

Сравнително лабораторно изследване показателите на лек автомобил при използване на метановодородни смеси

Емилиян Станков, Кирил Бързев

Comparative Laboratory Testing of Car Performance Using CNG-Hydrogen Mixtures:
Comparative study results of economical and ecological car performance, using three types of fuels, are presented. The car is with spark-ignition engine, using carburetor mixture system. The three fuels are: gasoline, natural gas and mixture of natural gas and hydrogen. The hydrogen addition to the natural gas reduces energy consumption and significantly reduces toxic gas emissions in the exhaust gases.

Key words: Alternative fuels, hydrogen, natural gas, methane, automotive fuels.

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на смеси от водород и природен газ за транспортни средства е предложено [1] като средство за намаляване нивото на емисиите на вредни компоненти в отработените газове на транспортни средства задвижвани с двигатели с принудително възпламеняване. Поради еднаквото газообразно фазово състояние на двете горива смесването им е лесно, бързо и трайно. Смесването на двата газа в зарядните станции позволява използването в транспортни средства работещи на газ, без допълнително преустройство на системите за съхранение и дозиране. Ограничавайки количеството на водорода в сместа, тя може да се използва както при двигатели с карбураторно смесообразуване, така и при двигатели с впръскване, преодолявайки трудностите които възникват при тези двигатели при горене на чисто водородно гориво. Предимството на предлагания вариант горивна смес е, че водородната част от сместа ще изгаря без да отделя неизгорели въглеродороди (CH) или въглероден оксид (CO). Увеличаването на отношението водород/въглерод в газовата горивна смес, което следва от допълненото водородно съдържание, ще доведе и до по ниска емисия на въглероден диоксид (CO₂). Водородната компонента позволява двигателят да работи устойчиво при значително по-бедни газовъздушни смеси.

Добавката на водород към природния газ пропорционално увеличава енергийния капацитет на получената смес. От наличната информация за проведени изследвания [1,5,6] и експериментални проверки [2,3,4] е установено, че при увеличаване количеството на водорода до 50% по обем, масовият енергиен капацитет на горивото се увеличава от 13,44 kWh/kg (за метана) до 15,56 kWh/kg (за сместа с 50% водород).

ИЗЛОЖЕНИЕ

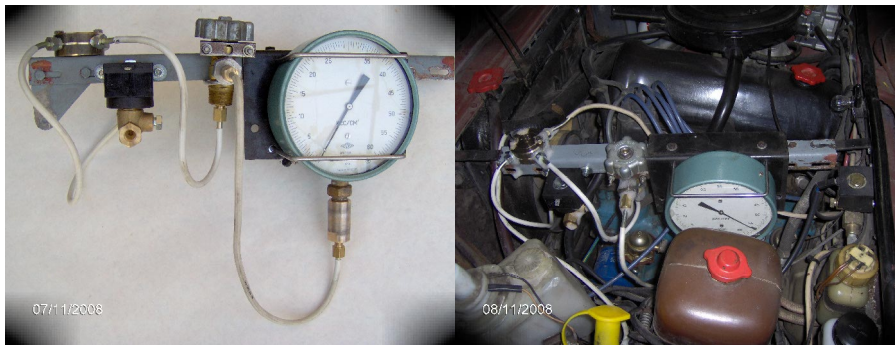
Цел и подготовка на изследването. Чрез разработването и изследването на варианта за комбинирано хранване с водород и природен газ на автомобилни двигатели с принудително възпламеняване се цели:

- ▶ да се покаже, че методът е приложим и при наши условия;
- ▶ да се създаде при наши условия втори вариант горивно хранване за транспортни средства с използване на водород като добавка (освен демонстрирания преди години вариант бензин и водород);
- ▶ да се увеличи ефективният КПД на двигателя чрез преминаване на работа с по-бедни горивовъздушни смеси;
- ▶ да се намалят емисиите на CH, CO и CO₂ при работа с метановодородни смеси;
- ▶ да се намали разходът на енергия за единица пробег.

Провеждането на това изследване се предхожда от обстойно проучване, резултатите от което са представени в публикации [7,9,10].

Окомплектоването на системата на автомобил ЛАДА 1500 SL е извършено на два етапа. Първо в специализиран сервиз е направен монтажа на стандартната уредба за работа на природен газ. Това се налага поради факта, че газовите уредби са поднадзорни съоръжения и за тяхната експлоатация се изисква разрешение от специализиран орган. Във втория етап са монтирани допълнителните елементи, които дават възможност за зареждане на бутилката с водород и да се извършва измерване на разхода на газ по време на експериментите. Моменти от подготовката на допълнителните елементи и вграждането им в автомобила са показани на фиг.1.

Подготовката за организиране на изпитването наложи предварително разработване на следните методики: методика за определяне на различни обемни съотношения между водород и природен газ, в количества необходими за провеждане на експериментите; методика за последователно зареждане с двете горива; методика за определяне разхода на газова смес при провеждане на изпитванията; методика за пресмятане на тегловните емисии на измерваните компоненти в отработените газове: CO, CH, NO_x, CO₂ в g/цикъл и g/km и привеждането им към нормални условия.



Фиг.1. Допълнителни елементи за зареждане с водород и измерване разхода на газово гориво при изследването.

Методика на изследването. Изпитването е проведено на специализиран стенд за оценка на мощностни, икономични и екологични характеристики на леки автомобили [8]. Изпитвателният цикъл е известният ECE 15, приложим за градски условия на експлоатация. Всеки отделен експеримент се състои от три последователно повтарящи се (без прекъсване) едрови цикли. Проведени са по три експеримента със стандартната бензинова хранителна система и със системата за метано-водородно захранване във варианти на обемните съотношения метан/водород: 100/0, 92/8, 85/15 и 78/22. По време на изпитването отработените газове се събират в еластични обеми при атмосферни условия. След приключване на експеримента се прави газов анализ, измерва се температурата и обема на събраните отработени газове. Количеството изразходван бензин се измерва с мобилен обемен разходомер. Количеството изразходвано газово гориво (газова смес) се оценява по промяната на налягането в бутилката. За постигане на необходимата точност е избран образец манометър с диапазон на измерване 0-60 bar и клас 0,6.

От обемните концентрации на газовете се пресмятат приведените към стандартни атмосферни условия масови емисии в g/km, като се отчитат атмосферните условия в момента на изпитване.

Използвана апаратура. Стенд за оценка на мощностни показатели (SUN - RAM-XII) с допълнителна окомплектовка за задаване на характеристиката на цикъла. Газоанализатор за измерване на CO, CH, CO₂, O₂ и въздушно отношение: BOSCH ETT 008.36, работещ по метода на поглъщане в инфрачервения спектър (NDIR), анализ на сухи газове и със следните граници за определяне стойностите на: CO - 0÷10,00%; HC - 0÷9990ppm; CO₂ - 0÷18% ; O₂ - 0÷21%; λ - 0,5÷1,5. Газоанализатор за измерване на NO: RADAS 1G H&B; Принцип на работа – недисперсен анализ в ултравиолетовия спектър (NDUV); Анализ на сухи газове; Измервателни обхвати 0÷3000/ 0÷10000 ppm; Точност на измерването ±2%.

Резултати от изследването. В таблица 1. са представени осреднените резултати от проведените експерименти за всички варианти на храняване.

По време на изпитванията са правени корекции в мощностния състав на газовъздушните смеси. Използваният мощностен автомобилен стенд дава възможност при зададена ограничена стойност на максималната скорост на движение да се определя теглителната сила на автомобила. В рамките на проведените експерименти при ограничение на максималната скорост до 60 km/h теглителната сила на автомобила е поддържана 0,68-0,70 kN на трета предавка. Това се налага от факта, че при една и съща мощностна регулировка на газовата уредба, с увеличаване обемния дял на водорода в газовата смес, намалява въглеродното съдържание и се намалява обемната калоричност на горивовъздушната смес, постъпваща към двигателя.

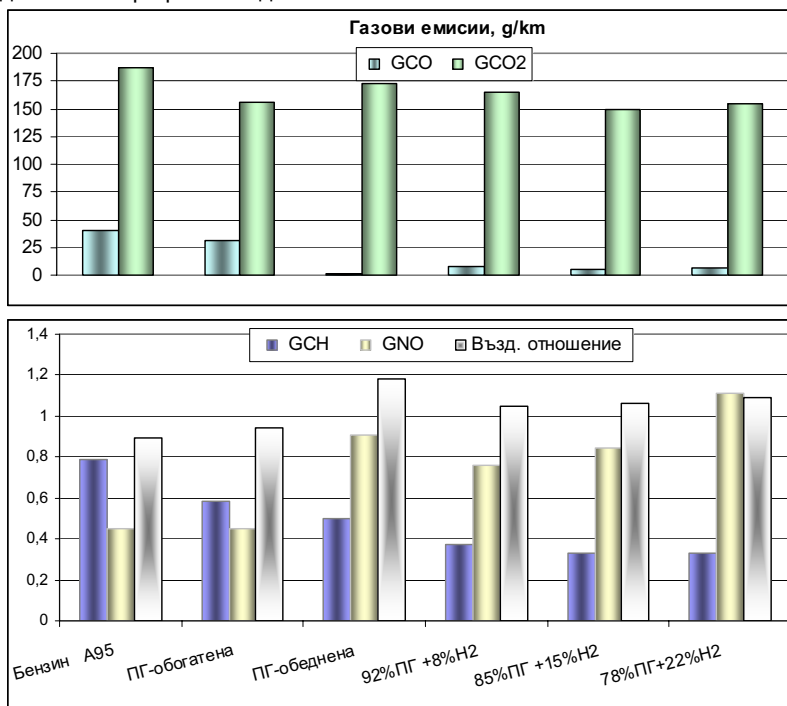
Таблица 1 Резултати от изследването

№	Вариант използвано гориво	Про бег, km	Вре- ме, s	Разход на бензин ml/ km	Разход на газово гориво g/km	Количество внесена топлина kJ/km	Средно въздушно отношение	Забележка
1	Бензин А95	3,2	585	118,4	-	3964	0,89	Заводски регулировки
2	ПГ-обогатена	3,2	586	-	72,39	3620	0,94	Сервизна регулировка
3	ПГ-обеднена	3,2	585	-	65,67	3284	1,18	Гранично обедняване
4	92%ПГ +8%Н ₂	3,2	586	-	63,86	3240	1,05	Гранично обедняване при запазена мощност
5	85%ПГ +15%Н ₂	3,2	585	-	61,74	3180	1,06	Гранично обедняване при запазена мощност
6	78%ПГ +22%Н ₂	3,2	587	-	60,65	3176	1,09	Гранично обедняване при запазена мощност

Таблица 1 (продължение)

Вариант използвано гориво	Средни обемни концентрации на газовете				Теплови емисии на газовете, g/km				Ефект от изменение на тепловите емисии, %			
	CH, ppm	CO, %	NO, ppm	CO ₂ , %	G _{CH}	G _{CO}	G _{NO}	G _{CO2}	E _{CH}	E _{CO}	E _{NO}	E _{CO2}
Бензин А95	235	4,20	300	12,3	0,789	40,73	0,447	187,0	-	-	-	-
ПГ-обогатена	170	3,06	300	9,65	0,585	31,44	0,452	155,5	-25,8	-22,8	+1,2	-17
ПГ-обеднена	145	0,11	600	10,4	0,502	1,161	0,906	172,1	-36,3	-97,2	+102	-8
92%ПГ +8%Н ₂	114	0,82	570	10,6	0,375	8,152	0,761	165,2	-52,4	-80,0	+70	-12
85%ПГ +15%Н ₂	110	0,64	670	10,45	0,330	5,789	0,845	149,2	-58,1	-85,8	+89	-20
78%ПГ +22%Н ₂	102	0,69	800	9,95	0,332	6,840	1,109	154,6	-57,9	-83,2	+148	-17

На фиг.2 крайните резултати за масовите емисии на токсичните компоненти са представени в графичен вид.



Фиг.2. Резултати за масовите емисии на токсичните компоненти

Анализ на резултатите. Като се отчитат условията, при които са проведени включените в изследването варианти на метановодородни смеси и правените мощностни корекции, налице е тенденция с увеличаване делът на водородната добавка да се намалява разхода на гориво както в тегловно, така и в енергийно изражение. Дори спрямо обеднена смес на метан (№3), добавката на 22% водород(№6) намалява енергийния разход с 3,3%, при по-богата горивовъздушна смес.

Сравнението за ефекта от изменение на газовите емисии, представено в таблица 1 е направено спрямо варианта на захранване с бензин. От него се вижда, че използването на метановодородните смеси води до по-голямо намаление на вредните компоненти в отработените газове в сравнение с чисто метановото захранване. Изключение прави азотният оксид, който закономерно нараства вследствие на обедняването на сместа. Дори при съвременните автомобилни двигатели неговото намаляване не е възможно без прилагането на специални трикомпонентни или редуционни катализатори.

Ако оценим влиянието на 15% водородната добавка върху изменението на токсичните компоненти спрямо метановия вариант (№2), то емисиите на неизгорели неметанови въглеводороди намаляват с 44%, на въглероден оксид намаляват с 82%, на въглероден диоксид намаляват с 4%, азотният оксид нараства с 87%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените резултати от проведените изследвания позволяват да се направят следните изводи:

1. Изпълнени са целите на изследването. Потвърдена е възможността чрез използване на метановодородни смеси дори и при автомобили с карбураторно смесобразуване да се подобрят икономичните и екологичните им характеристики при запазени теглителни качества.

2. Необходимо е потвърждение на получените резултати при експлоатация на автомобила в реални градски пътни условия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies, College of the Desert, MODULE 3: HYDROGEN USE IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES, Rev., December 2001
- [2] Karner, D ., Francfort ,J., Low-Percentage Hydrogen/CNG Blend Ford F-150 Operations Summary, U.S. Department of Energy, FreedomCAR & Vehicle Technologies Advanced Vehicle Testing Activity, Contract DE-AC07-99ID13727, January 2003.
- [3] Karner, D ., Francfort, J., High- Percentage Hydrogen/CNG Blend Ford F-150 Operations Summary, U.S. Department of Energy, FreedomCAR & Vehicle Technologies Advanced Vehicle Testing Activity, Contract DE-AC07-99ID13727, January 2003.
- [4] Karner, D ., Francfort, J., Dodge Ram Wagon Van – Hydrogen/CNG Operations Summary, U.S. Department of Energy, FreedomCAR & Vehicle Technologies Advanced Vehicle Testing Activity, Contract DE-AC07-99ID13727, January 2003.
- [5] Salanki, Pa A.; Wallace, J. S. University of Toronto, The Use of Hydrogen-Natural Gas Mixtures in a Lean-Burn IC Engine, Towards a Greener World – Hydrogen and Fuel Cells Conference and Trade Show 2003, Vancouver, Canada.
- [6] Verhelst, S., Sierens, R., Department of Flow, Heat and Combustion Mechanics, Ghent University, Belgium, THE LAMINAR BURNING VELOCITY OF MIXTURES OF HYDROGEN, AIR AND RESIDUALS AT SPARK-IGNITION ENGINE CONDITIONS, F2004V004- FISITA WORLD AUTOMOTIVE CONGRESS, BARCELONA 2004.
- [7] Бързев К., Е. Станков, С.Керекев. Резултати от проучване на чужд опит относно изследване на системи за комбинирано захранване на транспортни двигатели с водород и природен газ. Национална научно-техническа конференция BULTRIB`2005, София, 27-28 окт. 2005, с. 94-97, ISBN 954-9566-33-1.
- [8] Станков Е.П.,Ц.И.Петков,К.Н.Бързев,А.Г.Райчев. Методика и система за сравнително изследване на икономичните и токсичните показатели на леки автомобили. Научни трудове на ВТУ"Ангел Кънчев"-Русе, т.ХХХII,серия 5, 1989, с. 78-83.
- [9] Станков, Е., Особености на метано-водородното захранване на ДВГ и приложимост за градския автобусен транспорт, XIII НТК с международно участие ЕКО Варна`2007, 10-12 май 2007, Варна, с.425-430, ISBN – 954-20-00030.
- [10] Станков, Е., Интереса към метано-водородното захранване за транспортни средства и ролята му в екологичните стратегии, XIII НТК с международно участие ЕКО Варна`2007, 10-12 май 2007, Варна, с.420-424, ISBN – 954-20-00030.

За контакти:

Доц. д-р Емилиян Станков, Катедра "Двигатели с вътрешно горене", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 332, e-mail: estankov@ru.acad.bg

Докладът е рецензиран.

