

Artjom Tsassovskihh

TOITESÜSTEEMI TÄIUSTAMINE RAHA SÄÄSTMISEKS

LÕPUTÖÖ

Transporditeaduskond

Autotehnika eriala

Tallinn 2015

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS.....	4
2. LÜHENDITE LOETELU	6
3. GAASISEADMED	7
3.1 Paigaldatavad gaasiseadmed, nende eelised ja puudused võrreldes bensiiniga	7
3.2 LPG	7
3.3 LPG gaasiseade komponendid	8
3.4 LPG kasutuse eelised ja puudused	9
3.5 LPG gaasiseadmete liigid	10
3.5.1 Esimene põlvkond	10
3.5.2 Teine põlvkond.....	11
3.5.3 Kolmas põlvkond	11
3.5.4 Neljas põlvkond.....	11
3.5.5 Viies põlvkond	11
3.6 LPG ohutus ja töökindlus.....	12
3.7 CNG	13
3.8 Gasodiisel.....	14
4. VEEPRITSE SÜSTEEM.....	15
4.1 Ajaloost	15
4.2 Tehnoloogia.....	16
4.3 Veepritse eelised ja puudused	17
4.4 Veepritse süsteemi ehitus	18
5. VEE KÜTESE ELEMENT	19
5.1 Töö põhimõte	19
5.2 Ehitus.....	20
6. KATSEAUTO.....	21
7. GAASISEADE PAIGALDUS	22

7.1 Gaasiseade valik.....	22
7.2 Gaasiseade komponendid.....	23
7.3 Gaasiseade paigaldus.....	26
7.5 Gaasiseade seadistamine	27
7.6 Gaasiseade legaliseerimine	29
8. VEEPRITSESÜSTEEMI PAIGALDUS.....	30
9. VEEPRITSE KOOS GAASISEADMEGA	32
10. PAIGALDUSE ELEKTRISKEEM.....	34
11. MAANTEEKATSED.....	35
11.1 Katsemetoodika	35
11.2 Katseseadmed.....	35
11.3 Ilmastikutingimused	36
12. MAANTEEKATSETE TULEMUSED	37
12.1 Mootoribensiin	37
12.2 Mootoribensiin + vesi	37
12.3 Gaasikütus	38
12.4 Gaasikütus ja veepritse.....	39
12.5 100 km hind erinevate süsteemidega	40
13. SEAMETE HINNAD.....	41
13.1 Veepritse.....	41
13.2 Gaasiseade	42
14. KOKKUVÕTE.....	43
15. SUMMARY	44
16. KASUTATUD ALLIKAD.....	45

1. SISSEJUHATUS

Käesoleva töö eesmärk on uurida, mida on võimalik teha auto toitesüsteemiga, et säästa kütusele kuluvat raha.

Bensiini kasutavad sõidukid võtavad tavaliselt 10-13 liitrit kütust 100 kilomeetri kohta linnas. Sõiduauto keskmine läbisõit aastas on 22000 km. Kütuse tänapäevase hinna juures tähendab see, et sõiduauto kasutaja kulutab iga kuus kütuse soetamiseks 200-250 eurot (1800 km/kuus). See on rohkem kui 25% keskmisest palgast Eestis. Kuid lubatakse, et kütusehinnad tõusevad veelgi.

Kütuseraha säästmine toob kaasa elustandardi tõusu. Inimene võib lubada endale näiteks paremat toitu või reise, kui hoiab kokku osa kütuserahast.

Käesoleva töö uudsuseks on see, et siin näidatakse mitmeid võimalusi eesmärgi saavutamiseks (kütuseraha kokkuhoid). Osa neist on katsetatud selles töös ja osa on selgitatud teoorias.

Tänapäeval on probleemiks, et kõrge hinna tõttu ei saa iga inimene endale lubada isikliku transpordi kasutamist, eriti arvestades seda, et kõige kallim aspekt isikliku transpordi kasutamisel on regulaarne kütuse soetamine.

Töö keskendub põhiliselt naftatoodete kasutamisele, kuid vaatleb ka muid energiaallikaid.

See töö võiks pakkuda huvi eelkõige tavalistele sõidukiomanikele, kuid ka paljudele ettevõtetele, kus on kasutusel ottomootoriga sõidukid.

Käesolevas töös näidatakse võimalusi toitesüsteemi täiendamiseks, et oleks võimalik kulutada kütusele vähem raha. Töö on keskendunud gaasi- ja veeseadmete kasutamisele. Nende süsteemidega tehakse ka katseid, et näidata seadmete efektiivsust. Eriti uudne on selles töös gaasiseadme kasutamine samaaegselt veeseadmega.

Eesmärgi saavutamiseks tuleb esialgu mõõta sõiduki kütusekulu 92 oktaani arvuga bensiini puhul, mis on algselt ette nähtud tehase inseneride poolt. Järgmine samm on gaasiseadme paigaldus ja selle kütusekulu mõõtmine. Kolmandaks sammuks on sellise veepritse süsteemi paigaldamine, mis töötab mootoribensiini kasutades. Neljandaks on otsustamine, kas on võimalik veepritse- ja gaasiseadme kasutamine samaaegselt ilma bensiini lisamiseta. Ning kui jah, siis ka sellel režiimil kütusekulu mõõtmine. Viimaseks sammuks on andmete analüüs ja esitamine loetavas vormis tutvustamiseks.

2. LÜHENDITE LOETELU

LPG – *Liquid petroleum gas* – Vedeldatud gaas

CNG – *Compressed natural gas* – Kokkusurutud maagaas

Rpm – *Revolutions per minute* – Pööret minutis

OEM - *original equipment manufacturer* – Tehase poolt valmistatud

TPS – *Throttle position sensor* – Segusiibri asendiandur

AUX – *Auxiliary port* – lisa väljund/sisund

λ - hapnikuandur

3. GAASISEADMED

3.1 Paigaldatavad gaasiseadmed, nende eelised ja puudused võrreldes bensiiniga

Gaas on praegu alternatiivkütustest enam levinud ja odavam kui traditsioonilised kütused. Autogaas on ökonoomne ja keskkonnasõbralik kütus. Mootoribensiiniga sõitvad autod tarbivad keskmiselt 14 eurot 100 km kohta, kuid gaasiseadmega 8 eurot 100 km kohta.

Gaasikütust on mitut tüüpi, läbivaatamisele tulevad:

LPG – propaani (C_3H_8) ja butaani (C_4H_{10}) vedeldatud ja kokkusurutud gaaside segu.

CNG – kokkusurutud metaan (CH_4) gaas

3.2 LPG

Esialgu oli kasutusel LPG seade, sest see oli kõige lihtsam süsteem. Samas oli gaasi surve selles madalaim, vaid 16 atm [1].

Tegemist on propaani ja butaani seguga. Gaasi koostis sõltub kliimatingimustest ja seda reguleeritakse/suunatakse riigiseadusega. Talvel peab propaani kogus olema vähemalt 70-80% kogu gaasist, sest madalamatel temperatuuridel butaan aurustub halvasti ja selle kasutamine muutub vähem efektiivseks. Kasutatakse gaasi soojendeid – gaasimagistraal ja soojendusega balloon, aga see on rikke korral tuleohtlik ja tekitab generaatorile ja akule lisakoormust. Suvel peab segu olema butaanirikas (propaani kogus ei tohi ületada 40%), sest vastasel juhul võib süsteemis tekkida ülerõhk ja see võib rikkuda süsteemi hermeetilisust. [2] [4]

3.3 LPG gaasiseade komponendid

LPG gaasiseade põhikomponendid on järgmised:

- **Gaasipaak.** Auto gaasipaak on tavaliselt musta või punast värvi. Värv muutmise on keelatud. Gaasipaaki värvitakse reeglina pulbervärviga, sest see on kõige efektiivsem viis kaitsta paaki korrosiooni vastu. Gaasipaake on kahte tüüpi: esimene on silinderpaak, teine toroidpaak. Silinderpaak on 1.5 korda odavam. See paigaldatakse tavaliselt sedaankerega autodele, mille tagaistmeid ei saa kokku klappida. Seda paagi tüüpi kasutatakse ka suurtel autodel, näiteks mikrobussidel ja maasturitel. Silinderpaagi maht on tavaliselt suurem kui toroidpaagil ehk 80-150 liitrit. Toroidpaaki kasutatakse harvem, selle maht on väiksem (40-65 liitrit) ja see paak on kallim. Toroidpaak paigaldatakse tavaliselt varuratta asemele. Varuratas paigutatakse siis lihtsalt pagasiruumi, katusele (näiteks katuseboksi sisse) või loobutakse sellest üldse.
- **Multiklapp.** See on suhteliselt kallis komponent. Multiklapp paigaldatakse gaasipaagi külge. Selle kaudu liigub gaasi etteanne järgnevasse süsteemi. Igal multiklapil peab olema elektromagneetiline gaasi etteande klapp, mis sulgub, kui gaasiseade on välja lülitatud. Samas peab see gaasiseade avariiolukorras välja lülitama. Multiklapi küljes peab olema ka mehaaniline ventiil, millega on võimalik gaasivoolu käsitsi katkestada. Seda kasutatakse pika seismise ajal või süsteemi rikke korral. Multiklapi küljes on olemas ka ujukiga gaasikoguse andur. See võib olla puhtalt mehaaniline või elektrooniline. Viimane komponent, mis asub multiklapi küljes, on ülerõhu klapp. Ülerõhu klapp on vajalik selleks, et säilitada paagis ruumi gaasi soojuspaisumiseks ja plahvatuse vältimiseks.
- **Gaasimagistraal.** Gaasimagistraal LPG puhul on tehtud vasktorust, tavaliselt 4-6 mm läbimõõduga. See paigaldatakse alati sõitjateruumist väljaspoole.
- **Tankimisseade** paigaldatakse tavaliselt stange sisse. On võimalik tellida selle paigaldus ka mujale: paagi juurde auto sees, kütuseluugi taha. Viimasel juhul kasutatakse tankimiseks üleminekut, kuna suhteliselt suur (50-60 mm läbimõõduga) traditsiooniline tankimisseade ei mahu bensiinikorgi kõrvale.

- Gaasireduktorit on vaja selleks, et reguleerida gaasi survet mootori sisse. On olemas nii mehaaniline kui ka elektrooniline reductor. Erinevus on ainult selles, kuidas reductorit juhitakse, kas juhtploki või teeb seda inimene ise. Gaasireduktori sees on gaasiseadme kõige nõrgem detail – gaasimembraan. Selle membraani abil juhitakse gaasi survet. Vale kasutamine (kui gaasireduktori temperatuur on alla +40 °C) või kütuse halb kvaliteet võib membraani kergesti lõhkuda.
- Gaasiaurusti on tavaliselt gaasireduktoris sisse ehitatud. Aurustit on vaja selleks, et muuta gaasi agregaatolekut vedelfaasist gaasfaasi. Aurusti sees voolab jahutusvedelik ühes kanalis ja gaas teises kanalis.
- Gaasi segisti on kasutusel vaid esimesel, teisel ja kolmandal põlvkonnal. See on viimane ahel, mille seest voolab gaas mootoris. Segisti ülesandeks on gaas korralikult õhuga segada.
- Gaasi pihustid, latt ja otsad tulid kasutusele neljandas põlvkonnas. Gaasiotsad puuritakse sisselaskekollektori sisse klapi kõrvale, ühendatakse gaasipihustitega ja gaasilatiga.
- Juhtarvuti tuli kasutusele alates teisest põlvkonnast. Varem oli selle ülesandeks ainult gaasi etteande sisse- ja väljalükkamine. Praegu juhib arvuti gaasipihustite tööd. Gaasiseade juhtarvuti toetub auto tehaseanduritele, tehase juhtarvuti signaalidele ja korrigeerib gaasipihustite tööd. Tavaliselt on juhtarvutis ka hapnikuanduri signaali muundur (vajalik selleks, et auto tehase juhtarvuti ei läheks avariirežiimi, kuna väljalaske gaasi koostis on mootoribensiini ja gaasiga erinev), pihustite emulaator (tehase juhtarvuti kontrollib pihustite voolu). [20]

3.4 LPG kasutuse eelised ja puudused

Eelised:

- Ei esine detonatsiooni – gaasi oktaaniarv üle 100.
- Silindrid ja kolvid kestavad kauem, kuna gaas ei pese õlikihti silindrite seintelt ära.

- Ühtlasem põlemine – gaaskütus seguneb õhuga paremini kui bensiin.
- Vähem tahma põlemiskambris – gaas on oluliselt puhtam kütus kui bensiin.
- Heitgaasid on 1.5-2 korda vähem toksilised – vähem CO, NO_x, SO_x.
- Väiksem mootorimüra – gaas põleb aeglasemalt.
- Pehmem mootori töö – aeglase põlemise tõttu vähem löökkkoormusi.
- Rahaline kokkuhoid. Gaas on 2 korda odavam.
- Korralik gaasiballoon on turvalisem kui bensiinipaak.

Puudused:

- Kallis paigaldus.
- Hoolduskulud kõrged.
- Vähem ruumi pagasiruumis või varuratta puudus.
- Sõiduk kaalub 20-30 kg rohkem.
- Gaasitanklaid on oluliselt vähem kui traditsioonilisi tanklajaamu.
- Plokikaas on rohkem termokoormatud, kuna gaasi põlemistemperatuur on kõrgem. [8]

3.5 LPG gaasiseadmete liigid

3.5.1 Esimene põlvkond

Esimene LPG gaasiseade põlvkond on kõige lihtsam gaasiseade. Praegu ametlikult seda keegi ei paigalda, kuid Tallinnas leidub meister, kes siiski osutab vastavat teenust. See süsteem koosneb gaasireduktorist ja gaasiaurustist. Gaasi antakse segusiibri ette atmosfäärirõhuga. Mootor ise imeb seda gaasi sisse nii palju, kui tal seda vaja on.

3.5.2 Teine põlvkond

Teine LPG süsteemi põlvkond on põhimõtteliselt sama nagu esimene põlvkond. Ainuke erinevus on juhtarvuti olemasolu. Juhtarvuti on vaja vaid selleks, et automaatselt toimus kütuse vahetus. Minimaalne soovituslik ümberlülitamise temperatuur on 40°C, et mitte rikkuda külma gaasiga õhukest membraani gaasireduktoris.

3.5.3 Kolmas põlvkond

Kolmas LPG gaasiseadmete põlvkond on teise sarnane. Selliseid gaasiseadmeid paigaldati monopritsesüsteemidega autodele, kus oli olemas hapnikuandur. Kõige suurem erinevus esimese ja teise põlvkonna süsteemiga võrreldes on see, et siin kasutatakse elektroonilist dosaatorit, mis reguleerib gaasi kogust. Dosaatori tööpõhimõte on väga sarnane tühikäigumootoriga. See süsteem on varustatud juhtarvutiga, mis reguleerib gaasi kogust toetades lambda-anduri signaalile. On olemas süsteeme, mis võivad lugeda segusiibri asendit.

3.5.4 Neljas põlvkond

Neljas LPG gaasiseade põlvkond on enamlevinud süsteem. Sarnasusi eelmistega on vähe. Kasutusele võeti gaasipihustid (tööpõhimõtte poolest on need pigem gaasi klapid, kuna nad ei pihusta, vaid avavad gaasi sissevoolu sisselaskekollektorisse). Iga silindri jaoks on omaette gaasipihusti. Gaasi juhtarvuti toetub tehase juhtarvuti signaalide baasile.

3.5.5 Viies põlvkond

Viies LPG gaasiseade süsteem on just turule ilmunud ja on väga sarnane bensiinisüsteemiga. Rõhu saavutamiseks pumbatakse gaasi balloonest. See seade annab võimaluse pihustada gaasi läbi tavaliste bensiinipihustite. Väga kriitiline faktor on gaasi kvaliteet. [3]

3.6 LPG ohutus ja töökindlus

Iga teine inimene ütleb, et gaasiseade on ohtlik, ja et ta ei taha sõita pommiga pagasiruumis. See väide ei peegelda reaalselt olukorda. Esiteks: LPG gaasi jaoks on võrreldes mootoribensiini aurudega vaja põlemahakkamiseks rohkem õhku. Gaasi alumine põlemispiir on 2.4%, see tähendab: selleks, et gaas hakkaks suvalisest sädemest põlema, on vaja minimaalselt 24 dm³ gaasi 100 dm³ mahutis. Mootoribensiini puhul on see näit 0.6% ehk bensiini on vaja põlemahakkamiseks 4 korda vähem. See tähendab, et bensiini toitesüsteemi leke on 4 korda ohtlikum kui gaasi oma.

Gaasil endal puudub lõhn. Gaasi sisse lisatakse spetsiaalsed ained – odorandid, mis annavad gaasile lõhna. Nende ainete sisaldus ei ületa 0.001%, seetõttu ei ole need tervisele selles koguses ohtlikud ega riku mootori sisemisi detaile. Samas on inimeste nuusutamisetseptorid odorandidele väga tundlikud. See annab võimaluse kiiresti märgata ja leida gaasileke. Gaasiseade rikkumise korral, kui on tuvastatud gaasileke, on võimalik see käsitsi peatada gaasi etteande ventiili abil, mis asub multiklapi peal.

Arvestatakse, et kõige ohtlikum gaasiseade komponent on gaasiballoon. See väide on õige. Gaasiballoon on suur mahuti, mille sees on lenduv ja kergesti süttiv aine. Gaasiballoon on projekteeritud nii, et see talub kaks korda rohkem koormust, mida avaldab sellele gaas rõhul 16 bari. LPG-gaasiballooni seinad on valmistatud vähemalt 3 mm paksusest rauast. Samas on ballooni kuju projekteeritud nii, et taluda suuri koormusi. Valmistamisel kontrollitakse gaasiballooni keevisõmblust röntgenikiirtega. Toormaterjali vahetamisel katsetakse ka maksimaalset talutavat survet. Tavaliselt pumbatakse ballooni õhuga selle plahvatusmomendini. Tavaliselt sellel katsel on surve 80-100 bari, kuid kasutusel ei ületa surve 10 bari.

Vaatamata sellele juhtuvad ikkagi gaasiballoonide plahvatused. See juhtub sellepärast, et balloonest eemaldatakse multiklapi kütuserõhu piiraja. See piiraja ei luba pumbata gaasiballooni lõpuni. Alati peab jääma 10% gaasipadja soojuspaisumiseks.

On teostatud avariikatseid sõiduautodega, millele on paigaldatud gaasiseade. Pärast avariid otsitakse gaasileket, mõõdetakse gaasiballooni geomeetria. Ainult siis, kui kõik on korras, antakse tehasele luba selle toodangu väljalaskmiseks.

Iga gaasiseade komponent omab sertifikaati, kus on kirjas, et see sooritas edukalt katsed ja et seda on lubatud kasutada üldkasutatavatel teedel, samuti mis temperatuuridel seade töötab, missugust survet talub.

3.7 CNG

Maagaasi eeliseks on see, et too ei sõltu toornaftast, mis on väga tähtis, sest põhilised nafta allikad asuvad raskesti ligipääsetavates geograafilistes piirkondades. Olulised maagaasi ressursid eksisteerivad ookeanide põhjas igikeltsa piirkonnas hüdraatide kujul. Teadlased loodavad, et neid ressursse saab varsti kasutada traditsiooniliste kütuste asemel. Maagaasi ressursid ületavad teisi energiaallikad rohkem kui kahekordselt. Seda arvestades peaks maagaas olema loogiliselt odavam kui veeldatud gaas. Venemaal see ongi niimoodi, aga ELi riikides on olukord vastupidine.

Maagaasi põhikomponendiks on metaan gaas (CH_4) 90-98%. Ülejäänud komponendid on propaan, butaan ja lämmastik. Seetõttu puudub CNG-süsteemiga varustatud autol põhimõtteliselt NO_x -id ja SO_x eraldumine. CO_2 heitmegaasides langeb 25% võrra, süsivesinikud (CH) ligi 50%.

CNG-süsteemis hoitakse gaasi suure rõhu all 200 bari. See tähendab, et tuleb pöörata suurt tähelepanu balloonidele ja gaasimagistraalidele. Kui LPG-süsteemis oli lubatud vasest torustik, siis CNG puhul lubatakse kasutada ainult terasest torustikku. Gaasimahutid valmistatakse koormust taluvatest materjalidest: terasest, alumiiniumist või komposiitmaterjalidest. Samas võtavad need süsteemid rohkem ruumi kui LPG.

Maagaasi puuduseks on väike energiatihedus ehk 2.5 korda väiksem võrreldes bensiiniga. See tähendab, et gaasiga sõitmise kütusekulu on oluliselt suurem, kui bensiiniga sõites.

CNG on väga sarnane LPG-ga. Peamine vahe ongi, et komponendid peavad vastu pidama kõrgemale gaasisurvele.

Kuna metaani tootmine on võimalik eraldada nafta tootmisest, ehitavad autotootjad ka CNG-autosid. Eestis on müügil *Opelid*, *Volkswagenid*, *Fiatid* ja muud sõidua autod, mis on varustatud tehase paigaldatud CNG-gaasiseadmetega. Eriti aktuaalne on metaani kasutamine linna

ühistranspordi jaoks. Viimase paari aastaga on tänavatele ilmunud üha rohkem metaaniga sõitvaid busse. [11]

3.8 Gasodiisel

Ottomootorite puhul süüdatakse gaas süüteküünla sädemega. Diiselmootoritel süüteküünlad puuduvad. Selleks, et diisלקütus ise süttiks, on vaja seda kuumutada temperatuurini 320-380 °C. Selline temperatuur saavutatakse kütusesegu kokkusurumisega. Gaasisegu puhul on see näitaja ligi 700 °C. Kokkusurumisega ei saa gaasisegu niipalju kuumutada, seetõttu kasutatakse süttiva materjalina diisלקütust.

Pritsitakse tavaliselt 15-30% diisלקütuse normaalkogusest. Süttinud vedelלקütus süütab ka gaasi. Materiaalne võit on võrreldes diisלקütuse kasutamisega alates 40% rahaühikust.

Gazodiiselmootorites kasutatakse põhimõtteliselt samasuguseid gaasiseadmeid nagu ottomootoritel, nii CNG- kui ka LPG-gaasiseadmeid. Nagu varem nimetatud seadmete puhul, jääb sõidukil võimalus kasutada kas puhast diisלקütust või siis diisלקütist koos gaasiga.

On võimalik üldse loobuda diisלקütusest, aga siis tuleb paigaldada pihustite asemele süütekehad, nagu ottomootorite süüteküünlad. Sellega kaob mootoril võimalus kasutada energiaallikana vedelלקütust. Sellist mootorit nimetatakse gaasimootoriks.

Valitud oli LPG-süsteem. Selline gaasiseade ei nõua suurt ümberehitust, samas ta on odavam kui CNG (LPG ostuhind on 210 eurot, paigaldus – 500 eurot; CNG ostuhind on üle 600 euro, paigaldus 1000 eurot). CNG tanklajaamade arv on LPG jaamadega võrreldes mitmeid kordi väiksem: LPG kütust saab Eestis tankida 24 erinevas kohas, CNG tanklajaamu on vaid 3. LPG-süsteem ei ole süsteemi rikke puhul nii ohtlik kui CNG. Samas on rikke korral CNG komponendid 30-60% kallimad. Esimene süsteem on kompaktsem ja kergem kui teine. Ideaalne gaasiseade, mille ma valiks kasutamiseks, peaks olema lihtsa ehitusega, turvaline, odav kasutamisel ja keskkonnasõbralik. Üheks ebamugavaks teguriks jääb varuratta puudus, sest see koht on hõivatud gaasiballooniga. [13] [14]

4. VEEPRIITSE SÜSTEEM

Vaatamata sellele, et vesi (H_2O) ei põle, saab seda kasutada kütuse säästmiseks. Vett pritsitakse mootori sisselaskekanalitesse. Vesi seguneb kütuseseguga ja voolab põlemiskambris, kus jahutab põlemiskambri pindu. Osa vett laguneb hapnikuks ja vesinikuks, mis põlemisel lükkavad kolvi alla ja teeb kasulikku tööd.

4.1 Ajaloost

Veepritse tehnoloogia oli patenteerinud XIX sajandil Nicolaus Otto, keda võib nimetada sisepõlemismootori isaks. Veepritse eksperimente hakati arendama 1920. aastatel. See oli kasutusel kolbmootorite lennukites, tankides jt sõjaväetehnikas. Vett kasutati selleks, et saavutada mootori maksimaalset võimsust forsaaž režiimil ehk kõrgetel pööretel, selleks et võimalikult kiiresti ja väikestel kiirendustel lendama hakata.

Teise maailmasõja ajal oli see tehnoloogia kasutusel vene lennukites MIG ja saksa lennukites *Messerschmidt*, samas ka maapeasetes sõiduvahendites – autodes, rongides jm. Praegu kasutatakse seda maailma ühes tuntumas kerglennukis (AN2-s) samuti. Veepritse abil kiirendamisel kasvab lennuki võimsus 900 hobujõust 1125 hobujõuni (vt sisepõlemismootori AIII-62 kasutusjuhend). [18]

Saab 99 Turbo oli tehasest tulles varustatud veepritse süsteemiga. Selle mootoris kasutati vett selleks, et jahutada kütusesegu põlemiskambrit. Hiljem tulid kasutusele interkuulerid, mis lükkasid veepritse tehnoloogia turgudelt kõrvale (välja arvatud Jaapanis). Jaapanis veepritse kasutamine jätkus: veepritsiga saavutati väljalaskegaaside väiksem toksilisus. Viimase paari aasta jooksul toimunud uuringud on veepritse tehnoloogia taasavastanud. Selle tulemusena võiks nimetada uut BMW M4 mootorit. Kolm veepihustit sisselaske kollektoris avatakse mootori jõu maksimaalses režiimis kütusekulu vähendamiseks ja võimsuse saavutamiseks. [17]

4.2 Tehnoloogia

Selleks, et süsteem efektiivselt töotaks, on vaja saavutada võimalikult parem veetilkade segunemine kütteseguga.

Kui vesi satub sisselaskekollektorisse ja seguneb bensiinitilkadega, võib öelda, et bensiin ümbritseb veeosakesi. See toimub seetõttu, et bensiini tihedus on 30% vee tihedusest väiksem. Selles olekus vesi sattub põlemiskambrisse.

Samal ajal, kui vesi seguneb kütuseseguga, see jahutab põlemiskambrit ja parendab silindri täituvust. See on esimene asi, mis annab võimsust juurde.

Põlemiskambris hakkab vesi aurustama, samal ajal jahutab ülekuumenenud põlemiskambrit, mistõttu kütuse isesüttimise tõenäosus väheneb ja väheneb detonatsiooni oht. Sellel ajal, kui kolb jõuab ülemisse surnud seisundisse, on segu juba kuumutatud ligi 300 °C-ni. See tähendab, et osa vett aurustus ja veeaur kuumenes. Lisaks sellele süütab süüteküünal bensiini ja temperatuur tõuseb järsku 1600-2300 °C-ni. Veeaur hakkab lagunema vesinikuks ja hapnikuks. Hapnik ja vesi põlevad ning annavad gaaside soojuspaisumise tõttu kolvile veel mehaanilist, kasulikku energiat. Täiesti lõpuni vesi hapnikuks ja vesinikuks ei muutu, kuna sisselaske- ja väljalaskefaaside vahel on liiga vähe aega. Ülejäänud veeaur lükkab kolvi soojuspaisumise tõttu alla. [19]

Kui vesi ja veeaur sattuvad põlemiskambrisse, võtavad need enda alla mingi ruumi, mis varem oli hõivatud kütuseseguga. Niimoodi saab seletada, miks surge tõuseb. Seetõttu on vaja vähem kütust, et saavutada parimas vahekorras õhu ja kütuse (stõhhiomeetrilist) segu. Kütust on vaja seetõttu vähem ja seega kütusekulu langeb.

Veel üks veepritse kasulik mõju seisneb selles, et vesi ja veeaur puhastavad hästi mootori põlemiskambrite pindu ja klappide taldrikuid. Väga tihti võib näha, et sisselaske- ja väljalaskeklappide taldrikute peal on musta värvi jäägid. Tavaliselt on see põlenenud mootoriõli, mis satub sinna läbi klapisääretihendite. Juhul kui sisselaskeklappide peal on nõge tänu kütusele vähe, mis seda peseb põlemiskambri sisse, siis väljalaskeklappide peal on seda palju. Mida rohkem neid jääke on, seda vähem ruumi jääb gaasidele, et plokikaanest ära minna. Seda väiksem on mootori võimsus, suurem toksilisus ja kütusekulu.

Veepritse tekitab halva mõju mootorile siis, kui süsteem ei ole õigesti seadistatud. Kui veetilk sattub kolvile järsul aurustamisel, siis see kahjustab kolvi pinda. Halvimal juhul on võimalik hüdroloogi ohu tekkimine mootorile. Seda seetõttu, et vedelikke ei saa kokku suruda. Kui silindrisse sattub liiga palju vett ning kolb ei jõua ülemisse surnud seisundisse, siis on kepsu purunemise oht suur. [15]

4.3 Veepritse eelised ja puudused

Eelised:

- Kuni 30% väändemomendi kasv.
- Kütusekulu langeb linnas kuni 20%.
- Kütusekulu langeb maanteel kuni 30%.
- Võimalus kasutada madalama oktaaniarvuga kütust.
- Surveastme tõus.
- Löökköormuste ja detonatsiooni vähenemine.
- Tahma kadu põlemiskambrist ja klappide pindadest.
- Efektiivsem mootori jahutus.
- Mootor töötab pehmemalt ja vaiksemalt.

Puudused:

- Keeruline seadistada.
- Talveperioodiks vesi külmub. [16]

4.4 Veepritse süsteemi ehitus

Kaasaegsed süsteemid on väga sarnased gaasiseadme süsteemega.

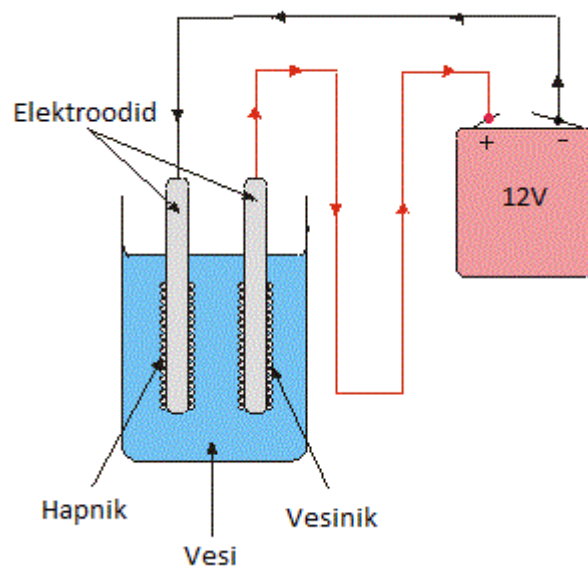
- Esimene põlvkond. Puhtalt mehaaniline süsteem. Esimese veepritse süsteemi ehitus oli primitiivne. Sisselaskekanali sisse paigaldati nõel, mis oli ühendatud veepaagiga. Kuna sisselaskekanalis on hõrendus, imeb mootor ise vajaliku kogust vett sisse. Nõel paigaldatakse karburaatorisse kas üles või alla. Lihtsamad variandid olid kasutada karburaatori kiirenduspumba düüsi või panna nõel läbi karburaatori kummipadja, et mootorit veega varustada. Eriti kavalaks võiks nimetada ka karburaatori väikest difuusori kasutamist vee pritsimiseks või nõela paigaldamist karburaatori suure difuusori kõige laiemas kohas. Kasutati elektromagnetilist klappi, et peatada vee juurdevool.
- Teiseks põlvkonnaks nimetatakse esimest põlvkonda ühe erinevusega. Vesi sattub põlemiskambrisse ainult 1500 pööret minutis saavutamisel ja ainult sooja mootoriga. Seda juhib lihtne juhtarvuti.
- Kolmanda ja teise põlvkonna erinevus on selles, et kolmandas kasutatakse juba 4 düüsi (4 silindri mootori jaoks). Iga düüs on paigaldatud sisselaskeklapi ette.
- Neljas põlvkond. Kasutusele on võetud elektromagnetilised pihustid ja pump. Pihusteid võib olla kas 1-2 (sõltub sisselaskekollektori ehitusest) kuni silindri arvuni, kus pihustid seisavad iga silindri ees. Juhtaju loeb segusiibri asendi anduri signaali ja mootori pööret. Selle järgi reguleerib sissepritsitava vee kogust.

On olemas ka erinevad variatsioonid ja modifikatsioonid. Näiteks vett kuumutatakse ja aurustatakse enne mootorisse sattumist. Väljalasekollektori ümber keritakse peenike vasest toru mitu tiiru, läbi mille lastakse veeauru mootorisse.

Võidusõidus saab veepritset näha palju tihedamalt. Seda kasutatakse samade eesmärkide saavutamiseks. Ka kasutatakse vee ja etanooli (harvem metanooli) segusid. Etanooli sissepritse süsteem on täpselt sama nagu veepritselgi, vaid selle hind on mitu korda kõrgem.

5. VEE KÜTESE ELEMENT

Vee kütuse element on seade, mis annab võimaluse kasutada kütuse allikana destilleeritud vett. Stanley Mayer, ameerika leiutaja, avaldas osa oma tööst, kus ta jutustas, kuidas on võimalik lagundada vett vesinikuks ja hapnikuks ning kasutada seda sissepõlemismootoris energia saamiseks.



Sele 1: Lihtsustatud kütuse silma skeem

5.1 Töö põhimõte

Vee keemiline valem on H_2O . Elektrolüüsi abil saab vett lagundada hapnikuks ja vesinikuks. Veeanuma sisse paigaldatakse elektroodid, mille läbi lastakse elektrivoolu. Vee molekulid lagunevad keemiliste elementideni gaasilises olekus. Seda gaasi saab suunata mootori sisse ja põletada koos kütusega.

5.2 Ehitus

Veeanuma sisse paigaldatakse plaadid. Plaadid on tehtud keemiliselt kindlast metallist, näiteks roostevabast terasest 316L märgistusega. On tähtis, et elektroodid ei kaota oma kuju ja keemilist kindlust. Seadme töötamise ajal elektroodid ei reageeri ei hapniku ega ka vesinikuga elektrolüüsi mõjul. Vastasel juhul seadme kasutegur langeb kordades. Mida rohkem elektroode paigaldatakse, seda rohkem gaasi eraldub veest. Tähtis on see, et plaatide vahel ei oleks otsest kontakti. Plaadid ühendatakse üle ühe toiteallika plussklemmiga ja ülejäänud miinusklemmiga.

Kõige suurem probleem on selles, et ühe veemolekuli lagunemiseks on vaja 143 J energiat. Sama energiakogus eraldub tagastusreaktsiooniga. Seetõttu arvavad pajud teadlased, et see on “veel üks igiliikur”, ja see seade ei saa töötada.

Võrreldes tavalise elektrolüüsiga kasutatakse kütuse silma puhul kõrgsagedusvoolu. Veemolekul võngub sagedusega 50 kHz. Voolusagedus oli valitud samas piirkonnas. Selle sageduse juures on võrreldes tavalise elektrolüüsiga vaja oluliselt vähem energiat. Põhjenduseks on resonantsefekt.

Resonants on nähtus, kus võnkeamplituud saavutab oma maksimaalse väärtuse. Kütusesilma puhul tähendab see, et veemolekulid saavutasid oma maksimaalse võnkumisamplituudi ja selle lõhkumiseks on vaja oluliselt vähem energiat. Kogu süsteemi toitevool ei ületa 8-10 A 12 V juures. See tähendab, et seadme võimsus ei ületa 120 W. [23]

Kütusesilma süsteem ei luba täiesti loobuda mootoribensiini kütusest. On võimalik vaid asendada osa kütust saadud gaasidega. Aga vaatamata sellele on võimalik saavutada tõsine kütusesääst kuni 80%.

Kütusesilma puuduseks on komponentide keeruline kättesaadavus ja kõrge hind. Kuna ei sobi tavaline roostevaba teras, kasutatakse elektrokeemiliselt kindlamat metalli. Sellest metallist valmistatakse arstide tööriistad ja mõned lennukite osad.

Kütusesilma arvestushind ületab 1000 eurot. Üle 90% sellest läheb metalli soetamiseks ja selle transpordikulu väljamaksmiseks. [24]

6. KATSEAUTO

Katseautoks on 1994. aasta väljalase ottomootoriga sõiduauto *Audi 80 Avant*. Mootori töömaht on 1984 cm³. Pritsesüsteem on *Mono-Motronic* ehk monopritse. Maksimaalset võimsust 66 kW saavutatakse 5400 rmp juures ning maksimaalne väändemoment 148 Nm – 3000 rmp juures. Auto mass on ligi 1200 kg (katseajal). Kütusekulu maanteel 6.8l/100 km, linnas 10.8/100 km. [21]

Suured väljaminekud kütusele ei häiri inimesi, kelle kuusissetulek on keskmine ja üle selle. Madalama sissetulekuga inimesed ei osta uusi ökosüsteemidega nagu hübriid ja *bluetech* sõiduautosid. Nende valik jääb madalama hinnaklassi autode juurde. Selles rühmas jääb enamiku autode hind 1500 euro piiridesse, samas on kütusekulu on 8-12 liitrit 100 kilomeetri kohta. Selles grupis on ka *Audi 80*. Seetõttu pean katseauto valikut aktuaalseks.

Katseauto mootor on keerulise konstruktsiooniga, mis annab võimaluse kergesti paigaldada erinevaid seadmeid eesmärgi saavutamiseks. Erinevate mootoridetailide purunemisel saab alati pöörduda autopoodi/autoteenindusse/lammutusse, et saada sellele detailile asendus. Uute varuosade hind on palju kordi madalam kui uuemate autode puhul. Pean seda oluliseks, kuna lõputöö maanteekatsete ajal oli üks katse, mida ei olnud varem kunagi katsetatud. Vähemalt sellest mina ei leidnud kuskil informatsiooni.

7. GAASISEADE PAIGALDUS

Gaasiseade paigaldus on väga efektiivne viis kütuseraha kokku hoida. LPG gaasi hind on ligi 50% vähem võrreldes bensiiniga. Oli valitud esialgu gaasiseade paigaldus. Selles töös näidatakse ja selgitatakse, miks gaasiseade on hea viis kütuseraha kokku hoida.

7.1 Gaasiseade valik

Gaasiseade valik oli väga lihtne. Valitud oli LPG-süsteem. Võrreldes CNG-süsteemiga on LPG jaoks kergem varuosi soetada. Samas on LPG-tanklaid Eestis ja ELi riikides võrreldes CNG-tanklatega palju rohkem.

Viienda põlvkonna LPG-gaasiseadmed on üsna kallid ning mõistliku hinna- ja kvaliteedisuhtega seadet on keeruline leida. Neljanda põlvkonna LPG-gaasiseade juhtarvuti loeb mootori andurite signaale. Selle töö jaoks on vaja nukkvõlliasendi anduri, vāntvõlliasendi anduri, hapniku anduri signaale, et saada infot, ümber töödelda ja õigel ajal ja õige ajaks avada õige gaasipihusti. Valitud sõiduauto mootori küljes puudub vāntvõlliasendi andur. See tegi võimatuks neljanda põlvkonna gaasiseade paigalduse. Kolmanda põlvkonna süsteeme on praegu raske leida, samas on kolmanda põlvkonna gaasiseadmel palju gaasimagistraali torude ühendusi. See tegur põhjustab selle madalama töökindluse ja ohutuse.

Oli valitud teise põlvkonna gaasiseade, kuna see rahuldab tingimusi kõige paremini: on odav, töökindel, efektiivne. Samas ei nõua see lahendus vāntvõlliasendi andruri olemasolu.

7.2 Gaasiseade komponendid

- Gaasipaak on toroidkujuga 60 dm^3 . See mahub hästi varuratta asemele. Oli valitud nn sisemine balloon. See tähendab, et gaasitorud ühendatakse ballooni keskelt, mitte väljastpoolt. Vaatamata sellele, et paak on 60 dm^3 , on võimalik tankida seda 85-87% täis ehk 51-53 liitrit gaasi. Ülejäänud ruumala on mõeldud gaasi soojuspaisumiseks, et vältida selle paagi purunemist. Seda kogust piirab multiklapp.



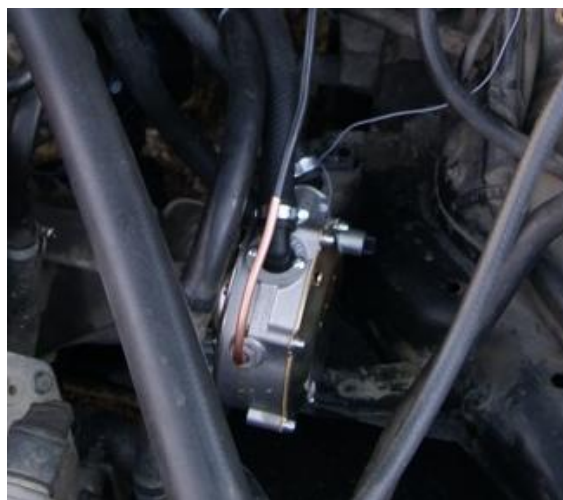
Sele 2: Paigaldatud gaasipaak

- Multiklapiks on Atiker class A. Selle klapi abil on kaasas tankimisseade. Multiklapi küljes on olemas avariiventil, elektromagnetiline klapp ja gaasikoguse näidik. See klapp sobib hästi meie kliimatingimustesse, on odav, kvaliteetne ja töökindel.



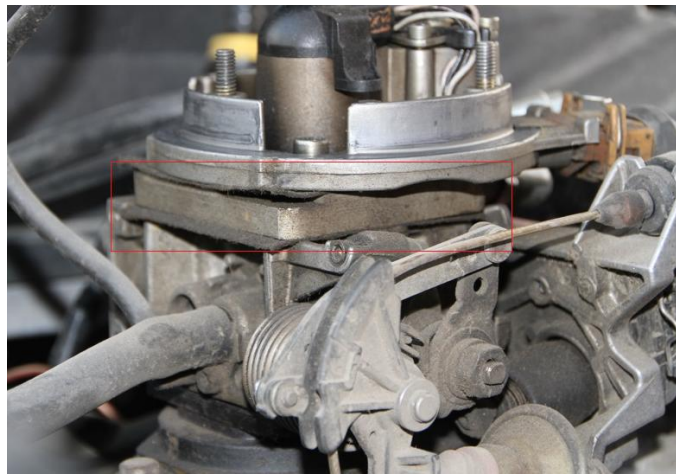
Sele 3: Multiklapp ja tankimisseade

- Gaasimagistralid on valmistatud vasest. Toru on 6 mm läbimõõduga ja kaetud kaitsva plastikrüüga. Tankimistoru on sama, vaid 8 mm läbimõõduga. Niimoodi on tehtud selleks, et tankimisprotsess oleks kiirem.
- Gaasireduktor oli valitud Tomassetto AT-07. See on üks levinumaid reductoreid. Kasutajate tagasiside on järgmine: töökindel, lihtsa ehitusega, kerge remontida ja seadistada, hea kvaliteedi ja hinna suhtega.



Sele 4: Gaasireduktor Tomassetto AT-07

- Gaasisegisti on spetsiaalselt konstrueeritud BOSCH monopritse jaoks, mis on kasutusel katseautol. See paigaldatakse pritsepea sisse, bensiinipihusti ja segusiibri vahele.



Sele 5: Paigaldatud gaasisegisti

- Juhtarvuti on Lecho V-max. See on üks odavamatest juhtplokkidest. Selle eeliseks on hapnikuanduri signaali ja pihusti emuleerimise võimalus. Hapnikuanduri signaali emuleerimine on tähtis selleks, et Audi OEM juhtarvuti ei läheks avariirežiimi ega muudaks süütenurka. Juhtarvutiga kaasas on gaasikoguse näidik, sisselülitamise nupp, sammumootor ja temperatuuriandur.



Sele 6: Juhtarvuti ja komponendid

- Süütenurga variaator. Peaaegu kõik süütenurga variaatorid kasutavad vāntvōlli ja nukkvōlliasendi andureid, kuid mõned töötavad ilma vāntvōlliasendiandurita. Valiti AEB 515N Puma süütenurga variaator. See seade paigaldatakse jagaja hallianduri signaaljuhtme

vahele. Süütenurga variaator kasutab segusiibriasendi ja hallianduri signaali ning saadab juhtarvutisse signaali mõni hetk varem (alates teisest signaalist).



Sele 7: Süütenurga variaator

7.3 Gaasiseade paigaldus

Gaasiseade paigaldati omal jõul ja pärast kontrolliti. Ka gaasiseade paigaldus oli ametlikult fikseeritud Maanteeameti poolt. Väljastati auto uus tehniline pass, kus lahtris “märkused” oli kirjutatud “lisaseade – gaasiseade”.

Tagati gaasipaagi ventileerimine, et vältida paagi roostetamist ja saavutada nõutav ohutus. Gaasi tankimisseade paigaldati sõiduautole väljastpoolt tagastange sisse. Gaasimagistraal paikneb auto põhja all. Auto põhja külge on see kinnitatud bensiinimagistraali klambritega. Samas välditi võimalikku gaasi sattumist sõitjateruumi gaasilekke korral. Gaasireduktor oli esialgu paigaldatud mootoriruumi vasakule poole, pärast paigaldati sisselaskekollektori lähedale. Selle asukoha muutmine oli tingitud liiga pika voolikuga reduktori ja segisti vahel. On lubatud kuni 1 m pikk voolik, aga mida pikem see on, seda aeglasem on mootori reaktsioon gaasipedaali vajutamisele. Selle vooliku vahele on paigaldatud sammumootor, mis piirab gaasi etteande. Juhtarvuti Lecho V-max ja süütenurga variaator olid paigaldatud auto OEM juhtploki kõrvale. Seal on olemas kõik vajalikud signaal- ja toitejuhtmed: pidev +12V, +12 V süüde, miinus, halliandur, hapnikuandur. Gaasiseade juhtarvuti ja süütevariaatori diagnostikakaablid on veetud keskkonsooli sisse.

7.4 Süsteemi töö põhimõtte

Tavaliselt auto käivitub bensiiniga, ainult siis, kui mootor soojaks läheb, lülitatakse gaasiseade sisse. Pannes süüte sisse, aktiveeritakse gaasiseade juhtaju. Gaasikoguse näidik näitab gaasi kogust. Gaasiseade juhtarvuti, Lecho V-Max mõõdab gaasireduktori temperatuuri. Ümberlülitamise temperatuuriks tehastest on seadistatud 40 °C. Seda temperatuuri on võimalik muuta gaasiseade diagnostika arvuti abil. Ei ole soovitatav seda sellest piirist lasta alla, sest külma gaasiga purustatakse reduktoris membraane. Soojendatakse gaasireduktorit jahutusvedelikuga. Selleks on ette nähtud sisse- ja väljavool. Reeglina gaasireduktorit pannakse soojendusradiaatoriga jadamisi jahutus ahelas. Temperatuuri 40 °C saavutamisel toimub gaaskütusele üleminek automaatselt – multiklapi elektromagneetiline klapp läheb lahti (juhul kui gaasi on üle reservi). Gaas hakkab voolama gaasireduktoris, kus on olemas ka elektromagnetiline klapp, mis on eelmisega paralleelselt ühendatud. Gaas sattub reduktori esimesse kambrisse, kus muudab oma agregaatolekut temperatuuri mõjul vedelast gaasiliseks. Sellest kambrist läbi tühikäigu kanali reguleerimiskruviga gaas voolab mootoris. Vajutades gaasipedaali, tekitab suurem hõrendus sisselaske kollektoris (samas ka segistis, etteande voolikus, gaasireduktori teises kambris). Seetõttu lähevad lahti esimese-teise reduktori kambri klapp ja teise väljavoo klapp. Need klapid on liigutatavad membraanidega, mis on tundlikud hõrendusele. Esimest klappi on vaja selleks, et vedelgaas ei sattuks teise kambrisse, kus on väga õrn membraan. Teises kambris alandatakse gaasi rõhku vajaliku tasemeni. Gaas voolab mootoris. Süütenurga variaator hakkab töötama gaasiseadmega kaasa. Süütenurga muudetakse varasemaks 4-8°. Gaas põleb aeglasemalt kui bensiin. Kui süütenurka ei muudetaks, hakkaks põlema osa gaasist väljalaske kanalites. See põhjustab suuremaid temperatuuri koormusi, jõu kadu ja suurt kütusekulu.

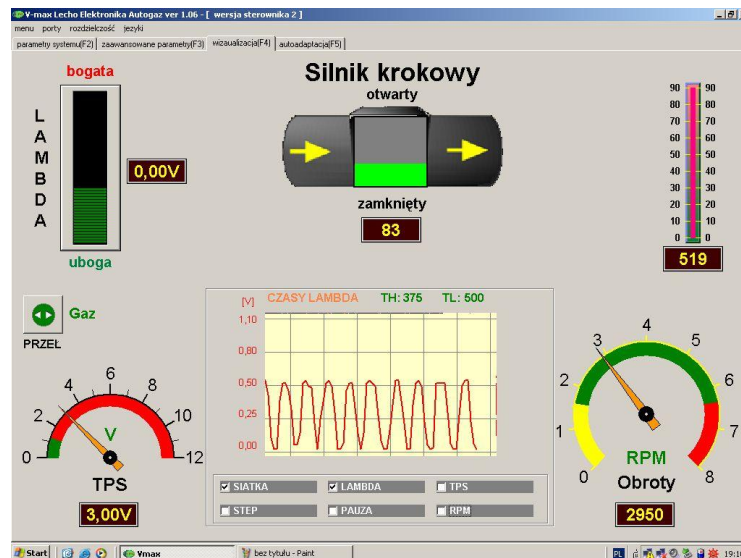
7.5 Gaasiseade seadistamine

Paigaldatud süsteem tuleb seadistada korrektse töö jaoks. Selleks on gaasireduktori küljes olemas 2 reguleerimiskruvi. Esimene, metallist kruvi on tühikäigu reguleerimiskruvi. Teine, plastikust, on tundlikkuse kruvi.

Kui mootor on soe ja gaasipaak on täis, töötab mootor gaasiga. Esialgu on vaja keerata lõpuni sisse mõlemad reguleerimiskruvid. Siis keeratakse tundlikkuse kruvi 7-8 pööret välja. Kui mootor sureb

välja, käivitatakse uuesti. Keeratakse tundlikkuse kruvi selle momendini, kui mootor hakkab ebakindlalt töötama. Siis keeratakse välja tühikäigu reguleerimiskruvi, et saavutada 900-950 pööret minutis. Esmane seadistamine on lõppenud. Auto ühendatakse LPG-diagnostikaseadmega.

Lõppseadistamine toimub arvuti abil. Lecho diagnostikaprogramm annab võimaluse seadistada süsteemi sisselülitamise temperatuur, sammumootori läbivool ja teha peen seadistus reduktori tundlikkusele.



Sele 8: Diagnostikaprogramm

Gaasireduktori tundlikkuse kruviga seadistatakse reduktor nii, et 3000 rpm juures lambda näit kõigub keskmise asendi juures, sama pilti on vaja saavutada ka tühikäigul teise reguleerimiskruviga. Sammu mootorit reguleeritakse nii, et sõiduauto kiirendaks samamoodi nagu mootoribensiiniga.

On väga tähtis vältida lahjasid segusid erinevatel mootorirežiimidel. Gaasi põlemistemperatuur on umbes 300 °C kõrgem kui bensiinil ja lahja seguga on see näit veel kõrgem. Sel juhul tekib tõsine mootori rikkumise oht.

Süütenurgavariaator seadistatakse arvutiga, omaette diagnostikaprogrammiga. See töötab nagu lüliti. Kui süsteem on sees, reguleerib programm automaatselt süüte varasemaks. Selles programmis on võimalik seadistada varasemat süütenurka, kuid on võimalik seda ka teatud pööretel muuta.

7.6 Gaasiseade legaliseerimine

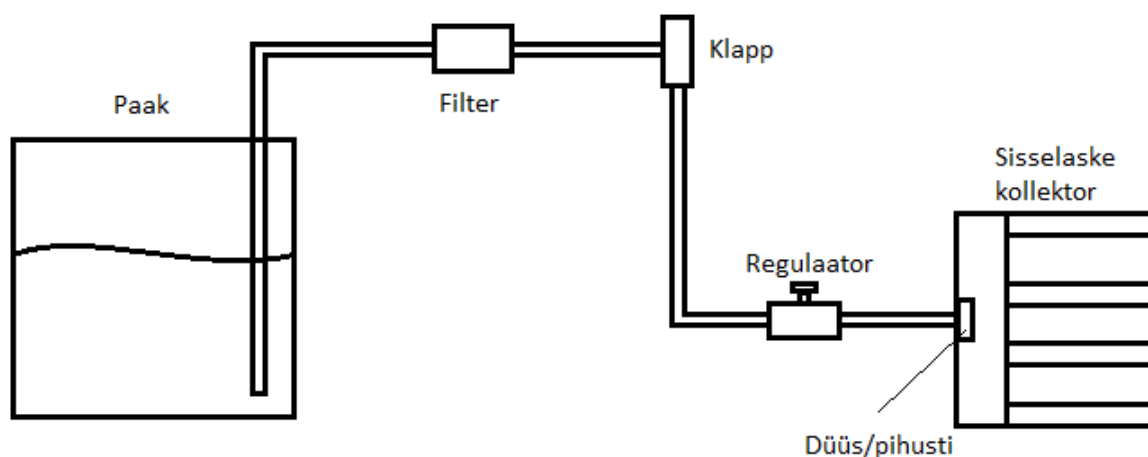
Pärast paigaldust on vaja gaasiseade legaliseerida. Seda on vaja teha sellepärast, et sõiduauto kütusesüsteemis oli teostatud ümberehitamine. Vastasel juhul esimesel kontrollimisel keelatakse selle auto kasutamine Eesti teedel. Gaasiseade registreerimisel maanteeametis on vaja esitada gaasiseade komponentide vastavussertifikaadid. Gaasiballoon, gaasireduktor, juhtarvuti, tankimisseade varustatakse alati sertifikaatidega. Gaasivoolikute peale peab olema kantud märgistus, mis lubab seda kasutada gaaside jaoks ja maksimaalne talutav surve. Vasemagistral peab olema veetud sõiduauto põhja alla turvalises kohas, kus pole võimalik seda rikkuda. Samas peab vasktoru olema kaetud plastik- või kummrüüga, et kaitsta välistingimuste eest. Pärast dokumentide esitamist läheb sõiduauto tehnöülevaatusele, kus kontrollitakse komponentide paigaldust ja otsitakse võimalikke gaasilekkeid. Gaasilekkeid otsitakse spetsiaalse seadmetega - nuusuriga.

Juhul kui kõik on korras, väljastatakse sõiduautole uut tehniline pass, kuhu on sisse kirjutatud „gaasiseade” lahtrisse märkused.



Sele 9: registreeritud gaasiseade

8. VEEPRITSESÜSTEEMI PAIGALDUS



Sele 10: Veepritsesüsteemi skeem

Sisselaske kollektori tagaseina on puuritud 2,5 mm läbimõõduga ava. Sisse liimitud düüs paikneb täpselt sisselaskekollektori elektrilise soojenduse elemendi keskel. Soojenduselement lülitatakse külmkäivitusel sisse, et kütus paremini aurustuks. Kui mootor on soe, saavutab soojenduselement 120 °C kolme minutiga. Hetkel kasutatakse seda elementi ka veepritsesüsteemi töötamise ajal. Selline temperatuur annab võimaluse aurustada vett sisselaskekollektoris. Juba aurustatud vesi sattub põlemiskambrisse.

Vee anumaks on kasutatud eelmise põlvkonna Audi 80 klaasipesu paaki mahuga 5 liitrit. Garaažist leitud elektromagnetklapp MEDIC lülitab veepritsesüsteemi välja. Tänu hõrendusele sisselaskekollektoris pole vaja vee jaoks lisapumpa kasutada.

Veetarve on leitud eksperimentaalselt: 1 l vett 100 km kohta. Kiirusel 100 km/t käivitatakse püsikiirusehoidja, Audi diagnostikaseadme VAS 12.12 ja ka veepritsesüsteem. Diagnostikaprogrammis on võimalik leida hetke kütusekulu. Veevoog oli seadistatud nii, et hetke kütusekulu oleks minimaalne.

9. VEEPRITSE KOOS GAASISEADMEGA

Esimesed katsed, kui sõiduauto mootor töötas korraga gaasi ja veega, olid kahtlased. Väga palju sõltus mootori pööretest. Mootor ei tahtnud korralikult töötada: värises ja mõnikord suri välja. Mootoribensiiniga seda efekti pole märgata. Süvenedes veepritsesüsteemi tööprintsipi, oletati, et vesi voolab sisselaskekollektori seinte kaudu silindritesse. Veepritsesüsteemi edu valem on korralik vee transpordimine mootorisse. Kui mootoribensiini kasutatakse koos veepritsesüsteemiga, ümbritsevad mootoribensiini tilgad veetilku ja neid. Sellises olekus satub segu põlemiskambrisse. LPG-gaasi agregaatolek ei võimaldanud seda moodust kasutada.

Vesi peab korralikult jõudma põlemiskambrisse. Siin on olemas mitu varianti.

- Esialgu võiks proovida pihustada vett. Selleks on vaja leida pihusti, mis ei korrodeeru veega kokku puutudes, veepump ja juhtarvuti. Juhtarvuti hakkab reguleerima pihusti lahtioleku aega. Uurides varuosade hindu, saab selgeks, et süsteem muutub niimoodi mõttetult kalliks: 40 eurot maksab pihusti, 50 eurot veepump + tarvikud + juhtarvuti + juhtarvuti tarkvara kirjutamine. Esmapilgul saab öelda, et hinnaks kujuneb 400-500 eurot. Need süsteemid on turul olemas ja nende hind algab 500 eurost.
- Teiseks tuleb panna vedüüs sisselaskekollektoris. Düüs on ühendatud roostevabast metallist paagiga. Paagi sisse pumbatakse õhku, et vett välja suruda mootorisse. Seega hakkab veepritse kvaliteet sõltuma õhurõhust, võimalik, et pärast mootori väljasuretamist voolab osa vett mootorisse. See rikuks mootori sisu mõne päevaga.
- Kolmadaks variandiks on vee aurustamine. Seda on vaja, et kasutada veepritsesüsteemi koos gaasiseadmega. Siin on olemas 2 võimalust:
 - Lisaseadmega keetmine.
 - Kasutada vaskspiraali, mis on keeratud väljalasketoru ümber.

Valiti kolmas variant. Vett hakkab aurustama küttekeha, mis on paigaldatud sisselaskekollektoris. Vanadel autodel nagu katseauto, ongi sisselaskekollektoris paigaldatud küttekeha.

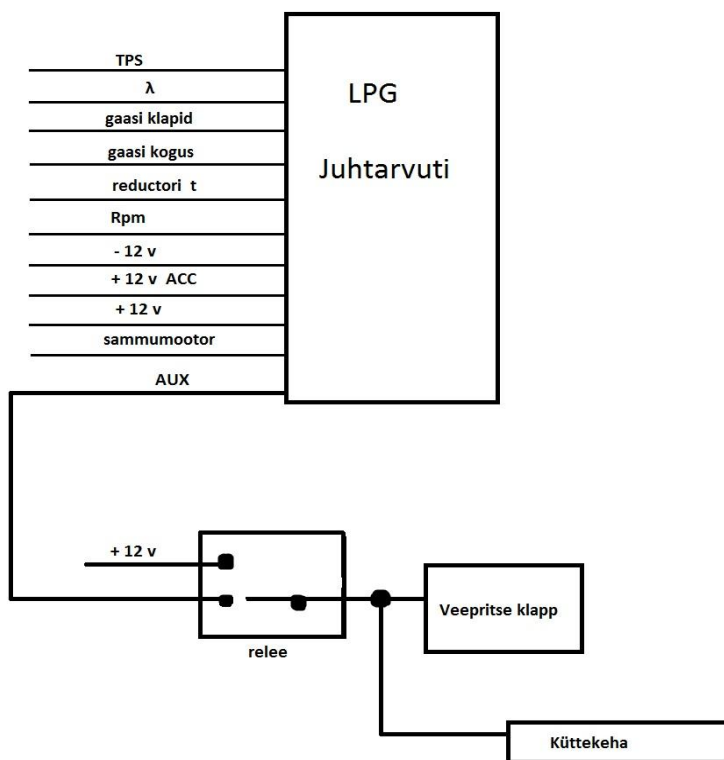


Sele 11: Sisselaskekollektori küttekeha

Selle seadme nuudide vahele paigaldati veedüüs. Küttekeha toiterelee oli ehitatud niimoodi ümber, et see hakkas töötama mitte ainult külmkäivitusel, vaid ka veepritsesüsteemi töötamise ajal. Seega saavutati mootori korrektne töö. Veedüüs paigaldati küttekeha alumisesse ossa ja tal on sellega kindel kontakt. Sisselaskekollektoris tuleb vesi juba kuumalt ja aurustub seal. Veeaur voolab põlemiskambris. Põlemiskambris, kui süttib kütus, laguneb veeaur hapnikuks ja vesinikuks. Segu hakkab põlema ja lükkab kolvi alla. Niimoodi saavutati mootori korrektne töö.

10. PAIGALDUSE ELEKTRISKEEM

Lecho V-Max juhtarvuti omab kaht programmeeritavat väljundit. Esimene on võetud kasutusele süütenurga variaatori käivitamiseks. See väljund töötab ainult siis, kui gaasiseade on sisse lülitatud. Teine väljud oli programmeeritud nii, et seal ilmub +12 V juhul, kui mootori pöörded on üle 2000 rpm ja mootor on saavutanud töötemperatuuri. Temperatuuriandur on gaasireduktori sees ja mõõdab jahutusvedeliku temperatuuri.



Sele 12: Elektriskeem

11. MAANTEEKATSED

Katsed toimusid sirgel teelõigul pikkusega 50 km Tallinn – Narva maanteel. Algpunktiks oli Haljala, lõpppunktiks oli peaaegu Kiiu. Stendikatsetest loobusin, kuna need ei anna reaalselt tulemust. Stendikatsete puhul ei arvestata õhutakistust, mis põhjustab kütusekulu tõusu. Kiiruseks oli valitud 90 kilomeetrit tunnis. Tavaliselt sõidetakse linnade vahel just sellise kiirusega.

11.1 Katsemetoodika

Sõiduauto mootorit soojendatakse töötemperatuurini. Käigu ümberlülitamine toimub 3000 rpm juures. Gaasipedaal vajutatakse alati põhja kuni 90 km/t kiiruse saavutamiseni. Siis käivitatakse püsikiiruse hoidja. Täpselt pärast 50 km läbimist auto seisatakse.

11.2 Katseseadmed

Katseseadmeks on sõiduauto, mis on varustatud veepritse- ja gaasiseadmega. Sõiduauto korralik odomeeter, et jälgida 50 km vahemaad. Mootori bensiinikulu arvestamiseks on ise valmistatud 5-liitrine kütusepaak, mille sisse on paigaldatud selle automargi jaoks valmistatud kütusepump. Paagist väljas on olemas ka kütusefilter. Kuna tegu on Mono-Motronic süsteemiga, siis kütuse rõhk on suhteliselt madal – ainult 4 bari. Pärast iga katsesõitu tühjendatakse paak mõõtesilindrisse. Veepaagile on peale kantud märgid alates 0.5 l kuni 4 l iga 0.5-liitrise sammuga. Gaasikulu arvestatakse ainult tankimise ajal Rakvere gaasitanklajaamas.

11.3 Ilmastikutingimused

Ilmastikutingimused mõjutavad sõiduauto kütusekulu väga oluliselt. Näiteks vihmase ilmaga tõuseb kütusekulu maanteel 10% võrra, talvel 10-15% võrra. Kõik ilmastikutingimused mõjutavad otseselt kütusekulu. Sisseimetava õhu temperatuuri mõõdab temperatuuriandur ja vastavalt näidule muudab kütuse kvaliteeti. Samas saadab ka välisõhurõhu andur signaali juhtarvutile. Mida kõrgem on õhurõhk, seda rohkem õhku mahub silindritesse, seda rohkem kütust on vaja sisse pritsida, et saavutada stöhhiomeetrilist segu, mille juures kütuse põlemine on optimaalne. Tuul mõjub otseselt sõidukile. Mida tugevan on tuul sõiduki liikumise vastassuunas, seda rohkem jõudu on vaja kasutada, et saavutada maantee kiirus. Pilvisus mõjutab kütusekulule kaudselt läbi õhutemperatuuri. [22]

Tabel 1

Ilmastikutingimused

Välisõhu temperatuur	12.3 °C
Tuul	4-7 m/s ida suund
Sademed	0%
Õhurõhk	1017.8 mmHg
Õhuniiskus	49%
Pilvisus	0%
Tajutav temperatuur	7.8 °C

12. MAANTEEKATSETE TULEMUSED

12.1 Mootoribensiin

Esmane katsesõit oli teostatud mootoribensiiniga.

Tabel 2

Mootoribensiini testi andmed

95 mootoribensiini hind	1.18 eurot/l
Pardaarvuti näit	6.8 l/100 km
Kasutatud mootoribensiini kütus	3.3 l
Tegelik kütusekulu	6.6 l/100 km
100 km hind	7.8 eurot

12.2 Mootoribensiin + vesi

Teine katsesõit oli teostatud veepritsesüsteemi ja mootoribensiini kasutades.

Tabel 3

Mootoribensiiniga ja veega tehtud katse andmed

95 mootoribensiini hind	1.18 eurot/l
-------------------------	--------------

Destilleeritud vee hind	0.24 eurot/l
Pardaarvuti näit	5.6 l/100 km
Kasutatud mootoribensiini kütus	2.5 l
Tegelik kütusekulu	5.0 l/100 km
Veekulu	0.5 l
Kulutatud vee hind	0.12 eurot
Kasutatud kütuse hind	2.95 eurot
100 km hind	6.14 eurot

12.3 Gaasikütus

Enne gaasikulu uurimist sai gaasiballoon Rakveres täis tangitud. Rakverest Haljallasse, katsete algpunkti liikus sõiduauto mootoribensiiniga. Soe mootor oli ümber lülitatud gaasikütusele. Pardaarvuti mõõdab pihusti lahtiolekuaega. Kuna pihusti ja kütusepumba toitejuhtme vahel oli paigaldatud relee, ei lähe pihusti lahti. Samas jätkab pardaarvuti impulsi mõõtmist.

Tabel 4

Gaasiga tehtud katse andmed

LPG gaasi hind	0.545 eurot/l
Pardaarvuti näit	7.8 l/100 km
Kasutatud gaasikütus	3.6 l
Tegelik kütusekulu	7.2 l/100 km
100 km hind	3.9 eurot

12.4 Gaasikütus ja veepritse

See on kõige innovatiivsem osa, kuna kuskil ei leidunud infot nende süsteemide koostööst. Tuli veenduda, et mootor on soe ja tankida gaasiballoon täis.

Tabel 5

Gaasi ja veepritsega tehtud katse andmed

LPG gaasi hind	0.545 eurot/l
Destilleeritud vee hind	0.24 eurot/l
Pardaarvuti näit	6.5 l/100 km
Kasutatud gaasikütus	3.0 l
Tegelik kütusekulu	6.0 l/100 km
Kasutatud vesi	0.5 l
Veekulu	1 l/100 km
Kulutatud vee hind	0.12 eurot
Kasutatud kütuse hind	1.64 eurot
100 km hind	3.52 eurot

12.5 100 km hind erinevate süsteemidega

Selles tabelis on peegeldatud 100 km hinnad erinevate kütuste kasutamisel.

Tabel 6

100 km hind erinevate kütustega

Kütus	100 km hind
Mootoribensiin	7.8 eurot
Mootoribensiin + veepritse	6.14 eurot
LPG	3.9 eurot
LPG + veepritse	3.52 eurot

Veepritsesüsteemi kasutamine mootoribensiiniga samal ajal on 21% odavam kui OEM-süsteemi kasutamine. Samas LPG-süsteemi kasutamine on 50% odavam. Veepritsesüsteemi ja LPG kasutamine samal ajal annab võimaluse säästa veel rohkem ehk kuni 55%.

13. SEAMETE HINNAD

13.1 Veepritse

Tabel 7

Veepritse komponendid

Nimetus	Hind
Paak	5 eurot
Ühendustarvikud	15 eurot
Reguleerimisklapp	2.5 eurot
Elektromagneetiline klapp	13 eurot
Düüs 0.4 mm ²	2.3 eurot
Kokku	37.8 eurot

Veepritse tasuvusaeg 37 päeva.

Aastane kokkuhoid 83 eurot.

13.2 Gaasiseade

Tabel 8

Gaasiseade komponendid

Nimetus	Hind
Gaasireduktor	4400 RUB = 80 eurot
Multiklapp	
Tankimisseade	
Gaasi magistraal	
Gaasiballoon	4000 RUB = 70 eurot
Süütenurga variaator	1200 UAH = 50 eurot
Juhtarvuti	50 eurot
Kokku	250 eurot

Gaasiseade tasuvusaeg on 110 päeva ehk 3 kuud ja 20 päeva.

Aastane kokkuhoid 730 eurot.

14. KOKKUVÕTE

Käesolevas lõputöös püstitatud probleem seisnes selles, et sõiduauto muutub liiklusvahendist luksusesemeks. Iga aastaga tõusev kütuse hind ja sõiduki keskmine läbisõit paneb tavalise kodaniku maksma iga aastaga rohkem kütuse eest, kuid palgad jäävad samale tasemele.

Selles töös näidati mõned võimalused, kuidas saab oma isikliku sõiduvahendi toitesüsteemi muuta, et säästa kütuseraha. Kasutusele võeti gaasiseade, mille kasutamist peetakse odavaks, ja veepritsesüsteem, mis ühelt poolt täiustab gaasiseadet ja lahendab selle probleemi, teiselt poolt annab veel kütuserahas võitu. Kokku annavad mõlemad süsteemid võimaluse vähendada oma kütusekulusid rohkem kui kaks korda. Enne täiustamist oli 100 km hind 7.8 eurot, pärast 3.52 eurot.

Projekti käigus teostati sõiduauto toitesüsteemis vajalikud muudatused. Töös on olemas kirjeldused ja lühitutvustused gaasiseadmest, selle komponentidest, komponentide vajadusest ja terve süsteemi tööpõhimõttest. Samuti seletatakse selles töös, kuidas on võimalik kasutada tavalist vett energiaallikana.

Maanteekatsete käigus selgus, et võrreldes algse seisuga on toitesüsteemi täiustamisega saavutatud materiaalne sääst 55%. Tulemus 3.52 eurot/100 km on väga madal ja odav. Sellist tulemust ei saavuta isegi väikeauto klassi kuuluva diiselmootoriga sõidukiga. Nüüd saab auto tagasi oma eesmärgi: auto on liiklusvahend, mitte enam luksuses.

15. SUMMARY

In today's world the most important feature of vehicle is fuel consumption. Just think, 20 years ago 1l of gasoline was available at 0.002% of citizen's average salary. Nowadays it has increased by 9 times. Moreover we use personal vehicle more often. This demands car manufacturers design more economical engines. However a few of them can show us average fuel consumption, which is less than 8 l/100km.

The problem brought up in this diploma work is that nowadays personal vehicle is no more means of transport, but luxury. Every year the price of fuel rises. Usual citizen pay over 25% of his salary to by fuel for his car.

Here are shown possible solutions how you can improve a fuel system of your car to pay less for fuel. One of the ways is to install a gas equipment for the car. It is supposed, that gas equipment is one of the most efficient ways to solve this problem. In this work you will realise what are the main components of gas equipment, how it works. Moreover, you will see, how you can use water and water injection system to decrease your expenses for fuel. If both systems work together, they can show incredible result. You can save 55% of your cash. This means, that in case of this test car, driving 100km costs 7.8€. After fuel system improvement it will cost only 3.52€ for the same distance.

During this project some changes were made in the fuel system of test car. You can find here the information about how gas equipment work, what are the components of gas equipment and why they are so important. In addition, you will find how you can use water as a source of energy for your car.

All in all the result of this work can afford less wealthy segment of population to use personal vehicle considering the fact, that the purchasing of fuel can be decreased 55%.

16. KASUTATUD ALLIKAD

- [1] „www.autogas.com.ua,” МРИЯ Импэкс, [Võrgumaterjal]. Available: <http://autogas.com.ua/chem-szhizhennyj-i-prirodnyj-gaz-lpg-cng-luchshe-benzina/>. [Kasutatud 02. aprill, 2015].
- [2] „citroens-club.ru,” Citroen foorum, [Võrgumaterjal]. Available: <http://citroens-club.ru/forum/index.php?showtopic=2689&page=9>. [Kasutatud 02. Aprill, 2015]
- [3] „Автомобильные газовые топливные системы,” Золотницкий В., Moskva: АСТ [Raamat]., 2007 [Kasutatud 02. Aprill, 2015]
- [4] „gastrade.ru,” Воталиф Газтрейд , [Võrgumaterjal]. Available: <http://gastrade.ru/8-oil/20-lpg-lpg>. [Kasutatud 02. Aprill, 2015]
- [5] „www.auto-uch.info,” Учебный центр автомобилиста, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.auto-uch.info/>. [Kasutatud 11, Mai, 2015]
- [7] „secgas.com,” Secgas, [Võrgumaterjal]. Available: <http://secgas.com/docs/chto-takoe-lpg-sng-szhizhennyj-neftyanoj-gaz/>. [Kasutatud 04. Aprill, 2015]
- [8] „drive2.ru,” DRIVE2, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.drive2.ru/b/446869/>. [Kasutatud 04. Aprill, 2015]
- [9] „www.nanoprotech.ru,” ООО «Инновационные Технологии», [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.nanoprotech.ru/clauses/avtomobil/plyusy-i-minusy-gazoballonogo-oborudovaniya-dlya-.html>. [Kasutatud 07. Aprill, 2015]
- [10] „svpressa.ru,” Свободная пресса, [Ajaleht]. Available: <http://svpressa.ru/issue/news.php?id=95989>. [Kasutatud 20. Aprill, 2015]

- [11] „autoeco.info,” Сайт о «зеленых» автомобилях, [Võrgumaterjal]. Available: <http://autoeco.info/hymet.php>. [Kasutatud 020. Aprill, 2015]
- [12] „reolagaas.ee,” AS Reola Gaas, [Võrgumaterjal]. Available: <http://reolagaas.ee/vedelgaasist>. [Kasutatud 23. Aprill, 2015]
- [13] „cngas.ru,” ООО «Ростовская автомобильная газово-сервисная компания», [Võrgumaterjal]. Available: http://cngas.ru/produkty/dual_fuel/. [Kasutatud 23. Aprill, 2015]
- [14] „gazodizel.in.ua,” ООО "ДизельГаз", [Võrgumaterjal]. Available: <http://gazodizel.in.ua/about.php>. [Kasutatud 04. Aprill, 2015]
- [15] „ua-hho.do.am,” Сообщество системы свободной энергии", [Võrgumaterjal]. Available: http://ua-hho.do.am/index/vprysk_vody_v_dvs/0-27. [Kasutatud 23. Aprill, 2015]
- [16] „new-energy21.ru,” КБ «Нитрон», [Võrgumaterjal]. Available: <http://new-energy21.ru/ustroystva-ekonomii-benzina/sistema-vpryiska-vodyi-v-dvigatel-vnutrennego-sgoraniya-avtomobilya.html>. [Kasutatud 02. Mai, 2015]
- [17] „www.drive.ru,” Драйв", [Ajakiri]. Available: <http://www.drive.ru/news/bmw/54ddc42d95a656e12a000068.html>. [Kasutatud 02. Mai, 2015]
- [18] „www.ecotuning.com.ua,” Экотюнинг", [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ecotuning.com.ua/ecomax.php>. [Kasutatud 02. Mai, 2015]
- [19] „zaryad.com,” Проект Заряд", [Võrgumaterjal]. Available: <http://zaryad.com/2011/02/27/generator-vodoroda-putem-oslableniya/>. [Kasutatud 04. Mai, 2015]
- [20] „gazmap.ru,” Помощь в мире ГБО", [Võrgumaterjal]. Available: <http://gazmap.ru/dopolnitel-noe-oborudovanie/variator-uoz/>. [Kasutatud 04. Mai, 2015]
- [21] „„autopeople.ru ", [Võrgumaterjal]. Available: <http://autopeople.ru/ttx/audi/audi80/?mf=13404/>. [Kasutatud 04. Mai, 2015]
- [22] „„ilmateenistus.ee",ilmastik [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/vaatlusandmed/>. [Kasutatud 11. Mai, 2015]

[23] „,„www.manwb.ru ",Новый Акрополь, Человек без границ [Võrgumaterjal, ajakiri]. Available: http://www.manwb.ru/articles/science/natural_science/Resonans_NatAdnoral/. [Kasutatud 11. Mai, 2015]

[24] „,„www.waterpoweredcar.com ",Water Powered Car; Stan Mayer biography [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.waterpoweredcar.com/stanmeyer.html>. [Kasutatud 11. Mai, 2015]