

rezultatais, į degųjų mišinį tiekiant HHO dujas variklio šiluminis efektyvumas išaugo iki 10 %, degalų sąnaudos sumažėjo iki 34 %, o NO_x, CO ir CH dujų koncentracija sumažėjo atitinkamai iki 15 %, 18 % ir 14%.

2/3 HHO dujų, iš vandens išgautų elektrolizės būdu, tūrio sudaro vandenilis (Rimkus, 2013). Lyginant su kitais degalais vandenilio (H₂) ir oro mišinio užsiliepsnojimo ribos yra labai plačios (1 lentelė). Atsižvelgiant į šią savybę galima teigti, kad H₂ gali degti vidaus degimo variklyje esant skirtingiems degalų – oro mišinio santykiams. Tad naudojant vandenilį galima liesinti degųjų mišinį ir pasiekti didelę ekonomiją bei pilnesnį degimą. Taip pat galutinio degimo temperatūra yra mažesnė, todėl sumažėja išsiskiriančių azoto oksidų kiekiai. H₂ užsiliepsnojimui reikia apie šešis kartus mažiau energijos palyginus su benzinu, todėl tai ir leidžia uždegti labai liesus vandenilio ir oro mišinius VDV ir užtikrinti greitą degimą.

1 lentelė

Degalų savybės

Fizinės ir cheminės savybės	Degalai	Benzinas A98	Degalai E85	Vandenilis
Žemutinis šilumingumas H_z , MJ/kg		43,5	29,2	120
Tankis ρ , kg/m ³ prie $t = 0^\circ\text{C}$ ir $p = 0.1$ MPa		~750	785	~0,09
Santykinis tankis palyginus su oru		~577	~600	~0.0695
Pagrindinių elementų sudėtis pagal masę, %		86 C, 14 H	57 C, 13 H, 30 O	100 H
Virimo temperatūra, $^\circ\text{C}$		95	78	-253
Užsiliepsnojimo temperatūra, $^\circ\text{C}$		300...400	~360	~560
Užsiliepsnojimo energija, mJ		0,25	*	0,02
Oktaninis skaičius (tiriamuoju būdu) RON		98	106	90
Liepsnos sklidimo greitis, m/s		~0,3	~0,5	~2,7
Oro kiekis, reikalingas sudeginti 1 kg degalų, kg/kg		14,7	10	34,5
CO ₂ dujų emisija, g/MJ degalų		71,9	71,7	0
Oro – degalų mišinio degimo ribos, λ		0,3...1,5	0,3...1,7	0,14...9,85
Difuzijos koeficientas, cm ² /s		0,08	-	0,63

* Degalų savybės priklauso nuo angliavandenilių procentinės dalies ir tipo.

Šaltinis: Jučas, 1992; Gupta, 2009; Surygala 2008

Deja, maža energija reikalinga užsiliepsnojimui sukelia ir problemų. Vandenilio ir oro mišinys gali užsiliepsnoti cilindre nepageidaujamu metu net paveiktas karštų dujų ar karštų cilindro sienelių. Šios problemos sprendimas įgalintų plačiau naudoti vandenilį VDV. Nepageidaujamo H₂ dujų užsiliepsnojimo sąlygos gali būti išspręstos naudojant degiojo mišinio skiedimo metodus pvz.: išmetamųjų dujų recirkuliacijos (EGR) arba mišinio maišymo su inertinėmis dujomis – heliu, azotu arba vandens įpurškimu (Roy et al., 2010).

Bioetanolio naudojimo transporte tyrimų apžvalga. Kitas būdas, mažinantis žalingą deginių poveikį aplinkai, sukeltą šiltnamio efektą, ir mažinantis energetinę priklausomybę nuo naftinės kilmės degalų, yra benzino ir bioetanolio (pagaminto iš atsinaujinančių energijos šaltinių – biomasės) mišinio naudojimas. E85 (85 % bioetanolio + 15 % benzino), palyginus su benzinu, turi didesnę tankį, didesnę oktaninę skaičių, tačiau mažesnę žemutinį šilumingumą, todėl maksimali degimo temperatūra ir slėgis cilindre yra mažesni (1 lentelė). Degdamas E85 sumažina CO, CH, CO₂ variklio emisiją, nes juose mažesnis C/H santykis ir yra 30 % deguonies (Janulis ir kt., 2005). Kiti autoriai taip pat pastebi, kad naudojant bioetanolį, pagamintą iš atsinaujinančių energijos šaltinių, žymiai sumažėja ir NO_x emisija. Taip pat pastebimas CO, CH sumažėjimas. Bioetanolis ženkliai sumažina, nepilno degimo produktų koncentraciją, CO₂ emisiją (Šimėnas, 2003). Tačiau nėra išsamių tyrimų, analizuojančių etanolio ir vandenilio priedo įtaką variklių rodikliams.

Tyrimo tikslas – ištirti vandenilio H₂ ir bioetanolio (E85) degalų įtaką kibirkštinio uždegimo (KU) variklio rodikliams.

Tyrimo uždaviniai:

4. Apžvelgti mokslinius tyrimus, nagrinėjančius HHO ir bioetanolio įtaka KU variklių veikimo rodikliams.

5. Atlikti KU variklio veikimo rodiklių eksperimentinius tyrimus keičiant HHO koncentraciją degalų mišinyje ir naudojant benziną bei E85 degalus.

6. Atlikti HHO dujų priedo naudojimo KU variklyje, veikiančiame benzinu bei E85 degalais, eksperimentinių tyrimų rezultatų analizę ir pateikti moksliskai pagrįstas apibendrintas išvadas.

Tyrimo įranga ir metodika

HHO dujų panaudojimo efektyvumas tirtas automobilio Honda Civic KU variklyje D14A3 (2 lentelė). Automobilis bandomas traukos stende MAHA LPS 2000. Degalų sąnaudų įvertinimui naudotas automobilio maitinimo sistemoje sumontuotas elektroninis degalų sąnaudų matuoklis AIC – 1304, kurio paklaida

$\pm 0,5 \%$. CO, CO₂, CH, NO_x koncentracijai deginiuose ir λ parametro matavimui naudojamas išmetamųjų dujų analizatorius AVL DiCom 4000.

2 lentelė

Honda Civic variklio techniniai rodikliai

Rodiklis	Variklis	D14A3
Variklio tipas		Kibirkštinis uždegimas
Oro tiekimas		Atmosferinis
Degaus mišinio ruošimo būdas		Degalų įpurškimas į įsiurbimo kolektorių
Cilindrų skaičius		4
Darbinis tūris V_H , cm ³		1396
Suslėgimo laipsnis, ϵ		12,5 (padidintas)
Variklio galia P_e , kW		114 (6300 min ⁻¹)
Sukimo momentas M_e , Nm		141 (4800 min ⁻¹)
Cilindro skersmuo D , mm		75
Stūmoklio eiga S , mm		79
Dujų skirstymas		OHC

Šaltinis: Honda Civic variklio D14A3 techniniai rodikliai

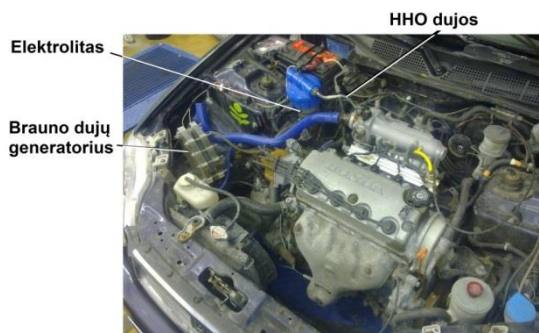
3 lentelė

Variklio apkrovos stendo techniniai rodikliai

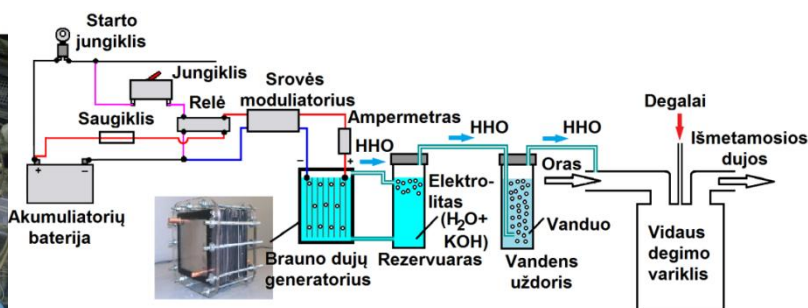
Rodiklis	Įrenginys	Automobilio traukos stendas MAHA LPS 2000
Apkrovos įrenginys		Elektromagnetinis sukurinių srovių stabdys
Ašies apkrova, t		2,5
Didžiausias matavimo greitis, km/h		260
Maksimali matuojama apkrova, kN		6 (traukos jėga)
Didžiausia stendo stabdymo galia, kW		260
Matavimo paklaida		± 2

Šaltinis: Automobilio traukos stendo MAHA LPS 2000 techniniai rodikliai

Bandomame automobilyje sumontuota HHO dujų gamybos sistema (1 pav.). Automobilio elektros tinklo įtampa yra ≈ 14 V ir šios įtampos pakanka maitinti sekciją sudarytą iš septynių nuosekliai išdėstytų elektrolizės elementų, kurių kiekvienam tenka ≈ 2 V įtampa (2 pav.). Prie kraštinių sekcijos plokštelių prijungiama maitinimo įtampa, o tarp jų yra šešios neutralios elektrodų plokštelės. Visos elektrodų plokštelės yra 0,8 mm storio ir pagamintos iš nerūdijančio plieno 316 L. Vienos plokštelės aktyvus plotas yra 0,0144 m², suminis sekcijos aktyvus plokštelių plotas 0,1 m². Plokšteles skiria 1,5 mm storio tarpinės pagamintos iš šarmams ir rūgštims atsparios gumos. Bandymų metu KOH koncentracija elektrolite 4 %. Įrenginyje sumontuotos penkios analogiškos sekcijos ir siekiant reguliuoti HHO dujų gamybos našumą keičiamas veikiančių sekcijų kiekis. Pagamintos dujos tiekiamos tiesiai į įsiurbimo kolektorių.



1 pav. Honda Civic automobilyje sumontuotas HHO dujų generatorius
Šaltinis: sudaryta autorių



2 pav. HHO dujų gamybos sistema
Šaltinis: sudaryta autorių

HHO dujose vandenilio ir deguonies dujų tūrio santykis 2 : 1. Iš 1 kg vandens pagaminama ≈ 1240 l vandenilio ir ≈ 620 l deguonies dujų mišinio, kurių bendras tūris ≈ 1860 l. Prie $p = 0,1$ MPa slėgio ir $T = 0^\circ\text{C}$ temperatūros deguonies dujų tankis $\rho_{O_2} = 1,43$ kg/m³, vandenilio tankis $\rho_{H_2} = 0,09$ kg/m³, HHO dujų tankis $\rho_{HHO} = 0,54$ kg/m³. Viename litre HHO dujų yra 0,67 l H₂ dujų, kurių masė $m_{H_2/l} = 0,06$ g ir O₂ dujų, kurių masė $m_{O_2/l} = 0,48$ g (Rimkus, 2013). HHO dujų generatoriaus naudingumo koeficientas:

$$\eta_{HHO} = \frac{E_{H_2}}{E_{el.}}, \quad (1)$$

čia $E_{el.}$ – litrai HHO dujų pagaminti sunaudotas elektros energijos kiekis, J:

$$E_{el.} = \frac{U \cdot I \cdot t}{Q_{HHO}}, \quad (2)$$

čia U – elektros įtampa kurią naudoja elektrolizės įrenginys, V; I – vartojamas elektros srovės stipris, A; t – elektrolizės įrenginio veikimo laikas, s; Q_{HHO} – per laiką t pagamintas HHO dujų kiekis, l.

$$E_{el.} = \frac{12,75 \cdot 37 \cdot 60}{2,3} = 12306 \text{ J.}$$

E_{H_2} – šiluminės energijos kiekis, kurį degdamas gali išskirti 1 litre HHO dujų esantis vandenilis, J:

$$E_{H_2} = H_{z.H_2} \cdot m_{H_2/l}, \quad (3)$$

čia $H_{z.H_2}$ – vandenilio žemutinis šilumingumas, $H_{z.H_2} = 120 \text{ MJ/kg}$.

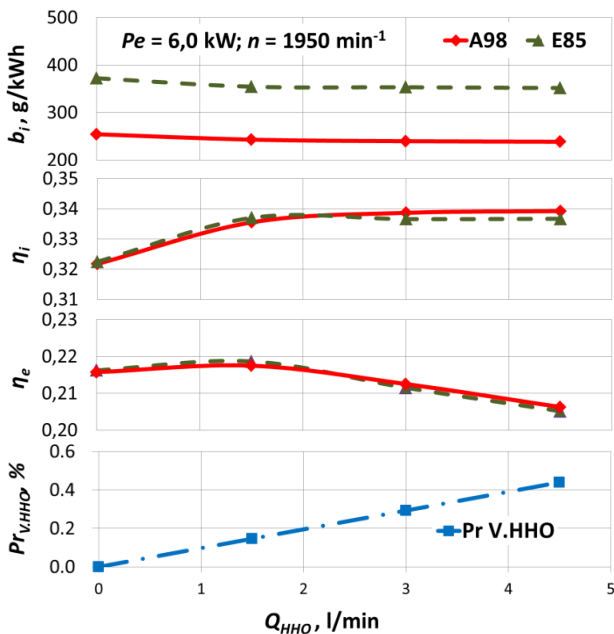
$E_{H_2} = 7200 \text{ J}$; $\eta_{HHO} \approx 0,6$. Likusi elektros energijos dalis HHO dujų generatoriuje pavirsta į šilumą.

Automobilio Honda Civic bandomas pastoviu $v = 50 \text{ km/h}$ greičiu, kas būdinga važiuojant mieste. Automobiliui važiuojant šiuo pastoviu greičiu lygiame kelyje, jį veikia 5,5 kW suminė riedėjimo pasipriešinimo ir oro pasipriešinimo apkrovos galia. Šią apkrovą varantiesiems automobilio ratams sukuria traukos stendo elektromagnetinis stabdys. Įvertinus transmisijos nuostolius, varikliui tenka $P_e = 6,0 \text{ kW}$ apkrova. Variklio veleno sukimosi dažnis $n = 1950 \text{ min}^{-1}$. Bandymai atliekami varikliui veikiant benzinu A98 bei degalais E85 ir keičiant papildomai tiekiamų HHO dujų kiekį (0 l/min, 1,5 l/min, 3 l/min ir 4,5 l/min).

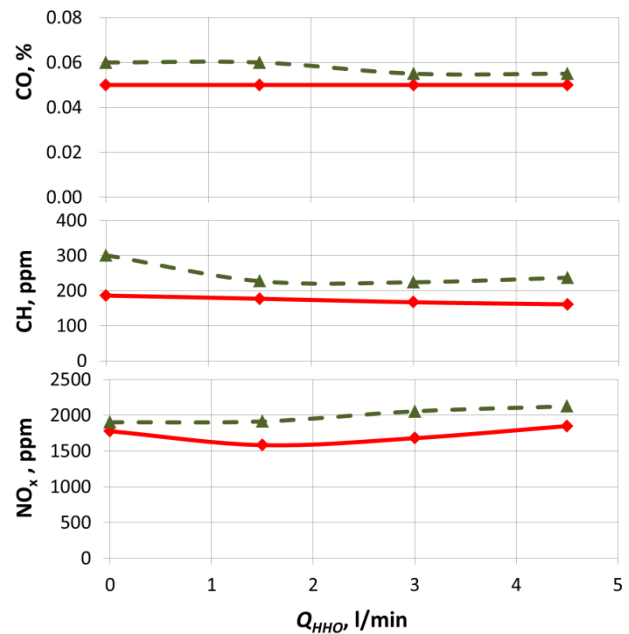
Siekiant maksimalaus energetinio efektyvumo ir įvertinant, kad vandenilis užtikrina lieso mišinio degimą, atlikus variklio elektroninio valdymo algoritmo korekciją, nustatytas liesas degusis mišinys ($\lambda = 1,35$). Uždegimo paskubos kampas sumažintas nuo 30° prieš viršutinį galinį tašką (pVGT) iki 20° pVGT.

Ekspimentiniai tyrimai ir jų rezultatų analizė

Į degalus A98 ir E85 papildomai tiekiant HHO dujas Q_{HHO} nuo 0 l/min iki 4,5 l/min, HHO koncentracija įsiurbiamame ore $Pr_{V.HHO}$ kinta nuo 0 iki 0,44 % (3 pav.).



3 pav. HHO dujų įtaka energetiniams rodikliams (b_i , η_i , η_e) varikliui veikiant 6 kW apkrova
Šaltinis: sudaryta autorių



4 pav. HHO dujų įtaka ekologiniams rodikliams (CO, CH₄, NO_x) varikliui veikiant 6 kW apkrova
Šaltinis: sudaryta autorių

3 paveiksle matome, kad HHO kiekį didinant nuo 0 iki 4,5 l/min indikatoriniai energetiniai variklio rodikliai gerėja. Naudojant A98 degalus lyginamosios indikatorinės degalų sąnaudos b_i mažėja nuo 254 g/kWh iki 238 g/kWh (6,3 %), o indikatorinis naudingumo koeficientas auga η_i nuo 0,322 iki 0,339 (5,0 %). Varikliui veikiant E85 degalais b_i mažėja nuo 372 g/kWh iki 351 g/kWh (5,6 %), o η_i auga nuo 0,322 iki 0,337 (4,7 %). Tačiau, įvertinus Brauno dujų gamybos ir panaudojimo VDV energetinį efektyvumą, nustatyta, kad, efektyviesiems rodikliams HHO dujos, viršijus optimalų jų tiekiamą kiekį, turi neigiamą įtaką. Varikliui veikiant E 85 degalais ir padidinus HHO dujų kiekį nuo 0 l/min iki 1,5 l/min, variklio efektyvusis naudingumo koeficientas η_e neženkliai išauga (nuo 0,216 iki 0,219), tačiau papildomai tiekiamų dujų kiekį didinant iki 4,5 l/min η_e mažėja iki 0,205 (6,4 %). Tiriamam KU varikliui veikiant nustatytu režimu, optimalus Brauno dujų kiekis $Q_{HHO} \approx 1,5 \text{ l/min}$ sudaro $Pr_{V.HHO} \approx 0,15 \%$ įsiurbiamo oro tūrio. Brauno dujose esančio vandenilio masė, tenkanti vienam darbo ciklui $m_{c.H_2} \approx 0,023 \text{ mg/cikl}$. Varikliui veikiant A98 degalais, degalų masė tenkanti ciklui $m_{c,d} = 9,65 \text{ mg/cikl}$. ir vandenilio masė sudaro

$Pr_{m. H_2} \approx 0,24$ % degalų masės. Varikliui veikiant E85 degalais $m_{c.d} = 14,07$ mg/cikl., vandenilio masė sudaro $Pr_{m. H_2} \approx 0,17$ % degalų masės.

4 paveiksle matome, kad varikliui veikiant A98 degalais ir HHO kiekį didinant nuo 0 iki 4,5 l/min, CH koncentracija tolygiai mažėja nuo 196 ppm iki 161 ppm (18 %). Naudojant E85 degalus, HHO kiekį padidinus nuo 0 iki 1,5 l/min, CH koncentracija sumažėja nuo 301 ppm iki 227 ppm (24,5 %). Degalų degimo kokybė gerėja, nes vandenilis pakelia degimo temperatūrą, liepsnos frontas geriau pasiekia degimo kameros periferiją. Didinant HHO dujų kiekį nuo 1,5 l/min iki 4,5 l/min, CH koncentracija nežymiai auga, nes HHO dujų gamybai sunaudojama energija didina degalų sąnaudas, mažėja oro pertekliaus koeficientas. CO kiekiui deginiuose tai daro nedidelę įtaką, nes, esant paliesintam mišiniui, CO koncentracija išmetamosiose dujose yra maža ir neviršija 0,06 %.

Didinant HHO dujų tiekimą 0 iki 1,5 l/min, NO_x koncentracija išmetamosiose dujose mažai kinta, o tiekiant Brauno dujų nuo 1,5 l/min iki 4,5 l/min – išauga, nes didėja degalų degimo intensyvumas ir temperatūra. Šilumos išsiskyrimą didina aukštesnė vandenilio degimo temperatūra ir tai, kad HHO dujų gamybai variklis naudoja daugiau degalų. HHO kiekį padidinus nuo 1,5 iki 4,5 l/min, naudojant A98 degalus, NO_x koncentracija padidėja nuo 1582 ppm iki 1850 ppm (16,9 %), naudojant E85 degalus nuo 1914 ppm iki 2125 ppm (10,8 %). NO_x koncentracija deginiuose yra aukšta ir dėl perteklinio deguonies kiekio esant paliesintam mišiniui.

Išvados

Atlikus automobilio, važiuojančio 50 km/h greičiu, kibirkštinio uždegimo variklio, veikiančio liesais mišiniais ($\lambda = 1,35$) ir naudojant benziną bei E85 degalus, esant papildomam H₂ ir O₂ (HHO) dujų mišinio tiekimui, eksperimentinių tyrimų analizę nustatyta, kad:

1. Didinant HHO dujų tiekimą nuo 0 l/min iki 4,5 l/min, HHO koncentracija įsiurbiamame ore kinta nuo 0 iki $\approx 0,44$ %. Vandenilis HHO dujose sudaro 2/3 tūrio.

2. Variklyje, vietoje degalų A98 panaudojus degalus E85 ir 1,5 l/min HHO dujų (HHO sudaro $\approx 0,15$ % įsiurbiamo oro tūrio bei vandenilio masė sudaro $\approx 0,17$ % degalų masės), variklio efektyvus naudingumo koeficientas išauga iki 2%. Didinant HHO tiekimą energetinis variklio efektyvumas mažėja.

3. Naudojant A98 bei E85 degalus ir papildomai naudojant 1,5 l/min HHO dujų, CH koncentracija deginiuose sumažinama atitinkamai nuo 196 ppm iki 161 ppm (≈ 18 %) ir nuo 301 ppm iki 227 ppm ≈ 24 %, nes vandenilis pagerina degimo procesą.

4. CO emisijai deginiuose HHO turi nedidelę įtaką, nes, esant paliesintam mišiniui, CO koncentracija išmetamosiose dujose yra maža ir neviršija 0,06 %.

5. Didinant HHO dujų tiekimą 0 iki 1,5 l/min, NO_x koncentracija išmetamosiose dujose mažai kinta, o tiekiant Brauno dujų nuo 1,5 l/min iki 4,5 l/min – išauga, nes didėja degalų degimo intensyvumas ir temperatūra. NO_x koncentracija yra aukšta ir dėl perteklinio deguonies kiekio.

6. Siekiant pagerinti variklio ekonominius ir ekologinius rodiklius, reikia tęsti tyrimus plačiame variklio veikimo diapazone, keičiant į variklį tiekiamą HHO dujų kiekį, optimizuojant uždegimo paskubos kampą ir mišinio sudėtį.

Literatūra

- Dulger Z.; Ozelik, K. R. 2000. Fuel economy improvement by on-board electrolytic hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy* 25: 895–897.
- EL-Kassaby, M. M.; Eldrainy, Y. A.; Khidr, M. E.; Khidr, K. I. 2016. Effect of hydroxy (HHO) gas addition on gasoline engine performance and emissions, *Alexandria Engineering Journal* 55: 243–251.
- Europos Komisija. *Baltoji knyga*. 2011. Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas. Briuselis: 28–31.
- Europos Komisija. Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui. 2013. Transportui – švari energija. *Europinė alternatyviųjų degalų strategija*. Briuselis, 24 COM (2013) 17 final.
- Fossil fuels*/edited by Robert Curley. Published in 2012 by Britannica Educational Publishing. ISBN 978–1–61530–540–7 (eBook). 142 p.
- Gupta R, B. 2009. *Hydrogen fuel: production, transport, and storage*. Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4200-4575-8. 601 p.
- Janulis, P.; Markevičienė, V. 2004. *Biodegalų ir bioalyvų naudojimas Lietuvoje*, 132 p.
- Jučas, P. 1992. *Degalai ir tepalai: Chimotologija*. Vilnius: Mokslas, 256 p.
- Lee, S.; Speight, J. G.; Loyalka, S. K. 2007. *Handbook of alternative fuel technologies*. Taylor & Francis Group. ISBN-13: 978-0-8247-4069-6. 523 p.
- Momirlan, M. and Veziroglu, T. N. 2005. The properties of hydrogen as fuel tomorrow in sustainable energy system for a clean planet, *International Journal of Hydrogen Energy* 30: 795–802.

36. Musmar, S, A. and Al-Rousan, A. A. 2011. Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines, *Fuel* 90: 3066–3070.
37. Rimkus A. 2013. *Vidaus degimo variklio darbo efektyvumo didinimas panaudojant Brauno dujas*, Vilnius: Technika, 2013. 156 p.
38. Roy, M. M.; Tomita, E.; Kawahara, N.; Harada, Y., Sakane, A. 2010. An experimental investigation on engine performance and emissions of a supercharged H₂–diesel dual-fuel engine, *International Journal of Hydrogen Energy* 35: 844–853.
39. Šimėnas, J. 2003. *Etanolis. Naujas kuras šaliai ir piliečiams*. 48 p.
40. Surygala, J. *Wodorod jako paliwo*. Warszawa: Wydawnictwa naukowo-techniczne, 2008, 177 p. ISBN 978-83-204-3457-6.
41. Wang, S.; Ji, C.; Zhang, J.; Zhang, B. 2011. Comparison of the performance of a spark-ignited gasoline engine blended with hydrogen and hydrogenoxygen mixtures, *Energy* 36: 5832–5837.
42. Whiete, C. M., Steeper, R. R.; Lutz, A. E. 2006. The hydrogen-fueled internal combustion engine: a technical review, *International Journal of Hydrogen Energy* 31:1292–1305.

IMPROVEMENT OF SPARK IGNITION ENGINE WORK PARAMETERS USING BIOFUELS AND HYDROGEN

Summary

Paper presents the research results of efficient and ecological indicators of Honda Civic vehicle spark ignition engine D14A3 which was using petrol A98, biofuels E85 and additionally supplied hydrogen gas. H₂ gas was produced by electrolysis from water. The O₂ and H₂ (HHO) gas mixture was supplied into engine intake manifold. Research was performed when vehicle was running at constant 50 km/h speed and engine was working with lean fuel mixture. HHO gas improve mixture combustion and reduce hydrocarbons concentration in exhaust gases, but it increases nitrous oxide emission. Engine efficiency increases by 2% when petrol is replaced by E85 fuel and additionally 1.5 l/min of HHO gas is supplied.

Key words: hydrogen, spark ignition engine, efficient and ecological indicators.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saugirdas Pukalskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių transporto katedros profesorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika, alternatyvieji automobiliai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 65529573, saugirdas.pukalskas@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 61571161, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Author name, surname: Saugirdas Pukalskas.

Science degree and name: PhD, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Automobile Transport department professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy, alternative fuel vehicles.

Telephone and e-mail address: +370 65529573, saugirdas.pukalskas@vgtu.lt

BIOMETANO IR VANDENILIO MIŠINIŲ PANAUDOJIMO KIBIRKŠTINIO UŽDEGIMO VARIKLYJE MODELIAVIMAS

Mindaugas Ročys, Mindaugas Melaika, Alfredas Rimkus, Saugirdas Pukalskas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Straipsnyje pateikti automobilio Nissan kibirkštinio uždegimo variklio HR 16DE energetinių ir ekologinių rodiklių modeliavimo rezultatai varikliui veikiant biometano ir vandenilio mišiniu. Modeliavimas atliktas su skaitinio modeliavimo programa *AVL BOOST*. Modeliavimo metu įvertinti įvairios sudėties mišiniai (CH_4 ; $\text{CH}_4+5\% \text{H}_2$; $\text{CH}_4+10\% \text{H}_2$; $\text{CH}_4+15\% \text{H}_2$; $\text{CH}_4+20\% \text{H}_2$; $\text{CH}_4+25\% \text{H}_2$; $\text{CH}_4+30\% \text{H}_2$). Modeliavimo metu analizuota degimo proceso temperatūra ir slėgis, degalų sąnaudos bei deginių emisija. Šio tyrimo tikslas yra nustatyti optimalios sudėties biometano ir vandenilio mišinį, kuris užtikrintų mažiausias degalų sąnaudas ir didžiausią ekologiją.

Reikšminiai žodžiai: biometanas, vandenilis, kibirkštinio uždegimo variklis, modeliavimas.

Įvadas

Transporto sektorius yra vienas iš keturių daugiausiai suvartojančių energijos visame pasaulyje. Tai sudaro apie 20 % visos pasaulyje sunaudotos energijos. Iki šiol, didžiausia energijos dalis transportui yra gaunama iš iškastinių šaltinių, kurių atsargos ilgainiui senka ir anksčiau ar vėliau pasibaigs. Dėl šios priežasties, pagrindinis visame pasaulyje transporto sektoriaus uždavinys išlieka alternatyvių energijos šaltinių pritaikymo galimybių paieška (Europos Komisija, 2013).

Jau nuo automobilizmo istorijos pradžios yra dirbama su elektrinėmis automobilių pavaromis ir vis dar tikimasi, kad elektromobiliai bus sausumos transporto ateitis, tačiau, kol kas masiškai pritaikyti elektrinės pavaros automobiliuose nepavyksta dėl per mažos šiuolaikinių akumuliatorių baterijų talpos. Tad ieškoma ir kitų energijos kaupiklių, tinkančių transporto priemonių varymui. Vienas iš tokių – vandenilis. Jam šiuo metu yra prognozuojama įspūdinga ateitis, nes jau net ir dabar daugelis transporto priemonių gamintojų yra sukūrę ne vieną 100 kilometrų vienu degalų bako papildymu galinčius įveikti automobilius, tačiau vandeniliu varomų automobilių projektai stringa dėl sudėtingos vandenilio gavybos ir degalų talpyklų problemos.

Tad šio darbo tikslas yra teorinėmis priemonėmis išanalizuoti atsinaujinančių energijos šaltinių (biometano ir vandenilio mišinių) panaudojimo kibirkštinio uždegimo variklyje galimybes, ir rasti optimalią atsinaujinančių degalų mišinio sudėtį, užtikrinančią kuo didesnę veikimo efektyvumą ir ekologiškumą.

Literatūros apžvalga

Šiame darbe tiriamo alternatyvių degalų mišinio komponentai pasirinkti siekiant atsiriboti nuo iškastinių šaltinių. Pagrindinė degalų mišinio dalis yra biometanas. Tai dujos, kurios yra gaunamos iš bioreaktoriuje pagamintų biodujų pašalinus priemaišas iki gryno metano, tad tai yra atsinaujinantis energijos šaltinis. Antrasis komponentas yra vandenilis. Tai taip pat yra atsinaujinantis energijos šaltinis, nes jį galima išgryninti iš įvairių junginių, tokių kaip vanduo, bioetanolis ar kiti biojunginiai (Demirbas, 2009).

Korėjos mokslininkų (Kyungtaek et al., 2010) atlikti tyrimai su keturių cilindrų kibirkštinio uždegimo vidaus degimo varikliu, pritaikytu veikti biodujomis, parodė, kad variklio terminio naudingumo koeficiento skirtumas tarp veikiančio vien biodujomis ir su 15 % (pagal tūrį) vandenilio priedu siekia net 2 %. Tai leidžia daryti prielaidą, kad net santykinai nedidelis vandenilio priedas degaluose pastebimai pagerina variklio terminį naudingumą, o kartu ir dinamines savybes, mažindamas CO_2 emisiją.

Kitų Korėjos mokslininkų (Cheolwoong et al., 2011) atlikto tyrimo metu, kuomet buvo bandomas vieno cilindro dyzelinis perdarytas variklis, buvo pastebėta, kad dėl aukštesnio suslėgimo laipsnio vandenilio priedas degaluose turi dar didesnę įtaką terminio naudingumo veikimo koeficiento pagerėjimui. Jis padeda išnaudoti tiriamų degalų aukštą oktanių skaičių, lyginant su benzinu. Taip pat nustatyta, kad pridėdamas į degalus vandenilio, jis, dėl savo ypač gerų užsidegimo savybių, padidina degalų degimo greitį, todėl reikia atitinkamai koreguoti uždegimo paskubos kampą, kad maksimalus slėgis cilindre būtų pasiektas tinkamu metu ir nesukeltų detonacijos.

Lietuvos mokslininkų (Sendzikiene et al., 2015) atlikto tyrimo metu buvo siekiama nustatyti suslėgimo laipsnio įtaką kibirkštinio uždegimo variklio darbui veikiant biodujomis ir vandeniliu. Pastebėta, kad padidinus suslėgimo laipsnį, variklio šiluminis efektyvumas bei dinaminės savybės pagerėja, tačiau, per daug padidinus variklio suslėgimo laipsnį, padažnėja detonacijos atvejų ir padidėja HC ir NO_x junginių kiekiai išmetamosiose dujose.

Biometanas, dėl savo paprastos molekulinės struktūros, mažos molinės masės ir geresnio garavimo sudega geriau nei benzinas, todėl išmetamosiose dujose sumažėja HC junginių net 16 % – 24 %