

# آلودگی هوا در اثر امیسیون‌های مضر موتورهای احتراق داخلی

دکتر مهدی اخلاقی

استادیار دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## چکیده:

امروزه امیسیون‌های مضر دود حاصل احتراق موتورهای بنزینی (ودیزلی)، با توجه به تراکم خیلی زیاد وسایل نقلیه، خصوصاً در شهرهای بزرگ، از مشکلات پیچیده صنعتی - اجتماعی بشمار می‌آید. با توجه بدین مسأله مهم و حیاتی، آلودگی هوا ناشی از امیسیون‌های مضر دود موتورهای احتراق داخلی در سه قسمت ارائه می‌گردد: نخست امیسیون‌های مضر دود و اثر فراسنج‌های مهم موتوری بر روی آن‌ها بررسی می‌شوند. در قسمت دوم چگونگی کاهش امیسیون‌های مضر دود در موتورهای بنزینی مورد بحث قرار می‌گیرند. و بالاخره در قسمت سوم حدود مجاز امیسیون‌های مضر دود در امریکا، ممالک اروپائی و ژاپن و قوانین مربوطه ارائه می‌شوند.

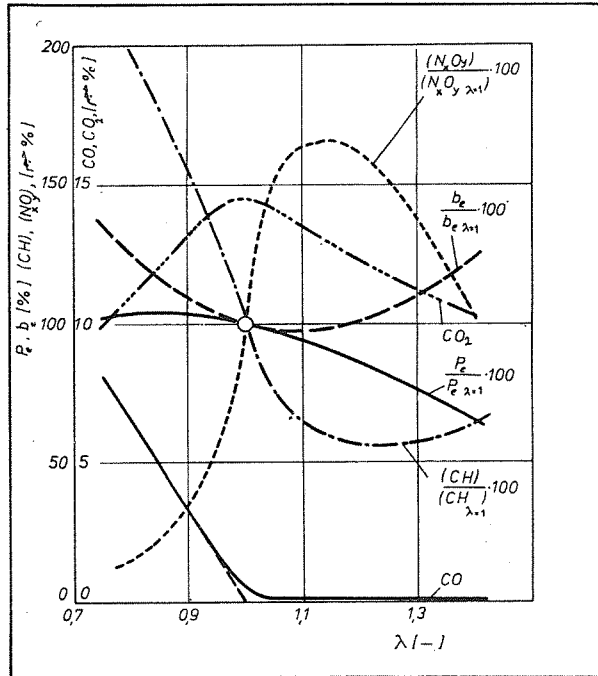
## ۱ - مقدمه

موتوری تشکیل می‌دهند. در این نوع موتورها، سوخت و هوا با یکدیگر در نسبت معینی محترق شده و حاصل احتراق به صورت دود به خارج رانده می‌شود. بنابراین با توجه به تردد اتومبیل‌ها خصوصاً «در شهرهای بزرگ» بررسی امیسیون‌های مضر دود و تأثیر آن بر موجودات زنده امری ضروری است.

آلودگی طبیعی هوا ناشی از آتش‌سوزی جنگل‌ها، آتش‌سوزی در کوه‌های آتشفشان طوفان‌های شنی و... کم و بیش در همه زمان‌ها وجود داشته و دارد. اما امروزه آلودگی مصنوعی هوا متأثر از مصرف بی‌قاعده انرژی، اگر بیشتر از آلودگی هوای طبیعی نباشد، لاقفل در همان حد است. بخش مهمی از آلودگی مصنوعی هوا را حرکت وسایل نقلیه

## ۲ - امیسیون‌های مضر دود

شکل (۲) اثر نسبت هوا بر امیسیون‌های مضر دود  
 $CO, HC, CO_2, N_xO_y$  بر مصرف مخصوص  $be$  و بر توان مفید  $pe$   
 را نشان می‌دهد.



شکل (۲) اثر نسبت هوا بر  $CO_2, HC, N_xO_y$  و هم چنین بر  
 توان مفید  $pe$  و مصرف مخصوص  $be$  (موتور بنزینی در ۲۰۰۰ دور در دقیقه و  
 باری معادل ۳ کیلو پوند).

بنابراین کوچکترین انحراف در نسبت هوا می‌تواند اثرات  
 نامطلوب به لحاظ امیسیون‌های مضر دود، مصرف مخصوص و یا  
 توان مفید داشته باشد. در حالی که برای  $\lambda = 0.9$  حداکثر توان در  
 کنار مقدار جزئی  $N_xO_y$  به دست می‌آید، بالعکس برای  
 $\lambda = 1.0 - 1.3$  مصرف مخصوص و گازهای سمی هیدروکربن و  
 منواکسید کربن در حداقل می‌باشند. امروزه معمولاً مخلوط کن‌ها  
 (کاربراتورها و انژکتورها) طوری تنظیم شده‌اند که در تمام بار (با  
 توجه به حداکثر توان) مخلوط چرب و بالعکس در نیم بار (تردد  
 شهری، با توجه به کاهش امیسیون‌های مضر دود - به استثنای  
 اکسیدهای ازت - و هم چنین کاهش مصرف مخصوص) مخلوط  
 ضعیف در اختیار موتور قرار می‌گیرد. اثر نسبت هوا بر فراسنج‌های  
 فوق‌الذکر بی‌ارتباط با سرعت شعله نیست. شکل (۳) سرعت شعله  
 در مخلوط‌های متفاوت به ازاء نسبت هوا را نشان می‌دهد.

### سرعت شعله

اندازه‌های سنجش حرکت شعله ناشی از جرقه در مخلوط  
 بستگی به خواص و ترکیب مخلوط و همچنین بستگی به فشار (به  
 نسبت کم) و به حرارت (به نسبت خیلی زیاد) آن دارد و برای

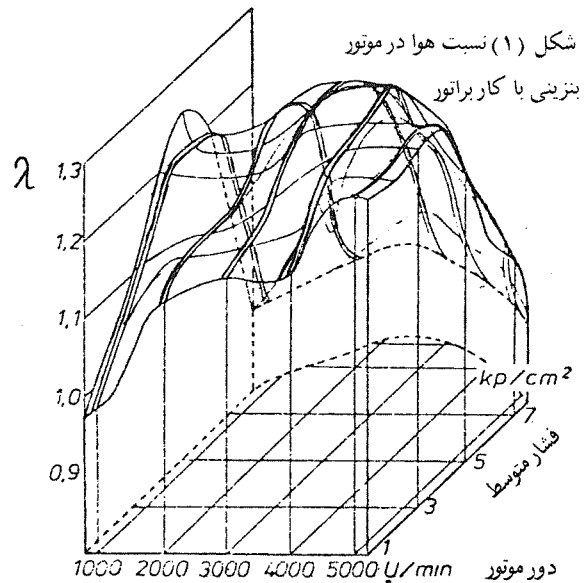
مخلوطی از هوا و سوخت (بنزین، گازوئیل و...) در اتاق  
 احتراق و در انتهای مرحله تراکم توسط جرقه الکتریکی (در موتورهای  
 اتویا بنزینی) و یا رسیدن مخلوط به درجه حرارت احتراق خود به خود  
 (در موتورهای دیزلی یا گازوئیلی) محترق شده و بخش مهمی از آن  
 به شکل دود، متشکل از ترکیبات اکسیدی کربن، هیدروکربن،  
 اکسیدهای ازت و... از لوله اگزوز خارج می‌شوند.

به طور کلی برای احتراق کامل هر مقدار معینی سوخت به مقدار  
 معینی هوا نیاز است که از روابط شیمیایی به دست می‌آید؛ اما  
 معمولاً برای سوختن یک کیلوگرم مواد سوختی متداول امروزی،  
 حداقل هوای لازم راتقریباً معادل  $14.5$  کیلوگرم در نظر می‌گیرند.  
 از نسبت مقدار هوای مکیده شده توسط موتور «GL» به حداقل  
 هوای مورد نیاز برای احتراق کامل  $GL_{min}$  عددی حاصل  
 می‌شود که آن را نسبت هوا  $\lambda$  گویند:

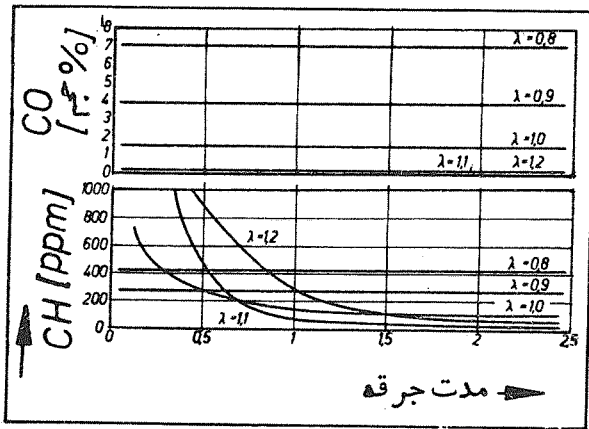
$$\lambda = \frac{GL}{GL_{min}} = \frac{GL / GB}{GL_{min} / GB} = \frac{1 [Kg] \cdot \dot{G}L [Kg/h]}{14.5 [Kg] \cdot \dot{G}B [Kg/h]}$$

( $GB$  وزن سوخت است)

مخلوط‌هایی که نسبت هوای آن‌ها از یک بزرگتر باشد  
 («خشک یا ضعیف») و مخلوط‌هایی که نسبت هوای آن‌ها  
 بالعکس از یک کوچکتر باشد «چرب یا غنی» گویند.  
 نسبت هوا یکی از فراسنج‌های مهم موتوری است که توسط  
 مخلوط کن (کاربراتور یا انژکتور) برای هر نقطه کاری تنظیم  
 می‌گردد. شکل (۱) تنظیم نسبت هوا توسط کاربراتور برای دورها و  
 فشارها (بارهای) متفاوت را نشان می‌دهد.

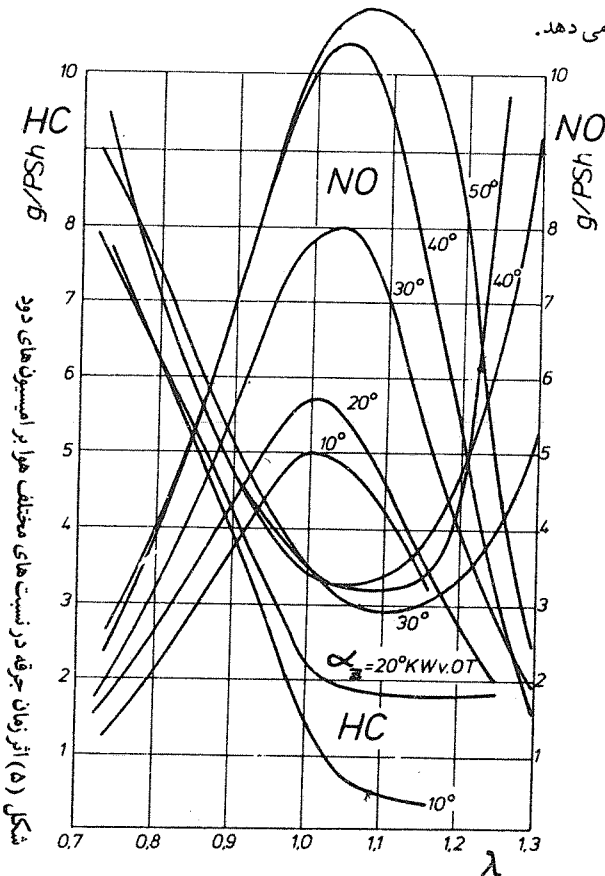


شکل (۱) نسبت هوا در موتور  
 بنزینی با کاربراتور

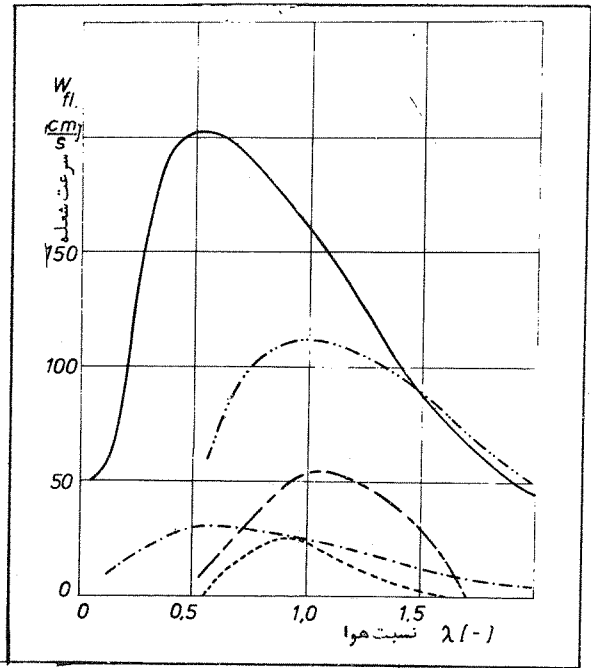


شکل (۴) اثر مدت جرقه بر روی امیسیون دود موتور بنزینی

یکی دیگر از مهمترین فراسنج های موتوری زمان جرقه است که مستقیماً بر نوع احتراق (احتراق دیر- عادی و کوبنده) و نوسانات سیکل و در نتیجه بر مصرف، توان و امیسیون های مضر تأثیر بسزائی دارد. مناسبترین زمان جرقه نسبت به حداقل ممکن مصرف، حداکثر توان و حداقل درصد امیسیون های مضر دود و برای هر دور و هر بار (هر نقطه کاری) مختلف بوده که امروزه در موتورهای توسط تنظیم کننده ها مشخص می شود. شکل (۵) اثر زمان جرقه در نسبت های مختلف هوا بر امیسیون های دود NO و HC را نشان می دهد.



شکل (۵) اثر زمان جرقه در نسبت های مختلف هوا بر امیسیون های دود



مخلوط هیدروژن با هوا  
مخلوط آستیلین با هوا  
مخلوط اکسید کربن با هوا  
مخلوط متان با هوا  
مخلوط اتیلین با هوا

شکل (۳) سرعت شعله در مخلوط های مختلف

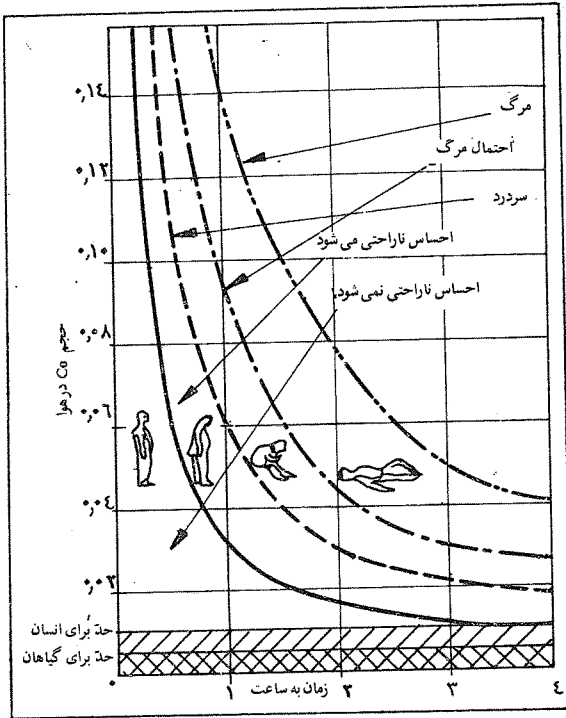
مخلوطی با نسبت هوای کوچکتر از یک حداکثر مقدار را داراست. پیشروی احتراق برای هر ماده سوختی، فقط در محدوده معینی ممکن است. بزرگی این محدوده به وسیله نیاز ملکول ماده سوختی به اکسیژن مشخص می شود.

انرژی جرقه الکتریکی تحولاتی را در ملکول های مخلوط مجاور محل جرقه به وجود می آورد. بعد از جرقه نحوهٔ انفجالات برای کل مدت احتراق خیلی حائز اهمیت می باشد، زیرا سرعت پیشانی شعله در ابتدا خیلی کوچک و لذا کندی در لحظات اولیه اثرات بزرگی (مهمی) را داراست. در تمام بار و نسبت های هوای کوچکتر از یک شدت جرقه اثر کمی دارد، زیرا اندکی از آن کافی است تا هسته مرکزی احتراق را تشکیل داده و سریعاً در تمامی مخلوط توسعه یابد. در نیم بار با نسبت هوای بزرگتر از یک، بزرگی انرژی و مدت جرقه خیلی اهمیت دارد. استعمال چندین جرقه پشت سر هم برای احتراق در مخلوط های ضعیف خصوصاً مخلوط های غیرهمگن بسیار مهم است، زیرا با تغییر نسبت مخلوط در نزدیکی محل جرقه، به کمک حرکت هوا، شرایط مناسب برای یکی از جرقه ها به وجود می آید. در مخلوط های همگن چندین جرقه در صورتی مؤثر است که حرکت هوا گازهای سوختنی را کنار زده تا بقیه مخلوط در اثر جرقه بعدی محترق شده و بدین ترتیب احتراق کامل تحقق یابد، به همین دلیل بایستی در فاز اولیه سرعت گاز در نزدیکی محل شمع بزرگتر از سرعت شعله باشد.

بنابراین کلیه فراسنج های موتورهای که در رابطه مستقیم و یا غیرمستقیم عمل احتراق می باشند، برچگونگی تشکیل امیسیون های دود مؤثرند.

### ۳- اثر امیسیون های مضر دود بر انسان

دی اکسید کربن را نمی توان مستقیماً به عنوان عاملی در آلودگی هوا دانست لیکن در مجاورت با منواکسید کربن بسیار خطرناک بوده و می تواند اثر منواکسید کربن را در رابطه با مرگ قوی تر نماید، شکل (۶).



شکل (۷) اثر CO بر انسان

ازت تقریباً چهار برابر رسمی تر از منواکسید آن است. بیماری های ریه و برانشیت می توانند ناشی از وجود همین اکسیدها در هوا باشند. مقدار اکسید ازت ناشی از دود اتومبیل در هوا تقریباً حدود  $3 \times 10^{-4}$  درصد حجمی است.

### ۴- نتایج

با توجه به نتایج آزمایش های مختلف، به کمک فراسنج های موتوری خصوصاً نسبت هوا و زمان جرعه می توان برچگونگی احتراق و در نتیجه مقدار امیسیون های مضر دود تأثیر گذارد. کوچکترین انحراف در تنظیم صحیح و مناسب هر نقطه کاری می تواند اثرات نامطلوب به لحاظ افزایش امیسیون های مضر دود و مصرف مخصوص و کاهش توان مفید را به همراه داشته باشد. بنابراین تنظیم صحیح مخلوط کن (کاربراتور یا انژکتور) و زمان جرعه (دلکو و یا تزریق سوخت) نه تنها از نظر سلامتی محیط زیست بسیار مورد توجه است، بلکه به لحاظ مسائل اقتصادی نیز غیرقابل چشم پوشی است.

### ۵- منابع

AKHLACHI, M.

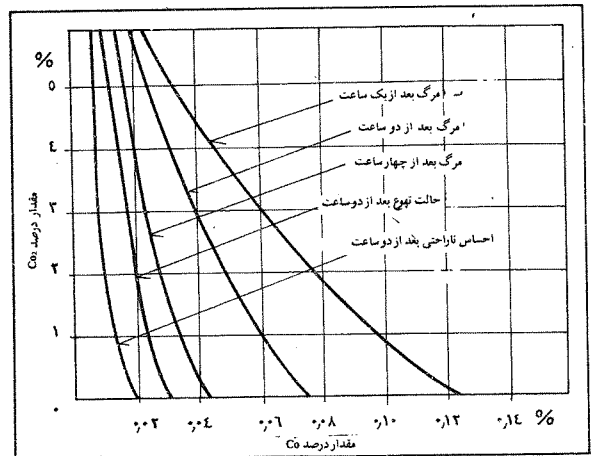
(1) AKHLACHI, M.

*Laufunruhe, Abgasemissionen and Verbrauch eines ottomotors*

Diss T.U. WIEN 1978.

(2) LENZ, H.P.

*Verbrennungs - Kraftmasch Grundzuege T.U. WIEN 1983.*



شکل (۶) اثر CO2 در مجاورت CO بر انسان

به عنوان مثال، در امریکا، حدود بیست درصد موجودی دی اکسید کربن در آلودگی مصنوعی هوا ناشی از حرکت اتومبیل هاست.

در باره سمی بودن منواکسید کربن شکی در میان نیست، زیرا وجود آن کمبود اکسیژن را در بدن موجب می شود و در صورتی که درصد آن در هوا زیاد باشد می تواند پس از مدتی باعث خفگی گردد.

شکل (۷) اثر منواکسید کربن بر انسان را نشان می دهد.

طبق نظریه برخی از محققین، حدود نود درصد از منواکسید کربن موجود در اتمسفر ناشی از دود اتومبیل ها، خصوصاً اتومبیل های بنزینی است.

مقدار درصد مجاز ترکیب هیدروکربن هنوز کاملاً مشخص نیست، لیکن نظرات متفاوتی وجود دارد که مقدار جزئی از آن را (حدود  $50 \times 10^{-4}$  تا  $500 \times 10^{-4}$  درصد حجمی) در هوای تنفسی آن هم برای مدت هشت ساعتی بی ضرر می دانند. حدود بیست و پنج درصد آلودگی هوا متأثر از ترکیبات هیدروکربن در اتمسفر ناشی از حرکت اتومبیل ها و دود کارخانجات صنعتی است. اکسیدهای ازت خیلی سمی هستند، به طوری که دی اکسید