ملوثات محركات السيارات العاملة على وقود البنزين والوقود الغازي المميّع LPG (دراسة مقارنة)

د.م. محمد سعيد السابق[1]

الملخص

أسرفتْ البشرية في استغلال منابع القدرة الطبيعية لوضعها في خدمة الإنسان بعد أن تمكّن من صنع الآلات القادرة على تحويل الطاقة المستخرجة من مصادر طبيعية إلى شكل آخر يمكن تطويعه للقيام بمختلف الأعمال حتى أصبح من الممكن أن نعدَّ استهلاك الفرد من الطاقة أحد أهم المؤشرات الدّالة على تقدم الدول وتطوّرها.

أدتْ الآلات الحرارية دوراً مهماً في التطور الاقتصادي للدول، ومع التطوّر السريع لهذه الآلات الحرارية وأثرها السلبي في البيئة، اتّجهت الدراسات ومراكز البحث العلمي نحو إيجاد بدائل أخرى يمكنها أن تقلل من الملوّثات التي تطرحها هذه المحركات في الهواء المحيط، ومن ضمنها دراسة جدوى استخدام الوقود الغازي بأنواعه المختلفة، وإمكانية ذلك .

يتناول البحث أنواع الوقود، ومكونات الوقود الغازي ،ومميزاته، وخصائصه ، وقمنا في الجزء العملي باختبار ثلاث سيارات بحالة فنية جيّدة، تعمل على وقود البنزين والوقود الغازي LPG، واستخدمنا في عملية القياس جهاز قياس خاص بمحركات البنزين Automotive Gas Analyzer قادر على قياس نسبة $CO/CO_2/NO_x/HC/O_2$.

النتائج الإيجابية التي حصلنا من حيث قيم الانبعاثات الضارة بالبيئة أثبتت إيجابيات استخدام الغاز المميّع LPG من حيث الأمان والسلامة والكفاءة العالية عند الاحتراق، ورخص هذا النوع من الوقود من العوامل التي تدفعنا لمتابعة البحث في هذا المجال.

كلمات مفتاحية: الوقود الغازي المميّع، القيمة الحرارية، رقم الأوكتان ورقم السيتان، درجة حرارة الاشتعال الذاتي.

[1]أستاذ مساعد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة – جامعة دمشق

Pollutants from Gasoline and LPG Fuel Engines (A comparative study)

Dr.Eng.MHD Saed Alsabek[(1)]

Abstract

Humanity has overlooked the exploitation of the natural sources to put it in the service of humanity after being able to make machines that are capable of converting energy extracted from natural sources into other forms. The energy is then used to carry out various actions. It then became possible to consider the per capita energy consumption as one of the most important indicators of progress in Countries and their development.

Thermal machines have played an important role in the economic development of countries. Due to the rapid development of these engines, the number of these engines increased significantly as well as their negative impact on the environment. Studies and scientific research centers have tended to find other solutions that can reduce pollutants from these engines into the surrounding air, including economic studies and the possibility of using gaseous fuels of various kinds.

This research deals with fuels, components, features and properties of gaseous fuel. In the practical part three cars in good technical condition were tested that work on gasoline and gas fuel LPG.

An Automotive Gas Analyzer was used as a measuring instrument capable of measuring the CO / CO_2 / NO_x / HC / O_2 ratio.

The positive results that were obtained in terms of the values of harmful emissions to the environment proved the advantages of using LPG in terms of safety, and high efficiency when burning and the cheapness of this type of fuel are factors that motivate further research in this field.

Keywords: Liquefied petroleum gas LPG, Calorific Value, Octane number ,Cetane number, Auto ignition temperature C^0.

[(1)] Assistant Professor at the Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Department of Automotive and Heavy Machinery Engineering / University of Damascus

المقدّمة Introduction:

إن تعلّم الإنسان كيفيّة استغلال منابع القدرة المتوفّرة في الطبيعة ووضعها في خدمته كان من العوامل التي ساعدت على دفع عجلة التقدم والرقي حتى وصلت الحضارة إلى ماهي عليه الآن، وكان نتيجة لذلك أنْ تمكّن الإنسان من صنع الآلات القادرة على تحويل الطاقة المستخرجة من مصادر طبيعية إلى شكل آخر يمكن تطويعه للقيام بمختلف الأعمال.

من هذه الآلات نذكر الآلات الحرارية وبخاصة محركات الاحتراق الداخلي ووسائل النقل والمواصلات التي تؤدي دوراً أساسياً في التطور الاقتصادي للدول حتى أصبح من الممكن أن نعدَّ استهلاك الفرد من الطاقة أحد أهم المؤشرات الدالة على تقدم الدول وتطوّرها .

من المعلوم أن محركات الاحتراق الداخلي بأنواعها المختلفة تعدُّ مصدراً للطاقة الحركية في المركبات وذلك بالاستفادة من الطاقة الكيميائية الكامنة في الوقود وتحويل هذه الطاقة من خلال عملية الاحتراق إلى حرارة، ومن ثم تتحوّل هذه الحرارة إلى طاقة ميكانيكية.

تعمل محركات الاحتراق الداخلي على الوقود السائل بنوعيه الخفيف والثقيل، ولكن نظراً للتطوّر السريع لهذه المحركات والذي شهدناه في الآونة الأخيرة وتزايد عدد هذه المحركات بشكل كبير والأثر السلبي الذي بدأت تحدثه هذه الآلات الحرارية على البيئة، اتّجهت الدراسات ومراكز البحث العلمي نحو إيجاد بدائل أخرى يمكنها أن تقلل من الملوّثات التي تطرحها هذه المحركات في الهواء المحيط .

ظهر على الساحة في الآونة الأخيرة الوقود الغازي وأصبح في وضع منافس للوقود السائل، ولكن قبل التطرق للحديث عن هذا الوقود ومزايا استخدامه سنتناول أولاً موضوع الوقود وأنواعه المختلفة.

1- تصنيف الوقود Classification of Fuel:

يصنف الوقود بشكل عام تبعاً لحالته الفيزيائية إلى: وقود صلب، وسائل، وغازي، وتبعاً لطريقة استخراجه إلى وقود طبيعي وصناعي كالآتي [1] :

أ- الوقود الطبيعي: ويقسم إلى وقود صلب(الحطب والخشب والفحم الحجري)، و وقود سائل(النفط)، ووقود غازي(الغاز الطبيعي والغاز المرافق للنفط).

ب- الوقود الصناعي: ويقسم إلى فحم الكوك بأنواعه، والوقود المسحوق، ووقود البنزين، والكيروسين، والغاز المضغوط، والغاز المسال الناتج من عملية تكرير النفط.

استخدم الإنسان الوقود الأحفوري والنفط والغاز بإسراف، ولا يزال منذ القرن الماضي يستخدمه بالإسراف نفسه مع ارتفاع أسعاره يوماً بعد يوم مع أضراره الشديدة على البيئة، ولم يستثمر بشكل جيد مصادر الطاقة النظيفة التي يمكن استخدامها كوقود بديل بما فيها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر والطاقة المستمدة من حرارة الأرض الجوفية وخلايا الوقود.

من أنواع الغاز الطبيعي (Natural Gas (NG موضوع البحث نذكر:

أ- غاز مستخرج من آبار الحقول النفطية.

ب- غاز مرافق للنفط في الحقول النفطية.

ت- غاز مميّع مكون من البروبان والبوتان.

وكذلك من أنواع الغاز الصناعي نجد:

أ- غاز ناتج عن المعالجة الحرارية للوقود الصلب (غاز الكوك).

ب- غاز ناتج عن محطات تكرير النفط.

ت- غاز التوليد الناتج عن معالجة الوقود الصلب.

2- مكونات الغاز الطبيعي
Natural gas components:

يتكوّن الغاز الطبيعي أساساً من الهيدروكربونات التي تتكوّن من مجموعة الميتان وهي:

- الميتان CH_4: الغاز الأساسي وتصل نسبته إلى 90-98%
- الإيتان C_2H_6
- البروبان C_3H_8
- البوتان C_4H_{10}
- إضافة إلى هذه المواد القابلة للاشتعال هناك مواد غير قابلة للاشتعال وهي:
- الآزوت N_2
- ثاني أوكسيد الكربون CO_2
- بخار الماء H_2O
- كبريت الهيدروجين H_2S

3- ميزات الوقود الغازي ومجالات استخدامه
Advantages of gas fuel and its fields of use:

المزايا الإيجابية:

- يعدُّ من أرخص أنواع الوقود.
- يحترق عند أقل قيمة لمعامل فائض الهواء، وهذا يعني زيادة درجة حرارة الاحتراق وزيادة معامل الاستفادة من الحرارة الناتجة عن عملية الاحتراق.
- لا يخلِّف الغاز بعد احتراقه نواتج صلبة.
- ارتفاع رقم الأوكتان مما يسمح بزيادة نسبة الانضغاط في المحرك وزيادة استطاعته دون حدوث ظاهرة الصفع .
- يزداد العمر الفني للمحرك الغازي بمعدّل 30-40% بالمقارنة مع محرك البنزين بسبب انخفاض تآكل جدران الأسطوانات وقلّة المواد المختلفة داخل المحرك.
- جودة عملية تشكيل المزيج وسهولة إقلاع المحرك مع احتراق كامل للوقود.

بالمقابل هناك عدد من سلبيات استخدام الوقود الغازي على محركات السيارات نذكر منها:

- إمكانية تسرب الغاز من الخزانات أو الأنابيب أو الوصلات بسبب عدم الإحكام الجيّد.
- إمكانية تشكل خلائط قابلة للانفجار مع الهواء الجوي المحيط.
- إمكانية حدوث حالات تسمم من الغاز.

مما يفرض ضرورة الحفاظ على القواعد السليمة وإتباع إجراءات الأمان اللازمة عند استخدام الوقود الغازي .

أما فيما يتعلق بمجالات استخدام الوقود الغازي نذكر :

- محطات توليد البخار.
- العنفات الغازية.
- الصناعات المختلفة.
- محركات الاحتراق الداخلي (الغاز المضغوط CNG والغاز المميّع LPG).

4- بعض خصائص وقود البنزين والوقود الغازي
Some properties of petrol and gas fuels:

يبين الجدول (1) أهم خصائص الوقود بما فيها رقم الأوكتان (مدى مقاومة الوقود على مقاومة حدوث ظاهرة الصفع)، والقيمة الحرارية (كمية الحرارة الناتجة عن احتراق وحدة الكتلة أو وحدة الحجم من الوقود وتستخدم القيمة الحرارية لمقارنة أنواع الوقود)، ودرجة حرارة الاشتعال الذاتي (أدنى درجة حرارة تشتعل فيها المادة تلقائياً في جو

طبيعي دون مصدر اشتعال خارجي، مثل لهب أو شرارة) [2,3].

الجدول (1): بعض خصائص الوقود

نوع الوقود	القيمة الحرارية الدنيا	رقم الأوكتان	درجة حرارة الاشتعال الذاتي C^0
الغاز الطبيعي	35590 Kj/m^3	89-95	537
الغاز المضغوط	92114 Kj/m^3	96-112	465
البنزين	43754 Kj/Kg	76-96	390-530

الغاز النفطي (البترولي) المسال Liquid LPG Petroleum Gas هو خليط من غازات هيدروكربونية من أهمها غاز البروبان أو البيوتان وهناك خليط يتكون منهما بنسبة 60% بروبان و 40% بيوتان. يصنع LPG خلال عملية تكرير النفط الخام أو يستخلص من مجرى الغاز أو النفط عند خروجها من باطن الأرض.

يكون LPG عند درجة الحرارة والضغط الطبيعيين في حالته الغازية، لذلك يتم نقله في قوارير حديدية مضغوطة، ونظراً لأن هذا السائل يتمدّد بفعل الحرارة، لا تتم تعبئة القوارير بشكل كامل إنما بنسبة 85%-80 من سعتها وتختلف نسبة حجم الغاز إلى السائل اعتماداً على التكوين الكيميائي وظروف الضغط والحرارة [4].

5- نتائج الاختبارات العملية على السيارات المحوّلة:

لتنفيذ الاختبارات العملية قمنا بتحويل ثلاث سيارات بحالة فنية جيدة وبكفاءة محرك عالية لكي تكون عملية التحويل ناجحة للعمل على الوقود الغازي LPG (دون إجراء أي تعديل على المحرك)، حيث تم تثبيت أسطوانة الغاز المميّع في صندوق الأمتعة الذي لم يتأثر حجمه إلا بنسبة 25% وتوصيل خراطيم التغذية والمنظم وجهاز تعديل زاوية تسبيق الإشعال (لضمان عدم تأثر أداء المحرك عند عمله في الوقود الغازي)، وأخيراً تمّ تثبيت مفتاح التحويل بين التشغيل على الوقود الغازي أو وقود البنزين، والسيارات المتاحة للاختبار والتي سعة محركاتها أكثر من 1300 cc هي:

1- MERCEDES/280S

2- MAZDA 323

3- PEUGEOT 504

امتدت فترة الاختبارات إلى ما يقارب الشهر، وتراوحت المسافة التي قطعتها السيارات المختبرة بين 1500-2000Km، وذلك في ظروف عمل مماثلة تقريباً لظروف العمل الطبيعي، وقمنا وعلى فترات منتظمة بقياس كمية الانبعاثات الغازية الناتجة عن عمل هذه السيارات على وقود البنزين، ثمّ عند عملها على الوقود الغازي LPG ، وتمّ أخذ القياسات عند عدد دورات ne,rpm مختلف للمحرك ابتداءً من حالة عمل المحرّك على فراغ انتقالاً إلى سرعات دوران متوسطة، ثمّ سرعات دوران عالية للمحرك بغية توضيح كيفية تغيّر كمية الملوّثات الناتجة بتابعية عدد دورات المحرك.

استخدمنا في عملية القياس جهاز قياس خاص بمحركات البنزين Automotive Gas Analyzer قادر على قياس نسبة $CO/CO_2/NOX/HC/O_2$ وبوحدات القياس الموضحة لاحقاً في النتائج.

يوضح الجدول (2) نتائج اختبار السيارات الثلاث والجدول رقم (3) التغيّر الحادث في نسب الملوّثات الغازية المقاسة (نسب مئوية) لهذه السيارات عند عملها على وقود البنزين ثم على الوقود الغازي LPG وذلك على كامل مجال عمل المحرك وعند قيم مختلفة لمعامل فائض الهواء λ وبحدود القيم الطبيعية لهذا المعامل.

الجدول (2) :الانبعاثات الغازية الناتجة عن السيارات المختبرة عند عملها على وقود البنزين والوقود الغازي LPG

السيارة المختبرة الاولى MERCEDES/280S							
ne rpm	CO % vol	CO_2 % vol	HC ppm vol	NO_X ppm vol	O_2 ppm vol	λ	نوع الوقود
750	1.87	13.4	171	58	1.00	0.983	وقود البنزين
1000	2.41	13.2	163	73	0.83	0.960	
1500	2.47	13.3	145	131	0.50	0.945	
2000	1.49	13.9	142	322	0.83	0.988	
2500	95.	14.2	56	385	0.66	0.999	
3000	50.	14.1	36	483	1.01	1.030	
3500	0.40	14.0	17	605	1.17	1.042	
4000	0.57	13.7	16	766	1.51	1.054	
750	0.06	12.5	137	29	1.85	1.081	وقود غازي LPG
1000	0.10	10.9	200	14	04.0	1.205	
1500	0.10	09.9	184	4	05.5	1.317	
2000	0.10	09.8	133	14	05.3	1.314	
2500	0.10	09.8	79	19	05.7	1.338	
3000	0.10	10.0	63	29	05.5	1.323	
3500	0.11	10.3	25	82	04.8	1.278	
4000	0.09	10.6	10	204	04.7	1.267	
السيارة المختبرة الثانية MAZDA 323							
ne rpm	CO % vol	CO_2 % vol	HC ppm vol	NO_X ppm vol	O_2 ppm vol	λ	نوع الوقود
800	6.96	10.2	624	92	0.66	0.814	وقود البنزين
1500	3.96	12.2	351	161	0.50	0.896	
2000	5.98	10.9	323	146	0.51	0.843	
2500	5.12	11.5	289	195	0.51	0.867	
3000	5.81	11.1	272	244	0.34	0.843	
3500	6.24	10.9	244	326	0.34	0.834	
8000	0.11	11.4	627	185	3.79	0.159	وقود غازي
1500	0.15	13	144	307	1.49	1.057	
2000	0.40	13.2	124	390	0.66	1.011	
2500	0.57	13.2	128	468	0.66	1.005	
3000	1.12	12.9	143	702	0.50	0.981	
3500	1.80	12.5	153	883	0.33	0.953	
السيارة المختبرة الثالثة PEUGEOT 504							
ne rpm	CO % vol	CO_2 % vol	HC ppm vol	NO_X ppm vol	O_2 ppm vol	λ	نوع الوقود
750	1.96	8.7	1829	39	7.1	1.246	وقود البنزين
1000	1.48	10.4	1850	48	5.6	1.163	
1500	2.57	12.8	925	73	1.62	0.961	
2000	3.49	12.9	349	112	0.33	0.904	
2500	3.76	12.8	293	122	0.33	0.899	
3000	3.10	13	261	141	0.33	0.917	
3500	2.95	13.2	325	170	0.33	0.919	
750	3	9.2	2222	29	4.6	1.010	وقود غازي LPG
1000	2.67	10.3	2065	43	2.81	0.949	
1500	1.05	12.6	744	68	1.15	0.986	
2000	0.41	13.3	183	112	0.82	1.015	
2500	0.13	13.1	109	156	1.32	1.051	
3000	0.09	13.2	83	156	0.99	1.038	
3500	0.10	13	215	141	1.82	1.071	

الجدول(3) : التغيّر الحادث في نسب الملوّثات الغازية للسيارات الثلاث

السيارة المختبرة الأولى MERCEDES/280S					
ne rpm	CO % vol	CO_2 % vol	HC ppm vol	NO_X ppm vol	نسبة التغير
750	96.79	6.71	19.88	50	التغير الحادث في المؤشر المدروس %
1000	95.85	17.42	-22.7	80.82	
1500	95.95	25.56	-26.9	96.95	
2000	93.29	29.5	6.338	95.65	
2500	89.47	30.99	-41.1	95.06	
3000	80	29.08	-75	94	
3500	72.5	26.43	-47.1	86.45	
4000	84.21	22.63	37.5	73.37	
السيارة المختبرة الثانية MAZDA 323					
ne rpm	CO % vol	CO_2 % vol	HC ppm vol	NO_X ppm vol	نسبة التغير
8000	98.42	-11.8	-0.48	-101	التغيـــــــر الحـــادث فـــي المؤشر المدروس %
1500	96.21	-6.56	58.97	-90.7	
2000	93.31	-21.1	61.61	-167	
2500	88.87	-14.8	55.71	-140	
3000	80.72	-16.2	47.43	-188	
3500	71.15	-14.7	37.3	-171	
السيارة المختبرة الثالثة PEUGEOT 504					
ne rpm	CO % vol	CO_2 % vol	HC ppm vol	NO_X ppm vol	نسبة التغير
750	-53.1	-5.75	-21.5	25.64	التغيـــــــر الحـــادث فـــي المؤشر المدروس %
1000	-80.4	0.962	-11.6	10.42	
1500	59.14	1.563	19.57	6.849	
2000	88.25	-3.1	47.56	0	
2500	96.54	-2.34	62.8	-27.9	
3000	97.1	-1.54	68.2	-10.6	
3500	96.61	1.515	33.85	17.06	

6- مناقشة نتائج الاختبارات المنفّذة على السيارات الثلاث Discuss the results of tests:

وبالرجوع إلى الجدول (2) المبيّن لنتائج قياس الملوّثات الصادرة عن عمل السيارات العاملة على وقود البنزين ومقارنة نسبة الملوّثات الصادرة عن عمل هذه السيارات على وقود الغاز المسال LPG نلحظ ما يأتي:

6-1 السيارة المختبرة الأولى MERCEDES/280S:

من الطبيعي عند المناقشة أن نولي اهتماماً خاصاً بنسب انبعاث غاز CO ونسب التخفيض التي يمكن الحصول عليها عند استخدام الوقود الغازي لأنه من أكثر الملوّثات الغازية خطراً، فهو غاز سام جداً، وفي حال بلوغ نسبة هذا الغاز في الهواء المحيط 700ppm فإنه يؤدي إلى موت الإنسان بعد التعرض لهذا الملوّث فترة ثماني ساعات، وفي حال كون نسبة وجوده في الهواء أقل من ذلك فإنه يسبب الصداع والغثيان وفقدان المقدرة على التركيز.

كانت نسب التخفيض في كمية الملوّثات الغازية لهذه السيارة أكثر مما هو متوقَّع، حيث تراوحت نسبة انخفاض غاز أول أوكسيد الكربون CO بحدود 72.5- 96.79% vol، وذلك ضمن مجال عمل المحرك بين 750-4000 rpm، ولوحظ أن نسب التخفيض كانت عالية عند سرعات الدوران المنخفضة والمتوسطة للمحرك، وهذا ما يهمنا بالدرجة الأولى لأن محرك السيارة غالباً ما يعمل عند مجال سرعات الدوران هذه.

الأمر نفسه بالنسبة لغاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 (مع ملاحظة أن هذا الغاز لا يصنف من الانبعاثات الضارة بالبيئة ولكن غاز ثاني أكسيد الكربون يعدُّ من الغازات التي تسهم في عملية رفع درجة حرارة الجو Global Warming وظاهرة الاحتباس الحراري (Greenhouse Effect)، حيث تم الحصول على نسبة تخفيض لهذا الغاز بين 6.71-30.99% في مجال عمل المحرك 750-4000 rpm، وكانت أعلى نسب للتخفيض عند عدد الدورات المتوسط للمحرك أي ضمن عدد الدورات 1500-2500 rpm.

فيما يتعلّق بكمية الهيدروكربونات غير المحترقة HCفقد كانت نسبة انخفاضها محدودة وظهرت تحديداً عند عمل المحرك على فراغ وكانت نسبة التخفيض 19.88%، وكذلك عند عمل المحرك على سرعات دوران عالية نسبياً بحدود 4000rpm وكانت النسبة 37.5% .

أخيراً فيما يتعلّق بأكاسيد الآزوت NO_x التي تسهم في تشكل الضباب الدخاني (Smog) والأمطار الحامضية (Acid Rain) نجد انخفاضاً واضحاً في قيمة أكاسيد الآزوت الناتجة على كامل مجال عمل المحرك وتراوحت نسبة التخفيض بين 50-96.95%، وكان التخفيض واضحاً عند سرعات الدوران المتوسطة 1500-3000rpm.

6-2 السيارة المختبرة الثانية MAZDA 323 :

كانت نسبة تخفيض غاز CO الناتج مع غازات العادم للسيارة المختبرة الثانية بعد تشغيلها على الوقود الغازي LPG مقارنة مع كمية CO الناتج عن عملها على وقود البنزين مشابهة إلى حد كبير مع نسبة التخفيض التي تمّ الحصول عليها في اختبارات السيارة الأولى حيث كان التخفيض بحدود 71.15-98.42%vol عند عمل المحرك ضمن المجال 800-3500rpm، وكانت نسبة التخفيض العظمى عند سرعات الدوران الموافقة لحالة عمل المحرك على فراغ وعند سرعات الدوران المتوسطة .

أما فيما يتعلّق بالنسبة الهيدروكربونات HC فكانت نسبة التخفيض جيّدة جداً وتقريباً على كامل مجال عمل المحرك وتراوحت نسبة التخفيض بين 37.3-61.61% عند عمل المحرك ضمن المجال 2000-3500rpm.

3-6 السيارة المختبرة الثالثة PEUGEOT 504:

تراوحت نسبة تخفيض غاز CO الناتج مع غازات العادم للسيارة المختبرة الثالثة عند عملها على الوقود الغازي LPG مقارنة مع كمية CO الناتج عند عملها على وقود البنزين بين 59.14-97.1%vol ،وذلك ضمن مجال عمل المحرك بين 1500-3500rpm، وكانت نسبة التخفيض العظمى عند سرعات الدوران العالية.

كذلك الأمر فيما يتعلّق بالنسبة للهيدروكربوناتHC فكانت نسبة التخفيض جيّدة جداً وتراوحت نسبة التخفيض بين 19-68% عند مجال عمل المحرك من 1500-3500rpm .

ظهر هنا أيضاً انخفاض جيد في نسبة أكاسيد الآزوت الناتجة وكانت نسبة التخفيض بين 50-96% على سرعات دوران المحرك المنخفضة والعالية .

أخيراً لم يكن هناك انخفاض كبير في نسبة CO_2 وهذا يمكن أن يفسّر أن احتراق الوقود في المحرك كان تاماً، ولوجود فائض من الهواء فقد تمّت أكسدة غاز CO ومن ثمَّ ستزداد كمية غاز CO_2، وذلك يتوافق مع عدد من الدراسات في هذا المجال[5].

7- نتائج وتوصيـــات

:Results and recommendations

1-لم نتمكن من التحقق من تغير أداء السيارات المختبرة، ويمكن متابعة البحث في هذا المجال مع أن الدراسات والتجارب العالمية في هذا المجال أثبتت عدم حدوث تغير واضح في العزم والاستطاعة حيث يمكن تلافي الانخفاض البسيط في الكفاءة الحجمية عند العمل على الوقود الغازي بتركيب جهاز لتعديل زاوية تسبيق الشرارة والمحافظة على منحنى العزم والاستطاعة بما يماثل تقريباً منحنيات الأداء عند العمل على وقود البنزين.

2-إن ملخص النتائج التي حصلنا عليها والموضّحة في الجدول (4) الموضّح لنسب التخفيض للسيارات الثلاث والمأخوذة من القيم الدنيا والقيم العظمى للتغير الحادث في قيم الملوثات والتي سبق أن حددت في الجدول (3) وتجارب دول العالم في هذا المضمار والتي مضى عليها ما يقرب من المئة عام (إيطاليا وأمريكا ومصر والسودان وغيرها...) والتي أثبتت إيجابيات استخدام الغاز الطبيعي بما فيه الغاز المضغوط CNG من حيث الأمان والسلامة والكفاءة العالية عند الاحتراق، ورخص هذا النوع من الوقود من العوامل التي تدفعنا لمتابعة البحث في هذا المجال[6] .

3-تبين لنا بجلاء أيضاً مما تقدّم أن استخدام الوقود الغازي المسال LPG بدلاً من الوقود السائل كان له أثرٌ ايجابيٌّ في تخفيض العديد من الملوّثات الغازية الناتجة عن عمل المحرك وهذا يعود طبعاً إلى العديد من الأسباب، منها: طبيعة احتراق هذا الوقود، ومكونات الوقود الغازي التي تختلف عن الوقود السائل (نسبة الكربون C مثلاً).

4- حيث لم نتطرق إلى الأثر السلبي الذي يمكن أن يحدثه احتراق الوقود الغازي في مكونات المحرك، فإننا نوصي بضرورة متابعة البحث في هذا المجال وبيان إنْ كان لهذا النوع من الوقود أيّ أثر في كثافة اهتراء قطع المحرك(كون الوقود الغازي وقود جاف بطبيعته)، وهذا يتطلب بحثاً خاصاً وفترة زمنية طويلة للتحقق من ذلك .

5- إننا وعندما نتوجّه إلى الجهات المعنية بضرورة متابعة التجربة والبحث والعمل على تحويل بعض السيارات للعمل على الوقود الغازي فيجب أن يترافق ذلك بتوفر هذه المادة مع ضرورة تشييد محطات خاصة لتزويد السيارات بالغاز وأن يتم توعية المستخدمين لهذا النوع من الوقود بأخذ الحيطة والحذر اللازمين.

أخيراً من الضرورة أن نسعى دوماً للمحافظة على الحالة الفنية للسيارات لما لذلك من تأثير في كمية الملوّثات الغازية المطروحة إلى الهواء المحيط، وهذا حق يجب أن ندفعه اليوم لحماية كوكبنا الجميل وإلا فلن تغفر لنا الأجيال القادمة ما نقترفه اليوم بحق البيئة .

الجدول (4): نسب التخفيض للسيارات الثلاث

	السيارة الأولى	السيارة الثانية	السيارة الثالثة
NO_X ppm vol	50-96% where ne=750-4000rpm	---	6-25% where ne=750-1500rpm
HC ppm vol	37.5% where ne=4000rpm	37-61% where ne=1500-3500rpm	19-68% where ne=1500-3500rpm
CO_2 % vol	6-30% where ne= 750-4000rpm	---	---
CO % vol	72-96% where ne=750-4000rom	71-98% where ne=800-3500rpm	59-97% where ne=1500-3500rpm

المراجع

1- د. سلام/ثائر -الوقود والزيوت المعدنية منشورات جامعة دمشق / 2019

2- https://www.engineeringtoolbox.com/

3- د. العمر/أحمد فيصل – محركات الاحتراق الداخلي(الجزء الثاني) منشورات جامعة حلب 1990

4- https://ar.wikipedia.org/

5- https://www.sustainablebusinesstoolkit.com/lpg-vs-petrol-vehicles/ Benefits of LPG vs Petrol Vehicles-

6- د. كراز/خلدون-مجلة الاقتصادي-خطة وزارة النقل لتحويل السيارات للعمل على الغاز في سورية/2011 .

إيداع البحث	2020/6/3	Received
قبول البحث للنشر	2020/12/10	Accepted for Publ.