18	0	30	0	36	0	48	0	54	0	60
		مقاومت غلتشی	6	6	10	10	12	12	16	16	18	18	20	20
		آیرودینامیکی	1.6	1.6	7.6	7.6	13	13	31	31	44	44	61	61
		کل مقاومت	7.6	25.6	17.6	47.6	25	61	47	95	62	116	81	141
با اتاق بارمسقف باجرم 7000kg A=5.25 , Cw= 0.9		مقاومت وزنی	0	35	0	57	0	69	0	92	0	104	0	115
		مقاومت غلتشی	12	12	19	19	23	23	31	31	35	35	39	39
		آیرودینامیکی	1.6	1.6	7.6	7.6	13	13	31	31	44	44	61	61
		کل مقاومت	13.6	48.6	26.6	83.6	36	105	62	154	79	183	100	215
با اتاق بارمسقف وبادگیر با جرم 700 kg A=5.25, Cw= 0.7		مقاومت وزنی	0	35	0	57	0	69	0	92	0	104	0	115
		مقاومت غلتشی	12	12	19	19	23	23	31	31	35	35	39	39
		آیرودینامیکی	1.2	1.2	6	6	10	10	24	24	35	35	47	47
		کل مقاومت	13.2	48.2	25	82	33	102	55	147	70	174	86	201

مواردی که با رنگ مشخص شده اند بیشتر از توان خروجی موتور (92 kw) بوده و امکان رانندگی با این شرایط وجود نخواهد داشت.

جدول شماره۹ - ،مقادیر مقاومتها در مقابل حرکت بر حسب **KW**

نتایج:

- پارامترهای موثر در میزان مصرف سوخت خودرو به ترتیب میزان تاثیر به شرح زیر می باشد.

- وزن خودرو: بیشترین تاثیر در میزان مصرف سوخت وزن خودرو در جاده های شیب دار است که هر چقدر خودرو سنگین باشد و شیب جاده نیز زیاد باشد مصرف بالا می رود.
- سرعت خودرو: با توجه به ایرودینامیک نبودن خودروهای تجاری و تصویر زیاد سطح مقطع جلوی آنها سرعت زیاد تاثیر منفی بر روی میزان مصرف سوخت دارد، که اضافه کردن اتاق بار مسقف و افزایش سطح موثر آن مصرف سوخت خودرو را به میزان زیادی افزایش می دهد.
- دور موتور: هر چقدر دور موتور افزایش یابد میزان مصرف سوخت نیز افزایش می یابد. به این معنی که در سرعتهای یکسان بهینه مصرف در صورتی است که دور موتور کمتر باشد.(البته با توجه به منحنی عملکرد موتور کاهش دادن دور برای کم کردن مصرف سوخت محدودیت دارد.)

- نسبت دیفرانسیل بر میزان مصرف سوخت به صورت تغییرات دور موتور اثر می کند و در خودروی کادیا تغییر از نسبت 4.3 به 5.125 تاثیر منفی بر میزان مصرف سوخت ندارد.
- بهینه مصرف سوخت در تمامی شرایط تست در شیب جاده % 0 (با بار، بدون بار، با اتاق بار و بدون اتاق بار) در سرعت 50 کیلومتر بر ساعت می باشد.
- خودرو بدون بار و بدون اتاق بار در شرایط جاده با شیب % 0 در سرعت 50 کیلومتر بر ساعت 10 L/100km مصرف دارد.
- خودرو با وزن 7000 کیلوگرم و با اتاق بار مسقف فلزی در شرایط شیب جاده % 0 و در سرعت 50 کیلومتر بر ساعت به میزان 11.5 L/100km مصرف سوخت دارد.
- خودرو با وزن 7000 کیلوگرم و با اتاق بار مسقف فلزی در شرایط شیب جاده % 7 به میزان 43 L/100km مصرف سوخت دارد.
- میزان مصرف سوخت در شرایط بدون حرکت خودرو (بدون بار موتور) برابر 0.76 لیتر در ساعت می‌باشد.یعنی اگر خودرو در حالت کارکرد موتور در جا به مدت یک ساعت کار کند مقدار 0.76 لیتر در ساعت مصرف خواهد داشت.
- مقدار مصرف سوخت در بهینه ترین شرایط خودرو بدون بار و اتاق بار با سرعت 50 km/h در شیب جاده صفر درصد 5 برابر بیشتر از مقدار مصرف همان خودرو در حالت استاتیکی (بدون حرکت) می باشد.
- مصرف سوخت موتور در حالت در جا کار کردن خودرو 95 درصد کمتر از مصرف سوخت موتور در حالت بار کامل موتور می باشد.

مراجع:

1. Sofim (8140.43s) engine ECE-R24 Test Report –TUV Rheinland –Test Report No: 81-R24-900/07

2. Wong, J.Y., "Theory of Ground Vehicles", Third Edition, Department of Mechanical and Aerospace Engineering Carleton University, Ottawa, Canada (2001)

3."Total Cost of Ownership: A Gas versus Diesel Com Parison", university of Michigan

4. C.onder, L, Guzzella. "Hybrid – Electric Vehicle with Natural Gas – Diesel Engine" july2013

5."BOSCH Automotive Handbook" 7TH Edition

6. Thamus D.Gillespie "Fundamentals of Vehicle Dynamic" published by: society of Automotive Engineers,

۷.توسعه الگوی پویایی سامانه انتقال قدرت CVT و پایش بهینه آن برای دست یابی به مصرف سوخت بهینه – موس رضائی، وحید شاطریان – فصنامه‌ی علمی – پژوهشی موتور – زمستان 1389