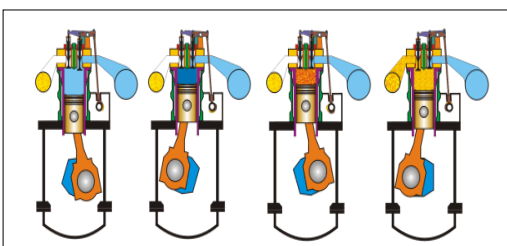


نمونه خودروی انژکتوری بنزینی با سیستم گاز سوز

CONTINUOUS

Intake    Compression    Combustion/Expansion    Discharge



گاز طبیعی سوخت بسیار مناسبی برای استفاده در خودروها می باشد. مشخصه های آلاینده‌گی و احتراق آن در مقایسه با سایر سوختها مطلوب تر است علی‌رغم مشکلات موجود در صنعت تبدیل لکن برنامه تبدیل بر روی میلیونها خودرو در سطح جهان به صورت کاملاً موفقیت آمیز و ایمن صورت گرفته و سوخت CNG را در سطح وسیعی جهت تبدیل OEM (نصب در کارخانه) مطرح کرده است. مشکلات موجود در تبدیل با اعمال یک سری تغییرات در BASE موتور امکان استفاده از سوخت CNG را برای چنین موتورهایی فراهم می کند.

### معرفی ۴ نسل از خودروها

- ۱- خودروهای کاربراتوری با سیستم کنترل مکانیکی (وجود پلاتین در سیستم دلکو) نظیر خودرو نیسان Z24
- ۲- خودروهای کاربراتوری با دلکوی مگنتی نظیر خودرو پراید CLC
- ۳- خودروهای انژکتوری CONTINUOUS
- ۴- خودروهای انژکتوری SEQUENTIAL, SEMI SEQUENTIAL

بازده تئوری سیکل اتو به پارامترهای مختلفی بستگی دارد یکی از مهمترین آنها نسبت تراکم (CR) می باشد به طوریکه با افزایش نسبت تراکم بازده تئوری سیکل نیز افزایش می یابد نسبت تراکم موتورهای بنزینی در محدوده ۷-۱۱ می باشد و برای گاز طبیعی این عدد در محدوده ۱۵ می باشد که این اعداد بر اساس شرایط کارکرد موتور و ترکیب سوخت متغیر می باشد

### بازده گرمایی موتور

به لحاظ تئوری با افزایش نسبت تراکم بازده گرمایی موتور افزایش می یابد در عمل به دلیل وجود نیروی اصطکاک ماکزیمم بازده گرمایی در شرایطی که نسبت تراکم در محدوده ۱۵-۱۸ می باشد رخ می دهد.

## AFR (نسبت هوا به سوخت)

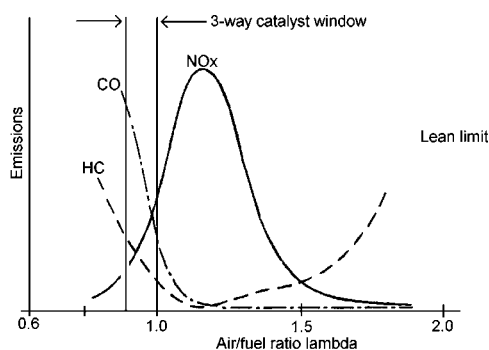
گاز	ترکیب ۱	ترکیب ۲	ترکیب ۳	ترکیب ۴	ترکیب ۵	ترکیب ۶
AFR	17.24	16.80	16.28	16.12	15.66	16.46
متان	99.7	95	90.1	88.3	85	83.3
اتان	0.28	3.0	6.6	7.8	6.5	3.0
پروپان	-	0.5	0.7	1.2	3.0	11.9
بوتان	-	0.3	0.5	0.3	0.6	0.6
پنتان	-	0.1	0.2	-	0.2	0.2
CO <sub>2</sub>	-	0.2	0.7	1.8	1.0	0.3
نیترژن	0.02	0.8	1.7	0.6	3.5	0.7
هگزان	-	0.1	0.1	-	0.2	-

از آنجا که گاز طبیعی دارای عدد اکتان بالایی می باشد مقاومت در برابر KNOCK در آن بالا است و می تواند با نسبت تراکمی که به OPTIMUM نزدیک است کار کند اما در سوخت بنزین به دلیل محدودیت KNOCK نمی تواند با هر نسبت تراکمی بیشترین راندمان را بدهد و محدوده نسبت تراکم آن می بایستی در بازه ۸-۱۰ باشد.

## نسبت هوا به سوخت

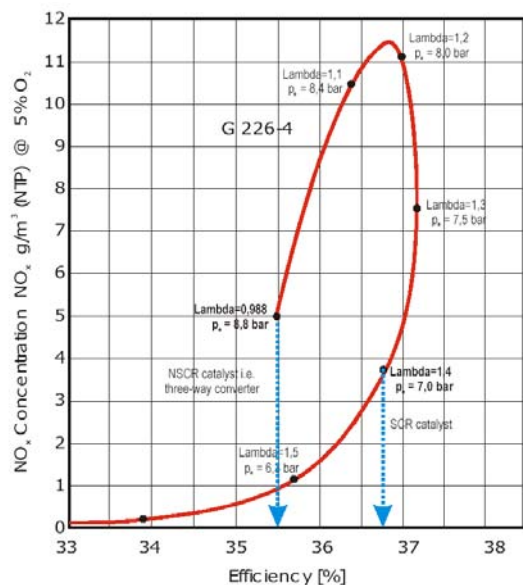
یکی از پارامترهای مهم در طراحی موتور نسبت هوا به سوخت ورودی به محفظه احتراق می باشد که عموماً با اعداد بدون بعد بیان می گردد. حالت بهینه آن عدد یک است که نسبت هوا به سوخت واقعی برابر میزان استوکیومتری می باشد زمانی که این مقدار از یک بیشتر شود مخلوط رقیق (LEAN) می باشد مثلاً مقدار ۱/۱۵ بدان مفهوم است که میزان هوای ورودی ۱۵ درصد بیشتر است و زمانی که این مقدار از یک کمتر است مخلوط غنی (RICH) می گردد.

بهترین مقدار ضریب لامبدا به هنگام نصب کاتالیست عددی بین ۱-۰/۹۸ می باشد در حالتی که مخلوط غنی است ماکزیمم توان موتور بدست می آید اگر مخلوط از میزان مشخصی غنی تر گردد سبب کاهش توان خروجی و کاهش بازده حرارتی می شود و اگر در این شرایط مخلوط رقیق گردد سبب افت تدریجی توان شده ولی راندمان حرارتی تا زمان شروع احتراق ناقص افزایش می یابد.



CO: Carbon monoxide NOX: Oxides of nitrogen HC: Hydrocarbon

نمودار نسبت هوا به سوخت در مقایسه با آلاینده ها



موتور استوکیومتریکی حالتی است که ضریب لامبدا برابر ۱ باشد با نصب کاتالیست و سنسور اکسیژن بر روی مانیفولد خروجی می توان نسبت هوا به سوخت را کنترل نمود و به حالت استوکیومتریکی نزدیک شد

افزایش نسبت هوا به سوخت یعنی حالت (LEAN) موجب کاهش NOX می شود و درجه حرارت موتور با افزایش هوای ورودی کاهش می یابد اگر چه میزان NOX کاهش می یابد ولی اگر لامبدا از ۱/۴ بالاتر رود مقدار هیدروکربنها بیشتر می شود

### قابلیت تراکم سوخت CNG

تغییر در مواد تشکیل دهنده گاز بر روی قابلیت تراکم موثر است چرا که گاز متان بالاترین قابلیت تراکم را دارد مواد دیگر نظیر بوتان و پروپان دارای مقادیر پایین تر از لحاظ قابلیت تراکم می باشند

تمامی مواد ذکر شده حتی در فشارهای بالاتر و درجه حرارتهای پایین تر نیز به نقطه میعان نمی رسند که این امر به صورت غیر مستقیم بر روی حد ماکزیمم آن در مخلوط موثر است

### اثر ترکیبات گاز بر روی عملکرد موتور

ترکیبات گاز طبیعی بسته به مکان استخراج آن متفاوت می باشد ارتباط مستقیمی بین خواص گاز و عملکرد موتور وجود دارد مثلاً مواردی نظیر KNOCK, EMISSION بسته به محل استخراج گاز متفاوت است .

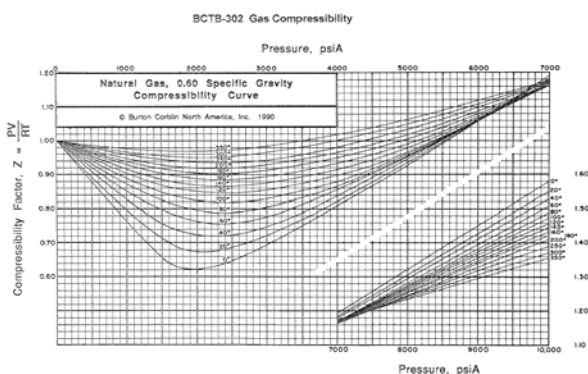
میزان آلاینده های خروجی و همچنین عملکرد موتور بستگی به مواردی نظیر احتراق خوب، نسبت احتراق بهینه، مقاومت کافی در مقابل ضربه و تولید انرژی کافی برای مخلوط سوخت و هوا می باشد. خواص گاز که در زیر عنوان می شود ارتباط مستقیم با عملکرد موتور دارد .

۱- دانسیته گاز

۲- ارزش حرارتی

۳- نسبت هوا به سوخت استوکیومتریکی

۴- مقاومت در برابر ضربه



## ترکیبات شیمیایی بنزین

مواد تشکیل دهنده	%	خواص و تاثیرات آن
سولفور	10-500 ppm	کاهش راندمان کاتالیست
آروماتیک	22-48 (volume)	مواد سمی-دود-افزایش عدد اکتان
بنزن	0,8-4 (volume)	سرطان زا
MTBE	-	میل ترکیبی بالا با آب
اتانول	-	میل ترکیبی بالا با آب
اولفین	6-21 (volume)	افزایش عدد اکتان- دارای ساختمان مولکولی چسپنده
منگنز	max 25 ppm-banned	افزایش عدد اکتان- دارای ساختمان مولکولی خاکستری
سرب	max 10 ppm	آسیب زدن به کاتالیست-سرطان زا
مواد اشباع شده	50-70% (volume)	اشتعال بالا-تاثیر بر روی عدد اکتان بستگی به ساختمان مولکولی دارد

## ترکیبات شیمیایی CNG

اجزای تشکیل دهنده	%	خواص و تاثیرات آن
سولفور	max 50 ppm	کاهش راندمان و عملکرد کاتالیست
متان	80-99 (mass)	کاهش در صد کربن-افزایش قابل توجه عدد اکتان احتراق پایین
اتان	0,5-8 (volume)	سرطان زا
CO2	max 3%	فاقد خواص سمی و کشنده
آب	Low, depends on countries	خوردگی
پروپان	max 11%	کاهش عدد اکتان
بوتان	max 5%	کاهش عدد اکتان
هیدروکربنهای سنگین	max 1%	کاهش قابل توجه عدد اکتان و افزایش میزان انرژی

## چگالی انرژی CNG و بنزین و سایر سوختها

چگالی نسبی انرژی	چگالی انرژی [MJ/kg]	نسبت هوا به سوخت	سوخت
0,84	3,21	34	هیدروژن
0,89	3,40	17.2	متان
0,96	3,68	15.6	پروپان
1	3,83	14.7	بنزین
0.88	3.36	16.5	CNG(TYPICAL)

بنزین =  $3/83$  مگا ژول بر کیلوگرم

CNGA (۹۹٪ متان + پروپان + گازهای بی اثر) =  $3/40$  مگا ژول بر کیلوگرم

CNG B (۸۴٪ متان + ۸٪ پروپان + ۵٪ اتان + ۳٪ گازهای بی اثر) =  $3/32$  مگا ژول بر کیلوگرم

CNG C (۸۴٪ متان + ۱۵٪ پروپان + ۱٪ اتان) =  $3/45$  مگا ژول بر کیلوگرم

## مشخصات احتراق سوختهای CNG و بنزین

سرعت شعله در سوخت CNG به میزان ۱۰ درصد پایین تر است

قابلیت اشتعال CNG ۱۵-۱۰ درصد

بنزین ۷/۶-۱ درصد

نسبت هوا به سوخت استوکیومتریکی گاز طبیعی ۱۷/۲-۱۵/۷

نسبت هوا به سوخت استوکیومتریکی بنزین ۱۴/۷-۱۴/۵

CNG در شرایط معمولی به صورت گاز بوده فقط در درجه حرارت زیر ۲۰۰- سانتیگراد به صورت مایع می باشد.

قابلیت انتشار گاز CNG در هوا ۰/۲ سانتیمتر مربع بر ثانیه

ترکیب سوخت و هوا در حالت گازی شکل بهتر صورت می گیرد

## شاخص مقاومت در برابر کوبش:

گاز طبیعی نیز مانند سایر سوختهایی که در موتورهای احتراق داخلی بکار گرفته می شوند در برابر کوبش دارای مقاومت ویژه ای است .

متان عامل اصلی تشکیل دهنده گاز دارای مقاومت کوبش بالایی است ولی گاز طبیعی حاوی عناصر سنگین تری نظیر اتان ، پروپان و بوتان نیز هست که دارای مقاومت کوبش پائین تری هستند . مقاومت در برابر کوبش سوختهای مایع نظیر بنزین را معمولاً با مقیاس اکتان اندازه گیری می کنند . با افزایش تراکتیل سرب یا سایر افزودنی ها می توان عدد اکتان بنزین را به بالاتر از ۱۰۰ رساند تا سوختهایی با عدد اکتان ۱۲۰ بدست آید ولی این مقیاس برای گاز طبیعی که معمولاً عدد اکتان بالاتر از ۱۲۰ (حدود ۱۴۰) دارد مناسب نیست به منظور غلبه بر این مشکل شاخص دیگری به نام عدد متان به وجود آمده است در این مقیاس از متان خالص به عنوان سوخت مرجع مقاوم در برابر کوبش و از هیدروژن به عنوان سوخت مرجع حساس به کوبش استفاده می شود این مقیاس مناسب سوختهای گاز طبیعی است افزودن هر هیدروکربنی به متان عدد متان را کاهش می دهد در روش تعیین میزان اکتان گاز طبیعی که توسط انسیتوی تحقیقات گاز (GRI) انجام شد برای متان خالص MON(MOTOR OCTANE NUMBER) حدود ۱۴۰ بدست آمد بیشتر گازهای طبیعی دارای عدد MON در دامنه ۱۱۵ تا ۱۳۰ هستند

**توجه: اطلاعات کاملتر در خصوص خودروهای دوگانه سوز در تازه های فنی دیگر ارائه خواهد شد**