

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Друмски саобраћај
Предмет: Погонски материјали транспортних средстава
Број индекса: 503/2012

Марија М. Стефановић

Течни нафтни гас (ТНГ) као гориво за ОТО моторе

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Александар Давинић, проф. – ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране
Оцена

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да опише и анализира:

- Уводна разматрања- начин добијања ТНГ
- Заступљеност алтернативних погона на ТНГ
- ТНГ као гориво за ОТО моторе (Дати преглед и опис физичких, хемијских и експлатационих карактеристика- преглед постојећих стандарда)
- Технике примене ТНГ као алтернативног горива (Примена код бензинских мотора са карбуратором и мотора са системом за убризгавање горива)
- Закључак

Препоручена литература:

[1] Пешић Р., Петковић С. и Веиновић С.: Моторна возила и мотори - Опрема, Машински факултет у Крагујевцу и Бања Луци, 2008.

[2] Пешић Р., Петковић С.: Моторна возила и мотори – Погонски материјали, Машински факултет у Крагујевцу, 2014.

Крагујевац, 15.05.2019.

ментор:
Др Александар Давинић

Садржај

	стр.
Резиме	1
1. Увод	3
1.1. Заступљеност алтернативних погона на ТНГ	7
2. ТНГ као гориво за ОТО моторе	11
3. Технике примене ТНГ-а као алтернативног горива	14
4. Закључак	24
5. Литература	26

Резиме рада:

У свету су све више изражене тенденције развоја моторних возила која користе еколошки чиста и довољно расположива горива. Један од начина решавања овог захтева у аутомобилској индустрији је коришћење алтернативних горива као што је течни нафтни гас.

Течни нафтни гас (скраћеница ТНГ) је углавном смеша пропана и бутана, у народу познатија као аутогас. Користи се за аутомобиле са ОТО моторима.

ОТО мотори су мотори са унутрашњим сагоревањем, користе моторни бензин или неко гасовито гориво (ТНГ или КПГ), и раде по ОТО принципу. Ови мотори могу бити двотактни или четвортактни и могу се хладити расхладном течностју или ваздухом.

У раду је анализиран течни нафтни гас (ТНГ) као алтернативно гориво за погон моторних возила. Описан је начин добијања ТНГ-а, као и заступљеност његових алтернативних погона. Затим је дат преглед физичких, хемијских и експлатационих карактеристика и технике примене као алтернативног горива. Наведени су и примери земаља које покушавају да повећају проценат примене ТНГ-а у друмском саобраћају.

Кључне речи: Течни нафтни гас, ТНГ, алтернативно гориво, ОТО мотори

Summary of work:

Trends in the development of motor vehicles using environmentally friendly and sufficient available fuels are alternative fuels such as liquefied petroleum gas (LPG), which is increasing worldwide. One way to address this requirement in the automotive industry is to use alternative fuels such as Liquefied petroleum gas.

Liquefied petroleum gas (summarised as LPG) is a mixture of propane and butane, commonly known as autogas or autogas, is incorporated into Otto cars.

Otto engines are internal combustion engines, use gasoline or gas (LPG or KPG), and operate on the Otto principle. These engines can be two-stroke or four-stroke and can be cooled by coolant or air.

The paper analyzes LPG as an alternative fuel for the propulsion of motor vehicles. The method of obtaining LPG as well as the representation of its alternative plants are described. Then, an overview of the physical, chemical and exploitation characteristics and the technique of use as an alternative fuel are given. Examples are given of countries trying to increase the percentage of LPG use in road transport.

Keywords: Liquefied petroleum gas, LPG, alternative fuel, OTO engines

Увод

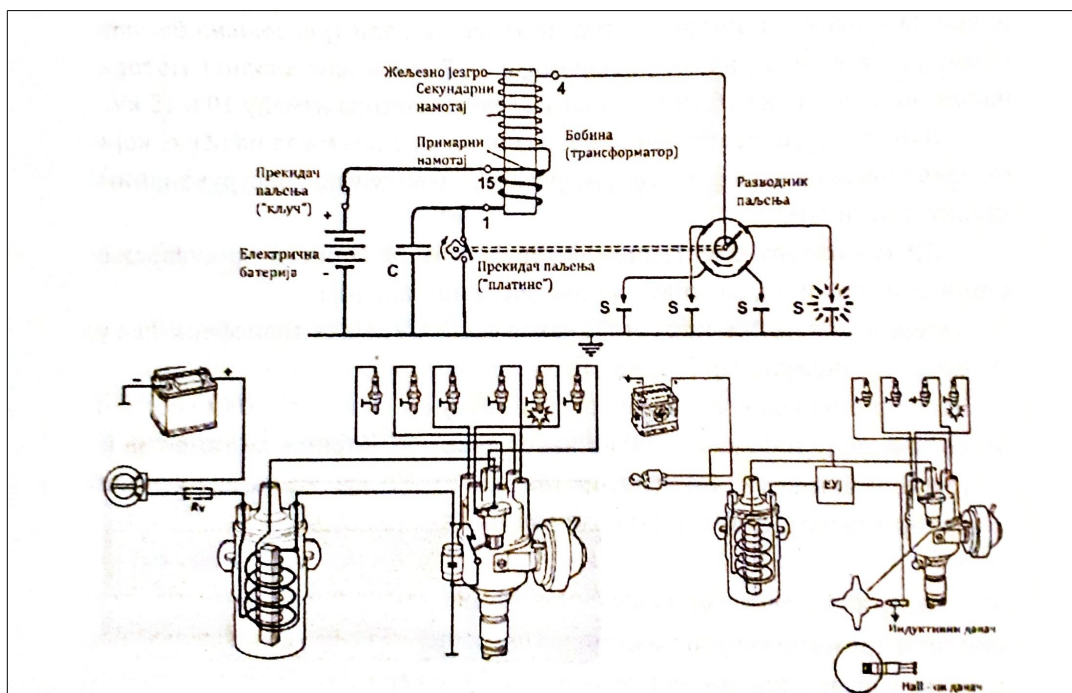
Свака машина која претвара било који вид енергије у механички рад, назива се „мотор“. Да би био употребљив, мотор мора имати поуздано и економично претварање енергије из једног облика у други.

У зависности од места претварања енергије, тј. места сагоревања радног флуида, мотори се деле на две групе, и то:

- Мотори са спољашњим сагоревањем (ССС мотори), и
- Мотори са унутрашњим сагоревањем (СУС мотори).

Према принципу рада, односно према начину упаљења смеше, мотори се могу сврстати такође у две групе, и то:

- ОТО мотори, и
- Дизел мотори.

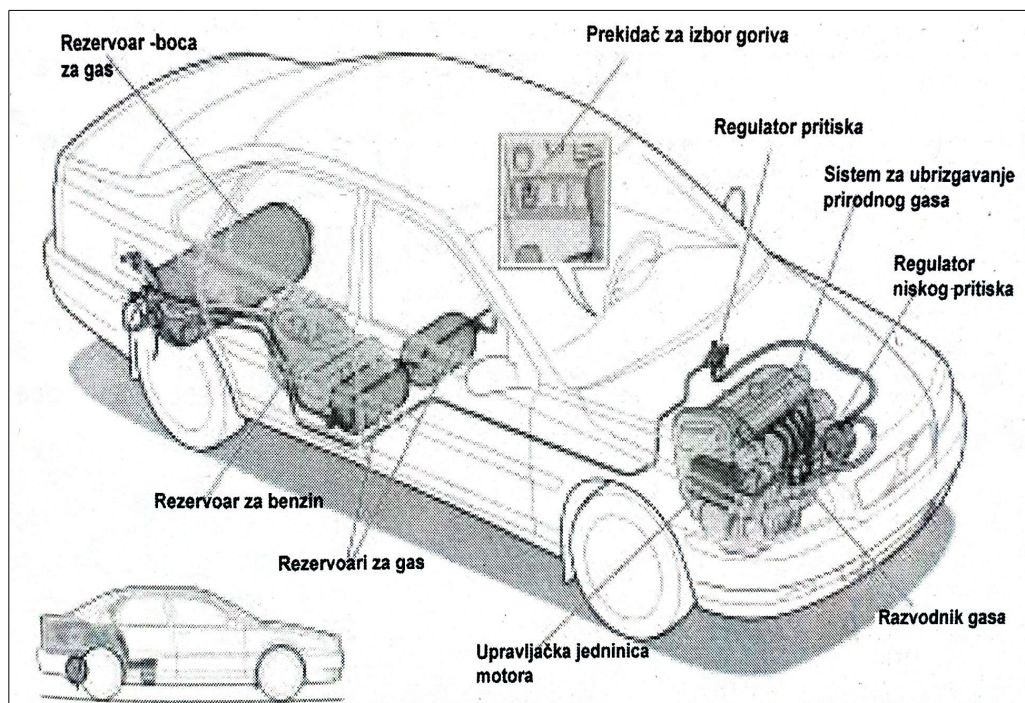


Слика 1-показује ОТО мотор- упаљење смеше батеријским системом

ОТО мотори су пре свега бензински мотори са унутрашњим сагоревањем, пре упаљења смеше прво помешају гориво и ваздух па их потом компресују.

Данас, бензински мотори (ОТО мотори) за сагоревање (слика 2) користе:

- Моторни бензин, или
- Гасовито гориво (ТНГ, КПГ) + моторни бензин



Слика 2- возило на бензин и гас

Моторни бензин је дериват сирове нафте, представља течна горива која се користе за погон ОТО мотора са унутрашњим сагоревањем. Одликује га велика енергија коју ослобађа приликом сагоревања и карактерише се као течна смеша лако запаљивих и испарљивих угљоводоника, олова, азота, арсена, итд.

КПГ (Компримовани природни гас) је земни гас, највећим делом садржи метан. Користи се као погонско гориво, и сматра се да проузрокује мање загађења од других фосилних горива.

ТНГ (Течни нафтни гас) се добија током рафинеријске прераде нафте, и по сличној технологији из природног гаса. У рафинеријским смешама има тежински више од 95% пропана, који је изванредно гориво по испарљивости и октанском броју. [1], [2].

Течни нафтни гас је први пут произведен 1910. године, а у комерцијалну употребу улази 1912. године.

У свакодневном говору се назива као пропан-бутан или бутан, а у неким земљама се назива само пропан, зависно од учешћа компоненти. Када је намњен за коришћење у домаћинству, назива се гас за домаћинство, а када се користи за аутомобиле додатно се рафинерише у аутогас.

Када се добија из природног гаса поступак се спроводи у специјалим одењељима за „дегозалинажу”, у близини налазишта природног гаса.

Током дестилације нафте долази до издвајања појединих угљоводоника (C_nH_m) различите структуре и различитог односа угљеника и водоника.

Разликују се више фракција издвајања, а то су:

- најлакша фракција (један до два атома угљеника C у молекулу угљоводоника- као што су метан CH_4 и етан C_2H_6),
- лака фракција (пропан C_3H_8 и бутан C_4H_{10})
- средња фракција (као што су хептан C_7H_{16} и октан C_8H_{18}),
- тешка фракција (као што је цетан $C_{16}H_{32}$)
- најтежа фракција (угљоводоници који чине мазут)

Угљоводоници лаких и средњих фракција до 4 C -атома у структури су на атмосферском притиску и нормалној температури од око $20^{\circ}C$, али у случају нешто ниже температуре, или вишег притиска у резервоару остаће у течном стању.

Мешавине ових фракција чине течни нафтни гас. Поред ових парафина (засићених угљоводоника) у мешавини која чини ТНГ налазе се и примесе других угљоводоника, пре свега олефини (незасићени угљоводоници), пропилен C_3H_6 и булiten C_4H_8 , као и изомери ових угљоводоника.

Течни нафтни гас добијен из прераде природног гаса (око 60% светске производње ТНГ-а се добија на овај начин) углавном поседује угљоводонике парафинског типа, док течни нафтни гас добијен прерадом нафте (осталих 40% производње) има и незасићене угљоводонике.

Тачан састав комерцијалног ТНГ-а не зависи само од начина добијања, већ и од жељених карактеристика мешавине, односно температурних услова експлоатације мотора. За ниже температуре и хладније регионе, погоднији је пропан, због своје лакше испарљивости и обрнуто. Због тога однос пропана и бутана у течном нафтном гасу може бити различит. У нашој земљи тај однос је приближно 50:50.

Уобичајан састав ТНГ-а наведен је у табели 1. У ТНГ-у највише има пропана уз редовну пратњу бутана и етана [2].

Табела 1: Уобичајан састав ТНГ-а у појединим земљама Европе [2]

Земље		Аус.	Бел.	Дан.	Енг.	Хол.	Нем.	Швај.	Швед.
Пропан/	Лети	80/20	50/50	70/30	Про-пан	70/30	Про-пан	Про-пан	50/50
Бутан	Зими	20/80	30/70	50/50		30/70			Пропан

ТНГ има високу топлотну моћ, што значи да је добар концентрован извор енергије. Такође је драгоцено гориво, јер готово да не садржи сумпор, што доводи до чистијег сагоревања.

Од прилике половина произведеног ТНГ-а се користи у термотехници и у основи се користи уместо природног гаса. Осталих 50% се дели мање-више подједнако између аутомобила и индустријске намене. ТНГ укупно обезбеђује мање од 2% укупне енергије коју људи користе, али је и даље главна алтернатива бензину.

Течни нафтни гас постао је једно од најважнијих алтернативних горива у аутомобилској индустрији, и један од најважнијих фактора за модификацију мотора са унутрашњим сагоревањем. Због очувања природе и концентрације штетних гасова у ваздуху еколошка препорука је да се ТНГ сврста међу приоритетна алтернативна горива и самим тим постане једно од примарних горива у ауто-индустрији.

Већи део возила која користе ТНГ су пре свега, возила код којих су надограђени постојећи бензински мотори системом за погон на ТНГ. У том случају, ОТО мотор задржава систем образовања смеше бензином (било карбурацијом, било електронским убризгавањем бензина), док се мотору додаје систем за образовање смеше ТНГ-ом.

Водећи светски произвођачи аутомобила (Renault, Vauxhall, Ford, Volvo, Fiat, Daimler Crysler, GM i Rover) са својих производних трака испоручују возила са фабрички уграђеним системом на ТНГ и бензин. Тада је систем за образовање смеше фабрички подешен и самим тим перформансе мотора су најбоље могуће за тај тип горива.

1.1. Заступљеност алтернативних погона на ТНГ

ТНГ је намењен углавном путничким возилима по стандарду (ИСО 9162) укупан број возила у ЕУ је око 4 милиона, а у свету око 8 милиона. У ЕУ има близу 1300 аутобуса (углавном Француска и Бенелукс) на ТНГ, од тога је ~10% доведено на Еуро 4 и 5 норме [1].

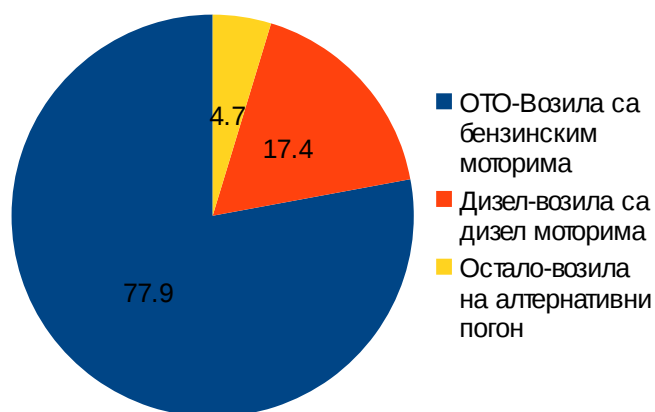


График 1-Заступљеност путничких и лаких теретних возила у свету

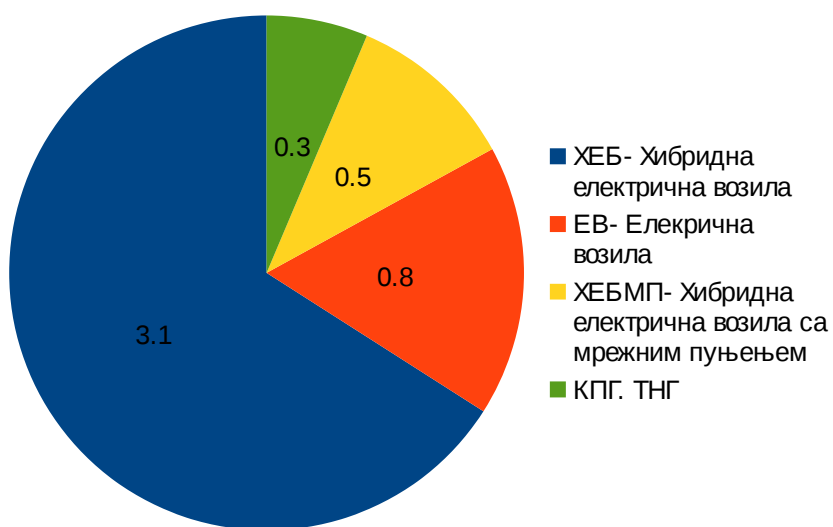


График 2- Врсте мање заступљених горива

На графику 1 и 2 је приказана структура погонских агрегата возила према врсти горива у свету.

Развијене земље већ дуго раде на омасовљењу ТНГ-а за погон моторних возила, у градовима са великим интензитетом саобраћаја.

Најдужу традицију у томе има Аустрија, јер у Бечу, скоро сви аутобуси користе ТНГ. Слично је и у осталим државама Европе, као и у Јапану и Америци.

Табела 2: Терминологија у складу са EN589:2004 [1]

Српски	Гориво за возила: ТНГ- течни нафтни гас
Енглески	Automotive fuels: LPG- Liquefied Petroleum Gas
Француски	Carburant pour automobiles: GPL- Gaz de pétrole liquéfiés
Немачки	Kraftstoffe für Kraftharyeuge- Flüssiggas

Употреба ТНГ-а све више налази примену и код путничких возила. Земља која предњачи је Италија са 1.200.000 возила, затим Холандија са 800.000 возила као што је и приказано на Графику 3.

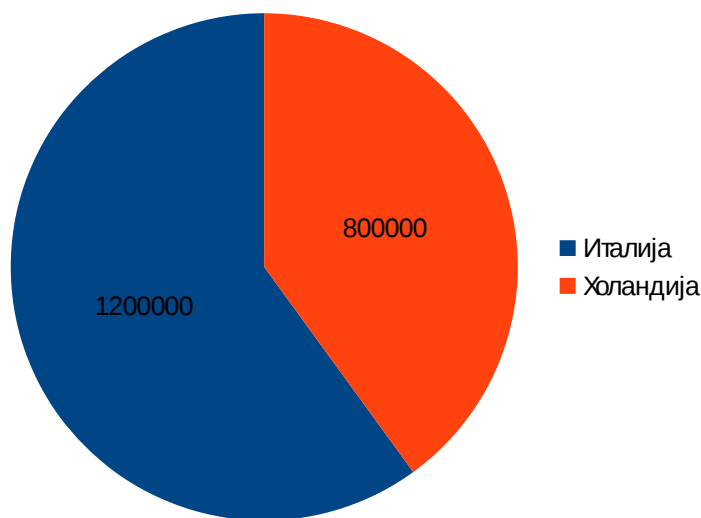


График 3- Земље са највећом применом возила на ТНГ

У овим земљама као што су Италија, Холандија, Аустрија и многе друге, држава стимулише прелазак на гасно гориво.

Треба нагласити да је Италија један од највећих произвођача ТНГ опреме за аутомобиле. Такође, у Италији возила која користе течни нафтни гас као погонско гориво,

имају дозволу кретања у 18 подручја, у којима возила која сагоревају бензин или дизел имају забрану кретања.

Холандија као друга водећа земља у Европи по броју возила на ТНГ, разним мерама успешно подстиче ширење ТНГ система.

У Немачкој велики број потрошача у домаћинству, индустрији, пољопривреди и транспорту користи ТНГ, као погонску алтернативу. Мерцедес је 2008. године почео производњу новог возила са погоном на природни гас. Ово возило задовољава Еуро 4 стандард за емисију издувних гасова. Лица која су учествовала у пројектовању овог мотора тврде да је емисија азотових оксида, несагорелих угљоводоника и угљен-диоксида битно смањена у односу на исто возило са дизел мотором. Емисија CO₂ је смањена за 20% у односу на бензинску варијанту. Трошкови експлатације возила су око 30% мањи у односу на модел са дизел мотором.

У Аустралији се ТНГ за погон возила, масовно користи још од 1960. године. Данас је ова земља једна од водећих када се ради о употреби овог енергента.

Такође, у Јапану 90% такси возила користи ТНГ као погонско гориво.

Тешка возила као што су аутобуси, камиони и тд. углавном користе компримовани земни гас, али се све више ради на развоју мотора и ТНГ система за оваква возила.

У Бечу се већ 50 година користе аутобуси са погоном на течни нафтни гас.

Табела 3: Преглед броја аутобуса на ТНГ погон, у 2002. години

Земља	Број аутобуса
Аустрија	550
Данска	270
Холандија	150
Француса	130
Шпанија	98
Пољска	85
Чешка	80
Италија	25
Финска	7

Табела 4: Број пумпних станица на ТНГ у свету и по већим земљама:

	Свет	Европа	Турска	Холандија	Француска
Број станица	30 000	15 000	2 300	2 000	1 800

У нашој земљи ТНГ као погонско гориво аутомобила стиче све већи број корисника, чему доприноси и релативно задовољавајућа мрежа станица за ТНГ. Процене о броју возила на ТНГ у нашој земљи су веома различите.

Број регистрованих возила на ТНГ у Србији 2004. године био је око 10000 возила, док је по подацима Ауто-гас асоцијације Србије број таквих возила у саобраћају био 15 пута већи.

Поред прихватљиве цене ТНГ-а код нас не постоји још нека подстицајна мера којом би држава стимулативно деловала на кориснике возила са ТНГ-ом.

2. ТНГ као гориво за ОТО моторе

ТНГ је безбојан, веома запаљив и експлозиван гас. Спада у групу загушивача, зато што је смеша пропана и бутана 1.9 пута тежа од ваздуха и задржава се на најнижим местима истискујући кисеоник. Није отрован али у великим концентрацијама има наркотично дејство.

Приликом сагоревања ослобађа угљендиоксид и водену пару, ослобађајући велику количину топлоте. Његове границе експлозивности су веома мале у односу на друге запаљиве гасове. Посебно треба водити рачуна да не дође у додир са кожом, јер приликом испаравања на кожи може проузроковати промрзLINE. Врло је агресиван, изазива деградацију гуме и пластике, зато се мора водити рачуна о избору материјала при формирању гасне инсталације.

Са ваздухом ствара експлозивну смешу, која се у присуству отвореног пламена или варнице лако може запалити. Границе експлозивности у запреминским процентима гаса са ваздухом за пропан износе од 2,1 до 9,5 а за бутан од 1,9 до 8,5. Доња граница експлозивности за смешу пропан-бутан (35:65) износи 2%, а горња 9% релативног запреминског простора.

Највиша температура сагоревања пропана и бутана у комбинацији са ваздухом је при нормалном притиску око 1900°C.

Што се хемијског састава тиче то је смеша течних угљоводоника са 3 и 4 атома, односно смеша пропана и бутана. Једна од главних карактеристика бутана и пропана је притисак паре која је у равнотежи са течностима у затвореном простору, нпр. притисак паре бутана је 0,005 bar на 0°C и 0,8 bar на 15°C, док је притисак паре пропана 4 bar и 5-6 bar, респективно.

Друга веома битна карактеристика по којој се ова два гаса разликују је тачка кључања, тј. Температуре на којој из течностима стања, бутан и пропан прелазе у гасовито стање при нормалном притиску. Пропан прелази у течно гасовито стање на – 43°C, док бутан прелази у течно агрегатно стање на 0°C.

Уколико се ТНГ користи за широку потрошњу, додаје му се етил-маркапан, органско једињење које садржи сумпор, тако да се веома мале концентрације гаса у ваздуху могу идентификовати путем чула мириса. Према стандарду, већ на 1/3 од доње границе експлозивности.

Максимално дозвољена концентрација у радној околини за пропан износи 1800 mg/m³, а за бутан 1900 mg/m³.

Код потпуног сагоревања ТНГ-а продукти сагоревања су угљен-диоксид (CO₂) и водена пара (H₂O) уз ослобађање одређене топлоте. За потпуно сагоревање потребна је тачно

одређена количина кисеоника, односно ваздуха и такав вид сагоревања називамо стехиометријски. Таблични подаци говоре да је за сагоревање

1 kg пропана потребно 12,15 Nm³ ваздуха, а бутана 12,02 Nm³. Доња топлотна моћ пропана је 6,3 MJ/kg, а бутана 45,7 MJ/kg.

Течни нафтни гас користи се као погонско гориво, у индустрији и домаћинству, а последњих година све више налази примену и као погонско гориво за моторна возила, јер не ствара талог у радном простору мотора, поседује октански број много већи од октанског броја бензина, има нижу тачку испарења, па се боље меша са ваздухом и има ширу границу упаливости, што пре свега омогућава рад мотора са знатно сиромашнијом смешом.

Ото мотори су јако осетљиви на квалитет горива. Читава њихова концепција је резултат узајамног усклађивања са укупним особинама горива. Када се реконструише бензинска варијанта ото мотора онда је неопходно, у складу са изузетно високим октанским квалитетима ТНГ-а (пропан ИОБ=111) или природни гас (метан ИОБ=130), извршити оптимирање мотора [1].

Октанска вредност течног нафтног гаса, у односу на бензин је приказана графиком, график 4.

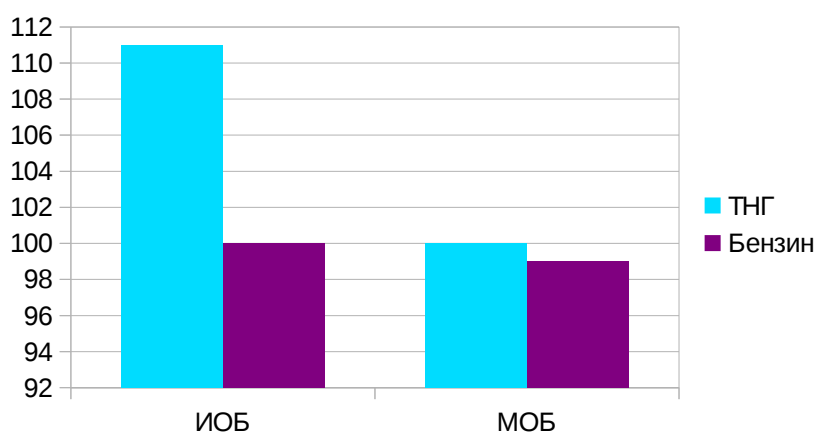


График 4- Октанске вредности ТНГ-а и бензина

Види се да је осетљивост октанског броја (ИОБ-МОБ) ТНГ-а већа у односу на бензин.

Веома значајна предност ТНГ-а у односу на класична горива је и чињеница да издувни гасови (продукти сагоревања) знатно мање деградирају животну околну. Знатно је јефтинији од бензина и продужава радни век мотора, јер не ствара корозију која, иначе настаје услед присуства адитива додатих бензину ради побољшања његових особина. Такође, не ствара кондензацију горива по зидовима цилиндра. Без обзира, на многе предности ТНГ-а у односу на класична горива, постоје предрасуде и веровања да је ТНГ веома опасно гориво.

Тачно је да је ризичнија и отежана манипулација, дистрибуција и складиштење ТНГ-а у односу на дизел гориво и бензин. Све то захтева познавање основних карактеристика

мешавина пропана и бутана и стриктну примену мера безбедности. Применом тих мера у потпуности се отклања ризик, је је радни притисак у резервоару у нормалним околностима мало виши од притиска у бојлеру за топлу воду.

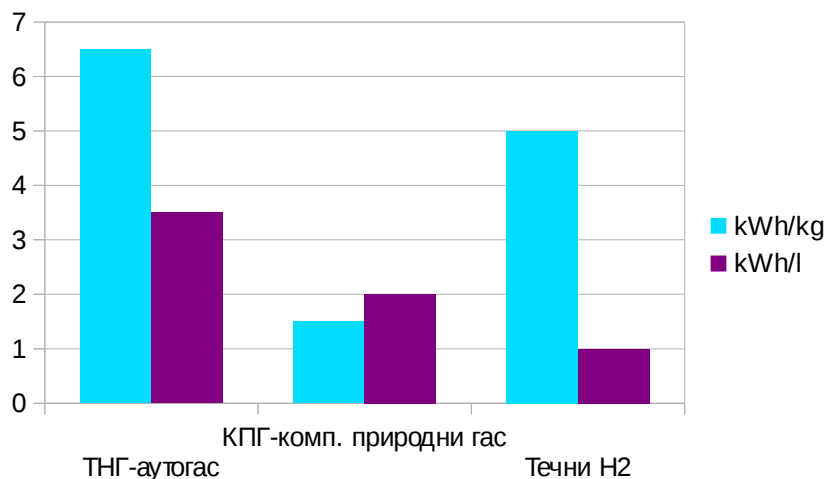


График 5- Односи специфичних енергија

На резервоару се обавезно налази и сигурносни вентил преко кога се испушта гас из резервоара ван возила, када притисак у резервоару прелази дозвољени ниво (типично 25 bar). Проток гаса кроз овај вентил је ограничен. Зато, у случају пожара, када се резервоар загрева, неће доћи до експлозије, већ ће гас постепено истицати. За разлику од резервоара за ТНГ, резервоар за бензин врло лако експлодира на повишеним температурама услед присуства паре бензина. Додатна заштита је термички осигурач, који се активира при температури 120° C, тако да у случају изложености пожару резервоар неће претрпети хаварију.

Резервоари се праве од специјалног челичног лима дебљине 3 mm до 4 mm, облика ваљка, који је готово немогуће деформисати приликом судара. Експлозија аутогаса је могућа само при концентрацији гаса од 2 до 9% релативног запреминског простора, што је практично немогуће постићи на отвореном простору где се аутомобил креће

У случају оштећења цевовода, постоји уграђен сигурносни вентил, који ће спречити истицање гаса.

Експлозивна смеша ТНГ-а и ваздуха може се створити у малом затвореном простору у који се паркирају возила која користе ово гориво. То се посебно односи на мале, непроветрене, посебно подземне гараже. Ова опасност успешно се одстрањује са само два отвора за природну вентилацију у доњем делу надземних гаража или уградњом електровентила новије генерације који ће спречити губитак гаса када се мотор искључи.

3. Технике примене ТНГ-а као алтернативног горива

Брз развој моторизације, све строжи еколошки захтеви као и чињеница да су резерве фосилних горива ограничене, доводе до преиспитивања које врсте горива поред бензина и дизела, могу задовољити еколошке и безбедносне захтеве.

Под алтернативним горивом, се сматрају горива која могу заменити већ постојећа горива за погон моторних возила, као што су моторни бензин и дизел гориво. За погон аутомобилских мотора, још увек доминирају горива фосилног порекла, добијена фракционом дестилацијом нафте. Једно од најважнијих алтернативних горива је течни нафтни гас.

Примена ТНГ-а у моторима са унутрашњим сагоревањем је врло погодна из следећих разлога:

- брзо и лако се меша са ваздухом образујући смешу потребних карактеристика,
- квалитетно сагоревање смеше при различитим радним условима без дима, талога и непријатних мириса,
- продукти сагоревања имају повољан састав, чак и у погледу емисије CO₂,
- у нормалним условима налази се у гасном стању, тако да не постоји опасност од разређивања уља за подмазивање,
- поседују високу отпорност на детонацију, па је могућ рад са вишим степенима компресије, што је погодно за бензинске motore,
- ниска цена га чини погодним како за комерцијални, тако и за приватни саобраћај.

Поред изузетних предности ТНГ-а постоје и одређени недостаци у његовој примени:

- губитак ефективне снаге мотора,
- отежана манипулација, дистрибуција и ускладиштење овог енергента,
- неопходна већа опрезност у експлоатацији при раду са ТНГ-ом,
- смањење смештајног простора возила као и повећање његове масе због инсталације система за погон на ТНГ.

На резервоару из безбедносних разлога мора постојати мултивентил са следећим елементима: улазни вентил, излазни вентил, електромагнетни вентил, показивач нивоа, сигурносни вентил који испушта гас у атмосферу ако притисак пређе дозвољену вредност, ограничивач протока за случај да дође до нежељеног прекида водова гаса до мотора.

Инсталација за развођење гасног горива ТНГ мора бити од поузданих материјала (обично челичне цеви или од других метала за високе притиске; исто важи за пребациваче, вентиле за прекид довода гаса и бензина) [3].

Већи део возила која користе ТНГ су лака возила, и то, пре свега, возила која су добијена надоградњом постојећих бензинских мотора системом за погон на ТНГ. У том

случају мотор задржава систем образовања смеше бензином, било карбурацијом било убризгавањем смеше, док се мотору додаје систем за образовање смеше са ТНГ-ом.

Систем за напајање возила горивом мора да садржи следеће елементе: резервоар, добавну пумпу, филтер горива, систем за убризгавање горива или карбуратор и усисну цев.

Процес стварања смеше од течног горива и ваздуха почиње у карбуратору (или на бризгачу), наставља се у усисном систему и завршава у цилиндру. Тако је карбуратор (бризгач) почетна и главна карика у испаравању горива [3].

Ако је бензински мотор са карбуратором, систем за дозирање чине мешач, који се уграђује испред лептира, иза лептира или у сам карбуратор, и који са подпритисцима (вакуумски) врши одмеравање количине дозираног гаса на сличан начин као и сам карбуратор.

У овом случају карбуратор има главну улогу у регулацији односа количине горива и вазуа. Што је већа количина парних компоненти већи је и квалитет смеше, то доприноси бољој употреби и погонском квалитету мотора.

Зато карбуратор није само мешач одређених количина горива и ваздуха већ место најинтезивнијег испаравања горива. Усисни систем и цилиндар само довршавају започете процесе испаравања и мешања у карбуатору [3].

ТНГ у течном стању наилази у резервоар, под одређеним притиском који зависи од температуре и количине гаса.

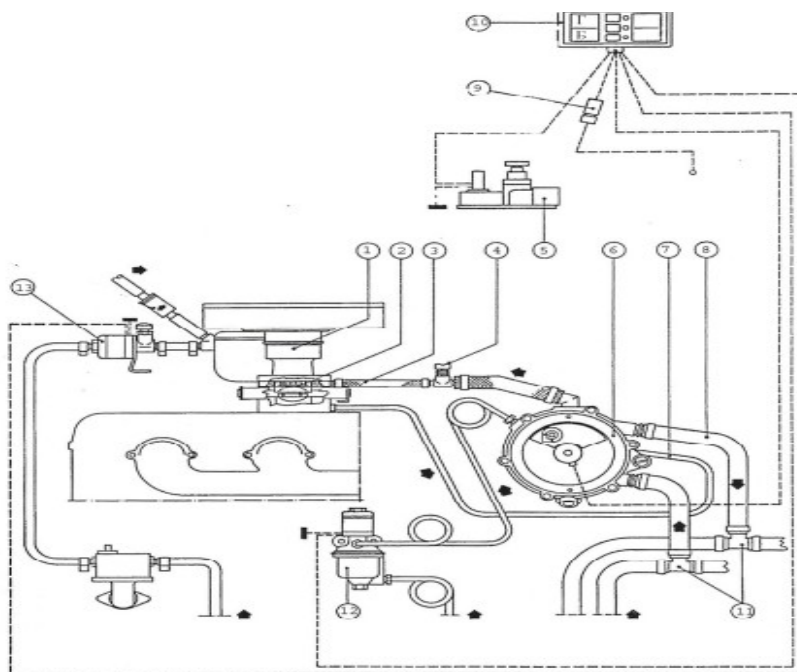
Резервоар се конструише и израђује по одговарајућем стандарду. Најчешће је цилиндричног облика (слика 3), али се на тржишту може наћи и резервоар у облику резервног точка (слика 3).

Резервоар се пуни до 80% своје запремине и обавезно мора имати одговарајућу плочицу на својој спољној страни, којом се потврђује да је резервоар атестиран.



Слика 3- резервоар за ауто плин у облику резервног точка и у цилиндричном облику [4]

Један од тих система шематски је приказан на слици (слика 4).



Слика 4-Шема система за образовање семеше код „bi-fuel“ верзије мотора

1- карбуратор, 2- мешач или миксер, 3- црево за довод гаса, 4- регулациони вентил, 5- мерни пловак, 6- испаривач, 7- цев регулационог подпритиска, 8- црево за одвод расхладне течности, 9- електрични прикључак, 10- прекидач, 11- везивне рачве, 12- вентил за гас, 13- вентил за бензин

Течни нафтни гас под притиском у течном стању, долази кроз бакарну цев до испаривача (6) (слика 5) који је уједно и редуктор. Испаривач је цевима повезан са системом за хлађење мотора, тако да топлота течности из мотора непрекидно струји око њега и загрева течни гас који испарава.



Слика 5- Интегрисани испаривач и редуктор [4]

Може се закључити да редуктор (испаривач) (6) има задатак да омогући испаравање течног гаса и његово загревање до одређене температуре, као и смањивање притиска гаса из резервоара на притисак потребан за напајање мотора довољном количином гаса.

Електромагнетни вентил за гас (12) је вентил чији је задатак да отвара и затвара довод ТНГ-а из резервоара.

Електромагнетни вентил за бензин (13) се инсталира на воду између пумпе нисог притиска за бензин и карбуратора. Његова улога је да спречи доток бензина у лонче карбуратора када мотор ради на гас.

Комутатор- придач (10) (слика 6) је електрични командни уређај, чија је главна функција да омогући одабир погонског горива (гас или бензин). Поставља се на одговарајућој позицији инструмент табле, на прегледно и лако приступачно место.

Из испаривача гас се доводи у мешач (слика 7), који се налази на грлу карбуратора или на усисној грани, испред лептира. Из њега се гас распршује у карбуратор или у усисну грану, после чега се обарзује смеша горива и ваздуха.



Слика 6- прекидач за избор погонског горива [4]

Дакле мешачи (2) су уређаји који омогућавају мешање гаса и ваздуха, односно припремање смеше за сагоревање у радном простору мотора.



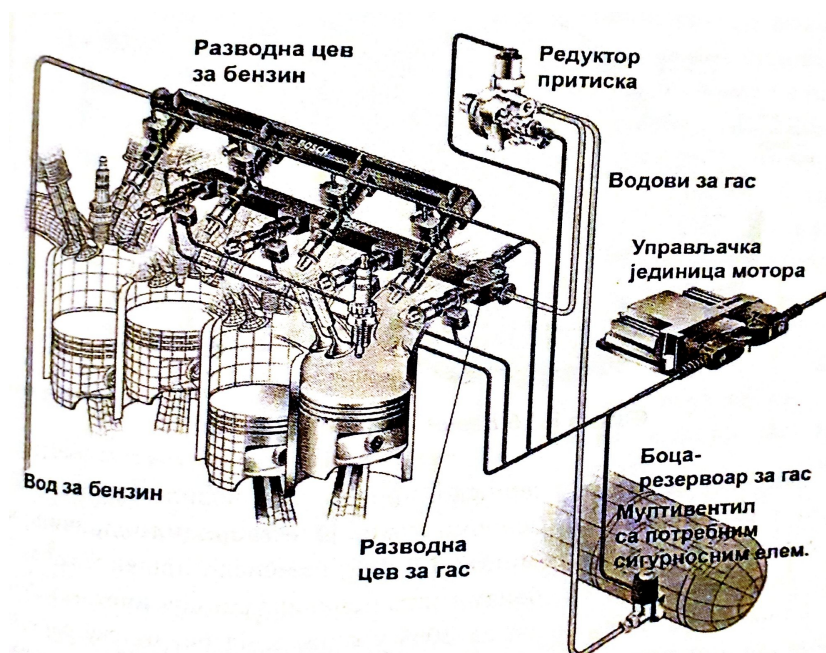
Слика 7- мешач [4]

За сваки тип мотора бира се одговарајући миксер, који омогућава правилно дозирање потребне количине гаса у мотору. Врло је важно да мешач буде одговарајући, јер то обезбеђује нормалну потрошњу и пуну снагу аутомобила.

Како би се испунила законска норма о емисији и потрошњи у циљу управљања саставом смеше, отворила су се врата системима за убризгавање бензина

Ако је бензински мотор са убризгавањем бензина, ТНГ се дозира преко посебних „бризгача”, док се количина дозираног горива одмерава помоћу електронско-управљачке јединице .

Реконструкција возила са ото моторима у циљу уградње инсталације за двогориви погону, препоручене су само за возила са електронским убризгавањем бензина (слика 8) [1].



Слика 8- двогориви погон са два система убризгавања, један на бензин други за гас и једном управљачком јединицом[1]

Због строгих граница о саставу смеше, које налажу примену електронских система са давачима и сензорима, неки произвођачи већ имају у пробној серији систем за убризгавање директно у цилиндри, што најављује серијску примену код свих водећих произвиђача.

Највећи проблем код убризгавања горива у цилиндри увек је био и остао кратак век бризгача.

Углавном, сва та возила су израђена у тзв. двогоривој верзији, односно могу као гориво да користе бензин или ТНГ. Истовремени рад са оба горива, дужи од 5 секунди није предвиђен.

Три основна показатеља мотора, од којих зависи његова употреба су снага, економичност и токсичност издувних гасова. У развијеним срединама, екологија је главни

разлог уградње ТНГ система у моторна возила, али велику улогу има и нижа цена погонског енергента, која је од одлучујућег значаја за већину возача.

Ако се упореди ефикасна снага мотора при сагоревању бензина и ефективна снага при сагоревању течног нафтног гаса, долази се до закључка да бензин у односу на ТНГ има боље карактеристике за развијање снаге мотора. Снага мотора који користи ТНГ је за 5 до 10 % нижа од снаге мотора који користи бензин.

Ефективна снага мотора (P_e) је снага коју мотор развија на свом излазном вратилу (или замајцу) и коју потрошач може ефикасно да искористи.

Искуства су показала да код модификације постојећег бензинског мотора у „bi-fuel” верзију, при уградњи ТНГ система не поклања довољно пажње оптимизацији система са становишта брзинских карактеристика мотора, при коришћењу обе врсте горива.

Негативан утицај има и коришћење компоненти за ТНГ систем од различитих произвођача, пре свега коришћење неадекватних мешача.

Испитивања спроведена на карбураторском мотору и мотору са брызгачима, потврдила су да уградњом ТНГ система долази до деградирања брзинских карактеристика мотора. Употребом адекватних мешача, као дела система, може се значајно смањити овакав негативан утицај, али углавном на штету брзинских карактеристика при раду мотора на течни нафтни гас. Зато се код оптимизације система мора водити рачуна о намени возила, односно о преовладавајућем гориву у току експлоатације (бензин или ТНГ).

Уколико се упореде ефекти уградње система за ТНГ, на мотор са карбуратором или са убризгавањем горива постигнути су бољи резултати код мотора са убризгавањем. Мотор са убризгавањем система се боље показао у експлоатационим условима, а такође је боље и подешавање и одржавање система. Односно, већи губитак снаге мотора се осети код мотора са карбуратором, обично између 15 и 20%.

Код нешто савременијих агрегата са електронским убризгавањем горива, у једној тачки усисног колектора, дозирање, тј. мешање гаса и ваздуха је прецизније, одзив на притискање регулационог органа је осетно бољи, а губитак снаге је често и до 11%.

Код мотора са пластичном усисном граном, могуће је уградити само најскупљи, али и најбољи систем са директним убризгавањем гаса у усисну грану, за сваки цилиндар посебно. Губитак снаге је у том случају минималан, а потрошња гаса у односу на бензин тада је већа само за око 10%.

Економичност примене ТНГ-а као погонског енергента мотора, могуће је вршити на неколико начина.

Први начин се односи на анализу потрошње ТНГ-а као погонског горива мотора и

дефинише се специфичном ефективном потрошњом горива g_e [g/kWh], која је обрнуто пропорционална ефективном степену корисности мотора (η_e).

Други начин анализе односи се на анализу цене ТНГ-а на тржишту, као и цене надоградње систем за погон на ТНГ код „bi-fuel” верзије мотора.

Обзиром на то да је ефективни степен корисности код мотора чији је погонски енергент бензин, у поређењу са ТНГ-ом, то ће и специфична ефективна потрошња бити мања у односу на ТНГ. Ако се посматра потрошња горива на пређених 100 km моторног возила, повећање потрошње ТНГ-а у односу на бензин износи 10-15%.

Са друге стране, цена литра течног нафтног гаса у свим државама Европе, кретала се у распону од 40 до 65% од цене литра бензина. Како се цена бензина мењала тако се мењао и тај однос, али никада драстично. Ако се упореди тренутна цена литра безоловног моторног бензина од (ВМВ) 149,00 дин/л и цена течног нафтног гаса од 74,40 дин/л, закључује се да је ТНГ као погонско гориво јефтинији од бензина за око 50%.

Тако ће се кроз одређени број пређених километара, са надограђеним возилом на ТНГ, исплатити цена уградње овог система. Након тога, вожња ће бити знатно јефтинија, а загађење околине издувним гасовима мање.

Цена инсталације зависи пре свега од врсте система за довод горива као и од запремине мотора. Најјефтинија је уградња инсталације са карбураторским мотором, а најскупља је уградња на возилима која су опремљена савременим системима за убризгавање горива.

Постоји неколико прорачуна који говоре о економској исплативости уградње ТНГ система на моторном возилу. При помисли на уградњу овог система, веома је практично да се избор анализира узимајући у обзир трошкове.

Један од лакших начина анализе трошкова за уградњу ТНГ система на постојећем возилу, може се израчунати коришћењем следеће формуле:

$$K = \frac{TU}{(Cb \cdot Pb) - (Cp \cdot Pp)} \circ 100 [km]$$

Где је:

K – број километара након којих почиње уштеда

TU – трошкови уградње (у динарима),

Cb – цена бензина,

Pb – потрошња бензина (l/100 km),

Ср – цена ТНГ-а,

Рр – потрошња ТНГ-а (l/100 km).

Из формуле се може закључити да се се уградња ТНГ система исплатити при мањем броју пређених километара уколико су мањи трошкови уградње система, што је већа разлика у цени између бензина и ТНГ-а и што је већа потрошња горива.

Уградња и експлоатација возила на течни нафтни гас брже се исплати уколико возило прелази више километара на годишњем нивоу.

Економичност рада мотора зависи и од октанског броја самог горива које се користи за његов погон. Мотор са погоном на ТНГ може да ради са већим степеном компресије, јер је смањен ризик од детонантног сагоревања мање изражен, због повољних антидетонационих карактеристика у поређењу са бензином.

Повољне антидетонационе карактеристике ТНГ-а ради повећања економичности мотора није могуће искористити код бензинског мотора са надограђеним системом за ТНГ. Конструкција бензинског мотора са ниским степеном компресије је прилагођена, поред осталог, и лошијим антидетонационим карактеристикама бензина.

Са еколошког аспекта, течни нафтни гас је врло погодно гориво. Готово потпуно сагорева, продукти непотпуног сагоревања (угљен-моноксид, угљеводоници, чађ и честице) настају у занемарљивим количинама.

У продуктима сагоревања доминира водена пара, а не угљен-диоксид. Снажна је емисија оксида азота, а у саставу гасова нема оловних и сумпорних једињења.

У односу на одговарајуће бензинске моторе, емисија CO и HC је мања због бољег образовања смеше и могућности рада са сиромашнијом смешом, док је емисија NO_x мања због мањих максималних температура сагоревања. Угљеводоници који се емитују након сагоревања мешавине ТНГ-а и ваздуха бензен и остале ароматичне полимере који се налазе у зеленом бензину. Ове супстанце су опасне и веома канцерогене.

Пооштрљавњем прописа о емисији токсичних компонената јавила се потреба увођења електронски управљивих система за убризгавање горива код ОТО мотора, што је довело до одговарајућих измена у системима за напајање оваквих мотора гасом.

Најједноставнија варијанта једног таквог система је концепт са испаривачем и мешачем константног попречног пресека, какав се користи код карбураторских мотора. У овом случају мешач се поставља у усисни вод испред пригушеног лептира, а ради обезбеђивања регуларног рада електронске управљачке јединице у систем се поставља емулатор чија је улога да симулира рад бризгача.

Највеће могућности у погледу комплексности управљања саставом смеше и осталим

параметрима мотора пружају системи за убризгавање гаса који, аналогно системима за убризгавање бензина, могу бити изведени у варијантама централног убризгавања и убризгавања по свим цилиндрима.

Већина наведених система пројектована је за убризгавање ТНГ-а у гасовитом стању, али неки произвођачи нуде и системе са убризгавањем гаса у течnoj фази. Поред прецизне електронске регулације и управљања у затвореној контури, значајна предност оваквих система је и могућност извођења једногоривих са погоном на гас или двогоривих (гас-бензин) („bi-fuel“) система.

4. Закључак

Течни нафтни гас је постао једно од најважнијих алтернативних горива на глобалној аутомобилској сцени и један од најважнијих фактора за модификацију мотора са унутрашњим сагоревањем.

Највећа предност примене ТНГ-а у моторима СУС је у смањењу токсичних компонената издувних гасова, пре свега гасова који стварају ефекат стаклене баште.

Поред бољих еколошких карактеристика, применом ТНГ-а постиже се и већа економичност у вожњи. На све масовнију употребу овог горива утичу још и довољна расположивост горива, задовољавајуће возне перформансе као и јефтинија надоградња система.

Недостаци код примене ТНГ-а као погонског горива су мали пад ефективне снаге мотора, отежана дистрибуција и складиштење горива, као и смањење расположивог простора возила. У односу на његове предности, ови недостаци се могу занемарити.

Као моторско гориво ТНГ испуњава већину општих захтева као што су:

- велика брзина сагоревања
- висока енергетска својства, висока доња топлотна моћ
- лако образовање смеше на радним режимима
- повољне антидетонационе карактеристике
- гориво мора бити хемијски стабилно и не сме изазивати корозију
- не сме поседовати састојке који при сагоревању производе штетне и токсичне компоненте
- мора имати економски прихватљиву цену

Кључну улогу за употребу ТНГ-а као еколошког и економичног горива за погон моторних возила у Србији има држава. Нагли пораст возила који користе ТНГ је последица приватне иницијативе, ниског животног стандарда и веома брзе исплативости инвестиције у систем за погон на ТНГ.

У циљу остварења што веће безбедности приликом примене ТНГ-а у саобраћају, потребно је спречити уградњу компоненти и опреме непровереног квалитета. Зато је потребно повећати мере контроле приликом добијања потврде о исправности возила, као и повећати број ванредних техничких прегледа.

У нашој земљи ТНГ као погонско гориво аутомобила стиче све већи број корисника, чему доприноси и добро развијена мрежа ТНГ станица. Оно што свакако игра главну улогу у уградњи система на ТНГ је знатно нижа цена у односу на друге врсте горива.

Извори за добијање ТНГ-а указују да се на ту врсту горива може рачунати и у даљој будућности, а податак да 60 % овог горива потиче из земног гаса донекле указује на мању зависност потрошача од извозника сирове нафте.

5. Литература

- [1] Пешић Р., Петковић С. и Веиновић С.: Моторна возила и мотори - Опрема, Машински факултет у Крагујевцу и Бања Луци, 2008.
- [2] Пешић Р., Петковић С.: Моторна возила и мотори – Погонски материјали, Машински факултет у Крагујевцу, 2014.
- [3] Давинић А., Пешић Р.: Погонски системи у транспорту, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, 2018.
- [4]<https://www.lovatogas.co.rs/ugradnja-autogasa/delovi-za-ugradnju>