

RETROFITTING A GASOLINE VEHICLE WITH A FUEL SYSTEM ENSURING OPERATION WITH GASEOUS FUELS¹

Iliyan Damyanov, PhD

Department of Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport,
Technical University of Sofia, Bulgaria

Tel.: +359 (2) 965-2308

E-mail: ildamyanov@tu-sofia.bg

Georgi Mladenov, PhD

Department of Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport,
Technical University of Sofia, Bulgaria

Tel.: +359 (2) 965-2308

E-mail: gmladevov@tu-sofia.bg

Abstract: The subject of the development in the presented article is to investigate the possibility of retrofitting a vehicle with a gasoline engine by developing three-fuel systems. For the implementation of the task, a vehicle with a gasoline engine was used, which was retrofitted with a system to a LPG and CNG. The development and implementation of such systems will alleviate to some extent the problems associated with air pollution in large cities related to the release of carbon emissions, greenhouse gases, fine dust particles, etc. Installing two alternative fuel systems in vehicle at the same time is often avoided, due to the different requirements and excessive complexity of the vehicle design and the fuel system. The realization of a tri-fuel vehicle is by retrofitting a CNG vehicle system with a BRC SQ Plug&Drive gasoline and gas system for LPG operation. The vehicle was retrofitted with parallel systems for LPG and CNG operation that use a common control unit and gas injectors.

Keywords: Retrofitting a vehicle with a gasoline engine, LPG and CNG, air pollution, ECU and gas injectors

ВЪВЕДЕНИЕ

В днешно време все по-често се говори за екологичните проблеми свързани със качеството на въздуха, както в големите градове, така и глобално в световен мащаб. Нарастването на големите урбанизирани градове води повишаване на транспортните потребности на населението, както с обществен транспорт, така и при използването на лични превозни средства, което е предпоставка за повишаване на трафика и задръстванията в градската среда, което е предпоставка за повишаване нивата на замърсеност на въздуха в градовете с фини прахови частици, въглеродни емисии, азотни окиси и др. Не на последно място множество проучвания показват, че задръстването, в което попадаме минимум два пъти дневно, убива продуктивността ни, замърсява околната среда, вреди на здравето ни, предизвиква стрес, води до агресия на пътя и превръща динамичните ни градове в изолирани зони.

Използването на алтернативни горива за автомобилите с двигатели с вътрешно горене е продиктувано, както от намаляването на количествата нефтени залежи в световен мащаб изисква, така и поради повишените екологични изисквания към производителите на автомобили. Това налага да се търсят насоки по отношение на намаляването на разхода на горива или прилагането на алтернативни горива при съвременните двигатели. Използването на газообразни горива при ДВГ се счита за възможен метод за намаляване на вредните емисии при запазване на производителността и ефективността на автомобилите. Предимствата на газообразните горива са: икономическа ефективност; екологична ефективност; ниска загуба на мощност на ДВГ; по-добра работа на ДВГ и показателите му,

¹ Докладът е представен на научна сесия на 27 октомври 2023 в секция УИТСТЛ с оригинално заглавие на български език: РЕТРОФИТИНГ НА БЕНЗИНОВ АВТОМОБИЛ С ГОРИВНА СИСТЕМА, ОСИГУРЯВАЩА РАБОТА С ГАЗОВИ ГОРИВА

както и не на последно място автомобилните газови уредби са достъпни за експлоатация и употреба.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Целта на разработката в статия е да се проучи възможността за преоборудване на автомобил с бензинов двигател чрез разработване и внедряване на тригоривна система. За изпълнение на задачата е използван автомобил с бензинов двигател, който е преоборудван със система към LPG и CNG. Разработването и прилагането на такива системи ще облекчи до известна степен проблемите, свързани със замърсяването на въздуха в големите градове, свързани с отделянето на въглеродни емисии, парникови газове, фини прахови частици и др. Използваните алтернативни горива за целите на работата са:

- втечен нефтен газ (ВНГ) – LPG Liquefied Petroleum Gas - ВВГ се получава при рафинирането на нефт или природен газ. За първи път е произведен през 1910 г. от д-р Валтер Снелинг, а първите търговски продукти, съдържащи пропан-бутан, се появяват през 1912 година. Пропан-бутанът осигурява около 3% от консумираната в днешно време енергия, той изгаря без сажди и има ниски серни емисии, затова не води до замърсяване на Земята. LPG има топлина на изгаряне около 46,1 MJ/kg в сравнение с 42,5 MJ/kg за дизел и 43,5 MJ/kg за бензин. Въпреки това неговата енергийна плътност на единица обем от 26 MJ/l е по-ниска, отколкото на бензина или дизела. ВНГ/LPG е газообразен при нормални температури и атмосферно налягане, а се доставя втечен под налягане в стоманени бутилки. Те обикновено са пълни между 80% и 85% от капацитета си, за да се даде възможност за топлинно разширение на съдържащата се течност. Съотношението между обемите на изпарения газ и втечения газ варира в зависимост от състава, налягането и температурата, но обикновено е около 250:1. Налягането, при което LPG се втечнява, (налягане на наситените пари), също варира в зависимост от състава и температурата, като е около 220 kPa (2,2 бара) за чист бутан при 20 °C, и около 2,2 MPa (22 бара) за чист пропан при 55 °C. LPG е по-тежък от въздуха, затова се събира по подовете и по-ниски места, като мазета. Това трябва да се има предвид при работа с пропан-бутан.
- сгъстен природен газ (СПГ) – CNG - compressed natural gas - метанът е основният компонент на природния газ, около 87% от неговия обем. При стайна температура и нормално налягане, метанът е без цвят и мирис; миризмата характерна за природния газ, който се използва в домовете е изкуствена мярка за безопасност, причинена от добавяне на „ароматизатори“, често метанетиол или етанетиол. Метанът е с температура на кипене от -161 °C при налягане от една атмосфера. Като газ е запалим в тесен диапазон от концентрации (5 – 15 обемни %) с въздуха. Метанът не е токсичен, но е изключително запалим и може да образува взривоопасни смеси с въздуха. Метанът бурно реагира с окислителни, халогени, както и някои халоген-съдържащи съединения. Метанът може да предизвика задушаване, измествайки кислорода от въздуха в затворено пространство. Задушаване може да възникне, ако концентрацията на кислород спадне под 19,5%, което трябва да се има предвид при работа с природен газ – метан.

Нормативни изисквания към автомобилите с допълнително монтирани системи за работа на ВНГ и СПГ: Икономическата комисия за Европа и Обединените нации издават единни изисквания към автомобилите с допълнително монтирани системи за работа на СПГ и ВНГ, като те са обединени в правило №67 обхващащо системите за работа с ВНГ и правило № 110 за системите за работа със СПГ. За Република България, Министерство на транспорта, информационните технологии и съобщенията, чрез Наредба № Н-3 от 18.02.2013 г. за изменение в конструкцията на регистрираните пътни превозни средства и индивидуално одобряване на пътни превозни средства и НАРЕДБА № Н-32 от 16.12.2011 г. за периодичните прегледи за проверка на техническата изправност на пътните превозни средства.

Инсталирането на две алтернативни горивни системи в автомобила едновременно често се избягва поради различните изисквания и прекомерната сложност на дизайна на превозното средство и горивната система. В практиката за създаването на тригоривен автомобил е задължително използването на напълно отделни и самостоятелни системи, тъй като отделните горива имат различни, специфични Целта на реализацията на тригоривно превозно средство е чрез преоборудване на CNG система за превозно средство с бензинова и газова система BRC SQ Plug&Drive за работа с LPG. Превозното средство е преоборудвано с паралелни системи за работа на LPG и CNG, които използват общ блок за управление и газови впръсквачи. Обект на конвертирането е лекотоварен лабораторен автомобил марка Citroen, модел Jumpy собственост на катедра „ДАТТ“ при Технически Университет София. Техническите характеристики на избрания автомобиля са представени в таблица 1.

Таблица 1

Model:	Citroen Jumpy Combi L1H1 2.0
Body style:	Minivan / MPV
Production period:	2006. January ... 2012. January
Engine:	1997 cm ³ Petrol
Power:	143 HP on 6000 min ⁻¹
Torque:	180 Nm on 2500 min ⁻¹
Gearbox:	Manual gearbox (5 gears)
Drive type:	Front wheel drive (FWD)
Maximum speed:	166 km/h
Acceleration 0-100 km/h:	12.7 seconds
Fuel consumption (l/100km):	10.1 (combined) 13.3 (urban) 8.2 (highway)
Fuel tank capacity:	80 litres
Car dimensions:	4.81m (length) 1.90m (width) 1.91m (height)
Gross weight:	2672 kg



За нуждите на разработката на автомобила се монтират резервоари за двата типа алтернативни горива, както и отделни тръбопроводи и редуктори за налягане. Основните елементи на допълнителните системи с които е дооборудван автомобила са представени в таблица 2. Като в таблицата за системата за работа със CNG са представени само необходимите различни компоненти които се монтират в автомобила, като за целите на експеримента конструкцията на двете системи се обединяват след редукторите на налягане, като ползват общ филтър за изпарена газ и обща рейка с газови впръсквачи, отделните системи ползват и общ блок за управление и възприематели за температура и налягане.

Таблица 2

Основни елементи на газовата система на LPG	Допълнителни елементи на газовата система на CNG
Резервоар за ВНГ оборудван с мултиклапан и нивомер	Резервоар за СПГ
Тръбопроводи	Тръбопровод
Електромагнитен клапан	Пълначно устройство
Редуктор на налягане	Електромагнитен клапан
Рейл с газови впръсквачи	Редуктор на налягане
Сензори за температура и налягане	Превключвател LPG/CNG
Превключвател газ/бензин	
Електронен блок за управление:	
Пълначно устройство	

Тук ще представим основните компоненти които използват двете системи, както самостоятелно, така и съвместно.

Резервоари за гориво показани на фигура 1:

за работа на автомобила със LPG - Резервоар с надлъжни и периферни заварки, одобрен по правило №67 на ИКЕ — ООН;

за работа на автомобила със CNG – безшевен резервоар задължително без надлъжни и периферни заварки, одобрен по правило №110 на ИКЕ — ООН;



а)

б)

Фигура 1. Резервоари за газообразни горива – а) – резервоар за CNG; б) – резервоар за LPG.

Електромагнитни клапани и пълначни устройства и редуктор-изпарители за налягане на допълнителните системи за газообразни горива:



Фигура 2. Електромагнитен клапан, пълначо устройство и редуктор-изпарители за CNG отговарящ на изискванията на правило 110R.

Редукторът за налягане на CNG, който се използва е двустепенен, като първата степен е за налягането от резервоара което е от около 22 MPa (220 bar) редуцира до междинно налягане от 500-600 kPa (5-6 bar), след което се намалява до около 200 kPa (2 bar), което е достатъчно за работата на системата. За ускоряване на процеса на разширяване на горивото и редуциране на налягането редукторът се подгръва от охладителната система на автомобила.

Редукторът за системата работеща на LPG, който се използва е едностъпален – входно налягането от резервоара, което е от до 3 MPa (3 bar) редуцира до изходно налягане в границите от 80 -180 kPa (1,8 bar), което е достатъчно за работата на системата. За ускоряване на процеса на разширяване на горивото и редуциране на налягането и на тази система редукторът се подгръва от охладителната система на автомобила.



Фигура 3. Пълначо устройство, електромагнитен клапан и редуктор-изпарители за LPG отговарящ на изискванията на правило 67 R.

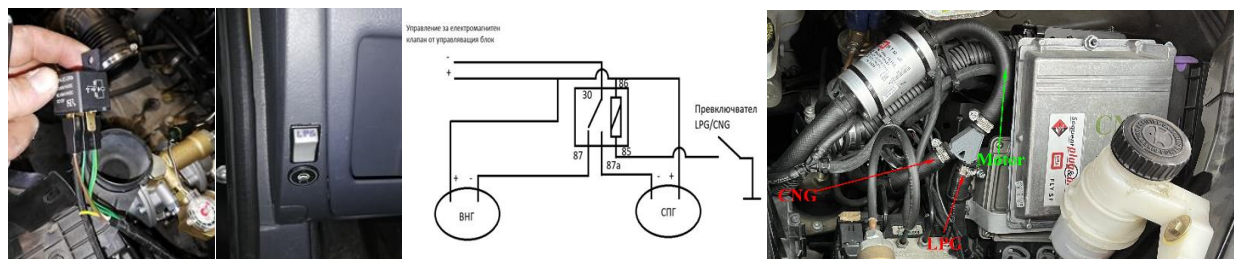
Общите елементи които се използват при доработването на автомобила в тригоривен са следните:

- горивен филтър за газообразни горива - отговарящ на изискванията на правила 67 R и 110R;
- блок за управление на системите за работа с газообразни горива - отговарящ на изискванията на правила 67 R и 110R;
- рейл, гориво-впръсквачи за газообразни горива и възприематели за температура и налягане - отговарящ на изискванията на правила 67 R и 110R;



Фигура 4. Горивен филтър, блок за управление, рейл, гориво-впръсквачи и възприематели за температура и налягане.

Електронния блок за управление на смесобразуването на газообразните горива получава информация от електронния блок на автомобила и от собствените си възприематели, обработва данните и управлява впръскването на газообразните горива, а преминаването от единия (LPG) към другия (CNG) вид газообразно гориво се извършва, чрез допълнително монтиран превключвател и електрическо реле, което позволява управление на електромагнитните клапани на двете системи. След преминаване в режим на работа на двигателя с вътрешно горене с алтернативно газообразно гориво, изборът на видът гориво се извършва, чрез електрически превключвател намиращ се в кабината на водача. Видът на газообразното гориво съответно достига до трипътник през който съответно минава през горивният филтър и достига до горивовпръсквачите.



Фигура 5. Схема на избор и подаване към ДВГ на газообразно гориво.

ИЗВОДИ

Реализирано е дооборудване на автомобил с бензинов двигател с вътрешно горене със система за подаване алтернативни газообразни горива. Крайният резултат от разработката е интегрирана система позволяваща работа на ДВГ допълнително с два вида алтернативни газообразни горива LPG/CNG, като в крайна сметка е реализирана тригоривна схема за работа на лекотоварен лабораторен автомобил марка Citroen, модел Jumpy. Реализацията в тригоривно превозно средство, е чрез дооборудване на две паралелни системи за работа на LPG и CNG, които използват общ блок за управление и газови инжектори. Разработването и прилагането на такива системи ще облекчи до известна степен проблемите, свързани със замърсяването на въздуха в големите градове, свързани с отделянето на въглеродни емисии, парникови газове, фини прахови частици и др. Инсталирането на двете алтернативни горивни системи в автомобила едновременно е съобразено с различните изисквания сложност на дизайна на превозното средство и горивната система. Задачите за подобряване на качеството и чистотата на въздуха в града е стратегически приоритет определен, както за градските управи, така и за автомобилните инженери.

REFERENCES

Regulation No 67 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UNECE) — Uniform provisions concerning the I. Approval of specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system; II. Approval of vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment [2016/1829].

Regulation No 110 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform provisions concerning the approval of I. specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) in their propulsion system; — II. vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) in their propulsion system

Regulation No 115 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) Uniform provisions concerning the approval of: I. specific LPG (liquefied petroleum gases) retrofit systems to be installed in motor vehicles for the use of LPG in their propulsion system; — II. specific CNG (compressed natural gas) retrofit systems to be installed in motor vehicles for the use of CNG in their propulsion system.

Наредба № Н-3 от 18.02.2013 г. за изменение в конструкцията на регистрираните пътни превозни средства и индивидуално одобряване на пътни превозни средства на МТИТС.

НАРЕДБА № Н-32 от 16.12.2011 г. за периодичните прегледи за проверка на техническата изправност на пътните превозни средства на МТИТС.

<https://brc.bg/>

<https://brc.it/home>