

Siekiant patikrinti šias prielaidas, formuojamas darbo tikslas – ištirti variklinių alyvų priedo „Tufoil“ įtaką kibirkštinio uždegimo variklio degalų sąnaudoms.

Siekiant įgyvendinti darbo tikslą keliami šie uždaviniai:

1. Nustatyti ir įvertinti variklio energetinių rodiklių pokyčius į alyvą 5W-30 įpylus vidaus degimo variklių alyvų priedą „Tufoil“.
2. Įvertinti degalų sąnaudų pokytį variklio šilumos balanse dėl variklinės alyvos priedo „Tufoil“.

Tyrimo metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijoje, Automobilių diagnostikos laboratorijoje. Bandymams atlikti naudotas automobilis „Toyota Corolla“ (2006 m.), turintis 1,6 l darbinio tūrio, 81 kW galios kibirkštinio uždegimo variklį (3ZZ-FE).

Siekiant nustatyti degalų sąnaudas naudotas kompiuterizuotas lengvųjų automobilių traukos stendas Cartec LPS 2510. Traukos stendas turi galimybę testuoti automobilius bet kuria pavana su bet kokia pasirinkta apkrova ar apskaičiuota važiavimo pasipriešinimo varža. Automobiliui apkrovą sukuria sūkurinių srovių elektromagnetinis stabdys, kuris ratams perduodamą mechaninę variklio energiją paverčia šilumine energija ir išspinduliuoja ją į aplinką. Traukos stendo pagrindiniai techniniai duomenys pateikti 2 lentelėje. Atliekant bandymus traukos stendo programinėje įrangoje nustatomi tokie automobilio parametrai kaip automobilio oro aptakumo koeficientas, frontalaus paviršiaus plotas, automobilio svoris.

Tyrimai atlikti su standartine varikline alyva 5W-30 be priedo „Tufoil“ ir su priedu. Su alyvų priedu bandymai atlikti pravažiavus 1000 km. Pagal priedo gamintojo rekomendaciją po šios ridos priede esančios medžiagos sukuria pastebimą efektą. Duomenys matuojami esant fiksuotai (300 N, 400 N, 500 N ir 600 N) varomųjų ratų apkrovai, variklio sūkių dažniui esant 2400 min⁻¹, 3000 min⁻¹, 3600 min⁻¹ ir įjungus III bei IV pavaras. Bandymų metu buvo matuojama automobilio traukos galia ant varomųjų ratų P_{rat} , važiavimo greitis v , variklio sūkių dažnis n , nuostoliai automobilio transmisijoje P_{tr} ir degalų sąnaudos 100 km ridos $B_{d,100}$.

2 lentelė

Automobilių traukos stendo techniniai duomenys

Parametras	Įrenginys	Automobilio traukos stendas CARTEC LPS 2510
Apkrovos įrenginys		Elektromagnetinis sūkurinių srovių stabdys
Maksimali matuojama apkrova, t		3,5
Didžiausia stendo matavimo galia, kW		400
Didžiausia stendo stabdymo galia, kW		360
Matavimo paklaida		± 2

Šaltinis: Snap-on Equipment GmbH, CARTEC Chassis dynamometers LPS for cars. Germany

Siekiant tiksliau įvertinti degalų sąnaudas, apskaičiuotos lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos, g/kWh (Butkus, 2007):

$$b_e = \frac{1000 \cdot B_d}{P_e}, \quad (1)$$

čia B_d – valandinės degalų sąnaudos, P_e – variklio efektyvioji galia, nustatyta pagal formulę (Bosch, 2000):

$$P_e = P_{rat} + P_{tr}, \quad (2)$$

čia P_{rat} – galia ant varomųjų ratų, P_{tr} – galios nuostoliai transmisijoje.

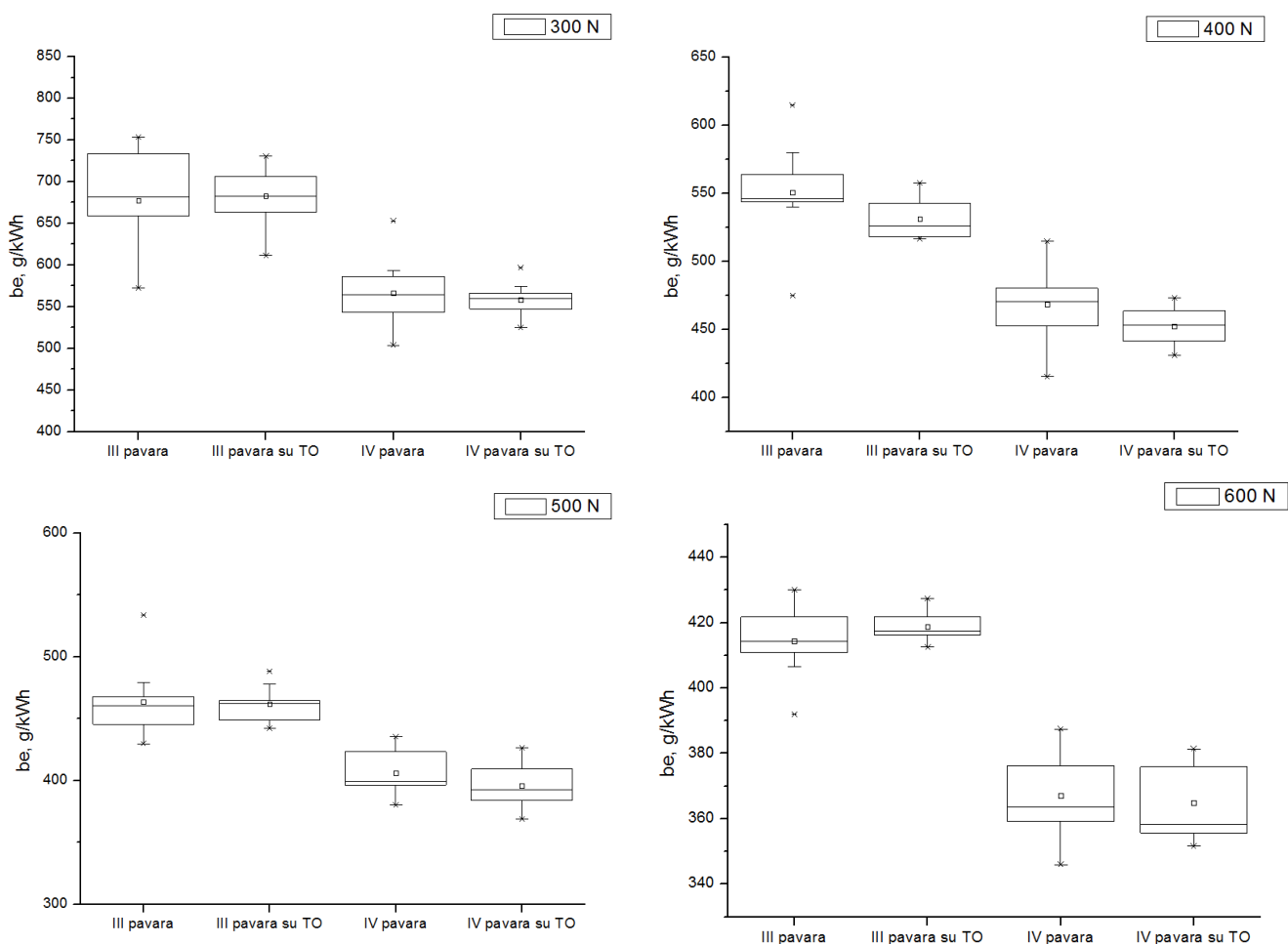
Iš kiekvienos 3 bandymų serijos duomenų apskaičiuotas vidurkis. Bandymai atlikti deaktyvavus aušinimo sistemos radiatoriaus ventiliatorių, kuris galėjo savaime įsijungti ir padidinti variklio apkrovą ir degalų sąnaudas.

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

Variklinių alyvų priedas „Tufoil“ dėl jame esančių antifrikcinių, disperguojančių ir plovimo priedų gali sumažinti trinties įtaką variklio dalių eksploatacinėms charakteristikoms, bet šio sumažėjimo dydis priklauso nuo daugelio veiksnių tokių kaip variklio darbo parametrai (apkrova, greitinės charakteristikos), variklio eksploatacinės būklės (variklio pagrindinių komponentų išdilimas), pačios variklinės alyvos būklės (joje esančių priedų išsieikvojimas, alyvos klampuminės charakteristikos). Visi šie rodikliai įtakoja priedo veikimo efektyvumą.

Siekiant įvertinti variklinės alyvos priedo „Tufoil“ įtaką degalų sąnaudoms su programiniu paketu „Origine 8 Pro“ buvo atlikta lyginamųjų degalų sąnaudų statistinė analizė. Ji parodė, kad patikimų rezultatų išsibarstymas siekė nuo 6 iki 9,5 % esant 300 N apkrovai, nuo 4 iki 5,5 % esant 400 N apkrovai, nuo 5 iki 9 % esant 500 N apkrovai ir 3,5 iki 5 % esant 600 N apkrovai. Įvertinant, kad lyginamųjų degalų sąnaudų parametras yra išskaičiuotas iš tiesiogiai matuotų dydžių, tokių kaip degalų sąnaudų 100 km ridos, automobilio greičio bei variklio galios, kurie turi atitinkamas paklaidas ir įvertinus skaičiavimo paklaidą – gautus rezultatus galima vertinti kaip patikimus ir vidutinis patikimų rezultatų išsibarstymas siekė apie 5 – 6 %. Gauti atsitiktinės sklaidos taškai taipogi yra pateikti grafikuose, bet statistinėje analizėje jie buvo atmesti kaip nepatikimi ir nebuvo vertinti.

Esant 300 N apkrovai (1 pav.) vidutinis degalų sąnaudų sumažėjimas nepastebimas, bet akcentuojama, kad naudojant priedą „Tufoil“ pastebimas mažesnis apie du kartus patikimų rezultatų sklaidos išsibarstymas. Šiuo atveju tokį efektą galima paaiškinti tuo, kad antifrikciniai priedai neleidžia staigiai vystytis fretinkorozinei trinčiai, ko pasėkoje ir galima stebėti mažesnius patikimų rezultatų sklaidos svyravimus.



1 pav. Lyginamųjų degalų sąnaudų pokytis esant skirtingoms variklių apkrovoms su alyvos priedu „Tufoil“ ir be jo (degalų sąnaudos su alyvų priedu „Tufoil“ grafikuose pažymėtos TO)

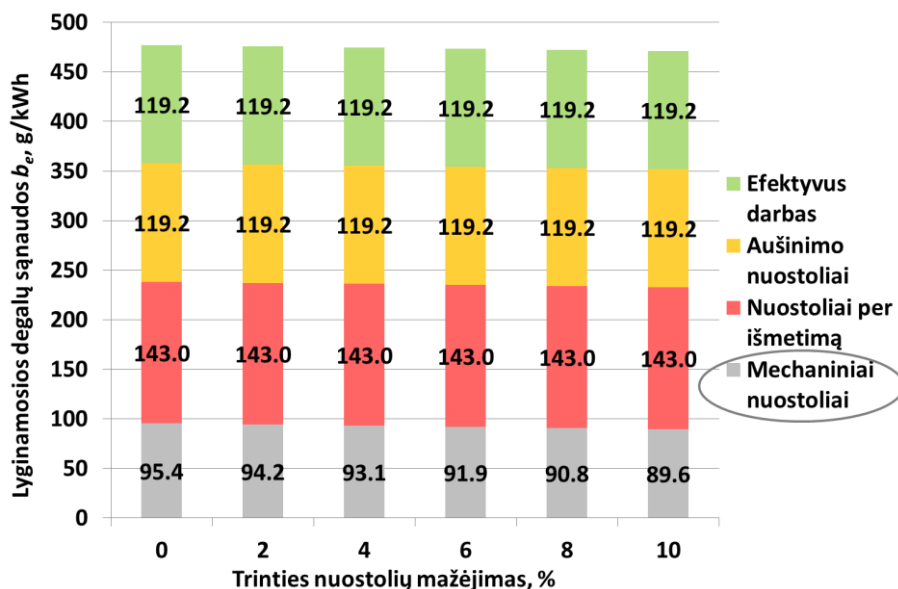
Šaltinis: sudaryta autorių

Didžiausias vidutinių lyginamųjų degalų sąnaudų mažėjimas ($\approx 3\%$) panaudojus alyvų priedą „Tufoil“ yra pastebėtas esant 400 N apkrovai, automobiliui važiuojant tiek III, tiek IV pavaromis. Patikimų rezultatų sklaida buvo panaši. Galima teigti, kad, varikliui veikiant šiuo režimu, alyvų priedai buvo efektyviausi.

Panaši patikimų rezultatų sklaida buvo ir varomuosius ratus veikiant 500 N apkrova. Esant III pavarai lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos buvo šiek tiek ($\approx 0,5\%$) didesnės naudojant alyvos priedą. Keliama hipotezė, kad toks ryšys galėjo atsirasti dėl disperguojančių priedų poveikio, nes taipogi pastebimas nežymus patikimų rezultatų sklaidos sumažėjimas naudojant variklinių alyvų priedą „Tufoil“. Bet jau dirbant IV pavarą ir naudojant „Tufoil“ priedą lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos mažėjo apie 1,5 %.

Automobilio ratus stabdant 600 N apkrova pastebima panaši tendencija kaip ir esant N apkrovai – III pavara lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos didėjo $\approx 1\%$, bet mažėjo patikimų rezultatų sklaida. Dirbant IV pavara pastebimas lyginamųjų degalų sąnaudų mažėjimas $\approx 1,5\%$, patikimų rezultatų sklaidos laukai išliko panašūs.

Apibendrinant galima teigti, kad variklinių alyvų priedas „Tufoil“ turi teigiamą įtaką variklio lyginamosioms efektyviosioms degalų sąnaudoms. Esant mažesniems variklio apkrovimams jos buvo panašios, naudojant priedą ir be jo. Didinant variklio apkrovas, dėl alyvos priedų poveikio buvo pastebimas lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų mažėjimas. Vidutinės lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos, naudojant „Tufoil“ priedą, mažėja nuo 476.8 g/kWh iki 473.3 g/kWh, tai yra $\approx 3,5$ g/kWh ($\approx 0,8\%$).



2 pav. Degalų sąnaudų balanso pokytis mažinant trinties nuostolius

Šaltinis: sudaryta autorių

2 paveiksle pateiktas degalų sąnaudų balansas, kur variklio mechaniniams nuostoliams skiriama 20 % degalų (Heywood 1988) šiluminės energijos ir, esant maksimaliems mechaniniams nuostoliams, vidutinės lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos, kaip ir nustatyta tyrime, yra 476,8 g/kWh. Priimta, kad 60 % variklio mechaninių nuostolių sudaro trintis (Butkus 2007). Paveiksle pavaizduotas lyginamųjų vidutinių degalų sąnaudų mažėjimo intensyvumas santykinai mažinant trinties nuostolius. Grafike matome, kad vidutinės lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos variklio vidiniams mechaniniams nuostoliams nugalėti sumažėja nuo 95,4 g/kWh iki 91,9 g/kWh ($\approx 3,5$ g/kWh), kaip ir nustatyta naudojant alyvų priedą „Tufoil“, trinčiai variklyje sumažėjus $\approx 6\%$.

Išvados

Atlikti eksperimentiniai variklio tyrimai, naudojant alyvą 5W-30, skirtą automobiliui „Toyota Corolla“ su kibirkštinio uždegimo varikliu 3ZZ-FE, ir į šią alyvą įpylus alyvų priedą „Tufoil“, bei variklių veikimo rodiklių pokyčio analizė, leidžia įvertinti šio priedo, įtaką variklio energetiniams rodikliams:

1. Antifrikciniai alyvos priedai „Tufoil“ neleidžia staigiai vystytis fretinkorozinei trinčiai, ką įrodo mažesni tyrimų patikimų rezultatų sklaidos svyravimai.
2. Didesnis lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų mažėjimas nustatytas didinant variklio apkrovą, nes alyvos tepimo savybes pagerina „Tufoil“ priede esantys molibdeno ir fosfatų junginiai.
3. Alyvų priedas „Tufoil“ trintį variklyje sumažino $\approx 6\%$ ir vidutinės lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos sumažėjo $\approx 3,5$ g/kWh ($\approx 0,8\%$).

Literatūra

18. Butkus, A. 2007. *Vidaus degimo varikliai*. Vilnius: Technika, 186 p.
19. Heywood, J. B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw Hill Series, 930 p.
20. Tanga, Z., Lia, S. A review of recent developments of friction modifiers for liquid lubricants. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*. Volume 18, Issue 3, June 2014, Pages 119–139.
21. Snap-on Equipment GmbH. *CARTEC Chassis dynamometers LPS for cars*. Germany, 8 p.
22. Bosch, R. 2000. *Автомобильный справочник*. Москва: Зарулём, 895 p.

23. ES Baltoji Knyga. 2011. Interaktyvus:< <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:LT:PDF>> [Žiūrėta 2016 kovo 25 d.].
24. Shahnazar, S., Bagheri, S., Bee Abd Hamid, S. 2016 Enhancing lubricant properties by nanoparticle additives. *International Journal of Hydrogen Energy*. Volume 41, Issue 4, Pages 3153–3170.
25. SAFETY DATA SHEET (SDS) Industrial Tufoil. Interaktyvus:<<http://tufoil.com/tufoils.pdf>> [Žiūrėta 2016 kovo 25 d.].

EFFECTIVENESS RESEARCH OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE OIL ADDITIVE „TUFOIL“

Summary

There was presented the comparative research of energetic brake specific fuel consumption meanings of spark engine „Toyota Corolla“ 1.6 l (3ZZ-FE) using the oil 5W-30 suitable for this type of engine and put to the oil engine oil additive „Tufoil, and drive 1000 km run, necessary for to show the effect of material which are belongs to oil additives. The composition analyzes of oil additive rates the influence of composition materials to the friction, the neutralization of attrition products and formation of a tar. The experimental researches performing with a driving condition closely to real engine running conditions. There was established, that the engine oil additive “Tufoil” the mostly influence to decreasing of brake specific fuel consumption had increasing the engine torque. The oil additive “Tufoil” influence to decreasing the friction loss had been established evaluating average variation of brake specific fuel consumption in the engine caloric balance.

Keywords: spark engine, oil additive, friction, brake specific fuel consumption.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas. 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, a.rimkus@vtdko.lt, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulis Stravinskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 66209649, s.stravinskas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Donatas Kriauciūnas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 64557538, d.kriauciunas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Tadas Vipartas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 67413254, t.vipartas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Kaikaris.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 67616303, p.kaikaris@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas. 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 67385890, j.matijosiu@vtdko.lt, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department associated professor. 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, a.rimkus@vtdko.lt, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Author name, surname: Saulis Stravinskas.

Science degree and name: master, lector

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 66209649, s.stravinskas@vtdko.lt

Author name, surname: Donatas Kriaučiūnas.

Science degree and name: master, lector

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 64557538, d.kriauciunas@vtdko.lt

Author name, surname: Tadas Vipartas.

Science degree and name: master, lector

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 67413254, t.vipartas@vtdko.lt

Author name, surname: Petras Kaikaris.

Science degree and name: master, lector

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 67616303, p.kaikaris@vtdko.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department associated professor. 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 67385890, j.matijosius@vtdko.lt, jonas.matijosius@vgtu.lt

KIBIRKŠTINIO UŽDEGIMO VARIKLIO VEIKIMO RODIKLIŲ GERINIMAS NAUDOJANT BIODEGALUS IR VANDENILĮ

Alfredas Rimkus^{1,2}, Saugirdas Pukalskas¹

¹Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ²Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija

Anotacija

Straipsnyje pateikti automobilio Honda Civic su kibirkštinio uždegimo varikliu D14A3 energetinių ir ekologinių rodiklių tyrimo rezultatai varikliui veikiant benzinu A98 bei biodegalais E85 ir papildomai tiekiant vandenilio (H₂) dujas. Dujos gaminamos elektrolizės būdu iš vandens ir į variklio įsiurbimo kolektorių tiekiamas H₂ ir O₂ (HHO) dujų mišinys. Tyrimas atliktas automobiliui važiuojant pastoviu 50 km/h greičiu ir varikliui veikiant liesu mišiniu. HHO dujos pagerina mišinio degimą ir sumažina nepilnai sudegusių angliavandenilių koncentraciją deginiuose, bet padidina azoto oksidų emisiją. Variklio energetinis efektyvumas išauga iki 2 % benzina pakeitus E85 degalais ir tiekiant 1,5 l/min HHO dujų.

Reikšminiai žodžiai: vandenilis, kibirkštinio uždegimo variklis; energetiniai ir ekologiniai rodikliai.

Įvadas

Šiuolaikinio transporto degalų pagrindinis žaliavos šaltinis yra nafta (Lee et al., 2007). Jos ištekliai šiuo metu yra iki 500 milijardų barelių, kas sudaro nuo 14 % iki 16 % visų kada nors išžvalgytų naftos telkinių. Per metus naftos suvartojimas siekia apie 30 milijardų barelių (Curley, 2012). Tai rodo, kad naftos ištekliai neišvengiamai išseks, todėl intensyviai vyksta naujų, alternatyvių energijos šaltinių paieška. Ateityje didelę perspektyvą turi vandenilinė energetika. Tikėtina, kad labiausiai vartotina jos šaka bus vandenilio gamyba iš vandens elektrolizės būdu, nes tai sąlygoja neriboti žaliavos ištekliai ir nesudėtinga gamybos technologija (Gupta, 2009). Vandens elektrolizės metu gaunamų degių vandenilio ir deguonies dujų mišinys yra pavadintas jas tyrusio mokslininko Yull Brown garbei Brauno dujomis. Šios dujos žymimos HHO. Jose esantis H₂ efektyviai kaupia ir perneša energiją, o jo degimo produktas yra netaršūs vandens garai. Vandenilis yra aktyvus cheminis elementas ir vidaus degimo variklyje (VDV). Degdamas su kitais degalais, jis gerina ne tik jų degimą, bet ir ekologinius ir energetinius variklio rodiklius (Whiete et al., 2006).

Vandenilio naudojimo perspektyvos. Vandenilio energetika atitinka ES Baltosios knygos „Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas“ nuostatas. Vandenilio energijos šaltinių naudojimo didinimas yra skatinamas „Europa 2020“ strategijoje, kurioje pateiktos alternatyvių degalų naudojimo gairės (ES baltoji knyga, 2011; Europos komisija, 2013). Investicijos į vandenilio panaudojimą transporto, pramonės ir energetikos srityse numatytos ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programoje „Horizon 2020“. Vystant minėtas programas, būtina pasitelkti visus žinomus vandenilio energijos resursus, pritaikant juos transporto sektoriui. Vandenilio kaupimui ir transportavimui automobilyje reikia sudėtingos, brangios, daug sveriančios įrangos. Tai padidina automobilio kainą, svorį, išauga eksploatacijos išlaidos. Norint išvengti šių trūkumų vandenilį racionalu gaminti važiuojančiame automobilyje ir saugoti tik minimalius jo kiekius, o pagamintas dujas iš karto tiekti į variklio cilindrus kartu su oru ir kitais degalais. Paprasčiausias vandenilio gamybos būdas yra vandens elektrolizė, kuriai reikalinga nuolatinė elektros srovė gali būti išgaunama panaudojant VDV arba alternatyvią energiją.

Pastaraisiais metais sutelkiamas dėmesys į alternatyvių degalų naudą gerinant VDV energetinius ir ekologinius rodiklius. Pagrindiniai teršalai, sąlygojami įprastų angliavandenilinių degalų, yra nesudegę bei dalinai sudegę angliavandeniliai (CH), anglies viendeginis (CO), azoto oksidai (NO_x) (Wang et al., 2011) ir sveikatai kenksmingos kietosios dalelės. Yra labai svarbu sumažinti išmetamųjų dujų teršalų emisiją ir padidinti efektyvųjų naudingumo koeficientą. Tarp kitų degalų rūšių vandenilis išsiskiria kaip ilgalaikio naudojimo atsinaujinantis energijos šaltinis; be to, jis yra tinkamas pakartotinai naudoti ir nesukeliantis taršos energijos šaltinis. Lyginant su angliavandenilniais degalais, vandenilis turi specifinių savybių ir neturi anglies (Momirlan ir Veziroglu, 2005).

Vandenilio naudojimo transporte tyrimų apžvalga. Daugelis mokslininkų tyrė HHO dujų panaudojimo VDV efektyvumą. Dulger ir Ozcelik (2000) keturiuose benzinu varomų automobilių modeliuose atliko tyrimus papildomai tiekiant HHO dujas į degųjų mišinį ir nustatė, kad degalų sąnaudos 100 km ridos sumažėjo nuo 26 % iki 43 %, CO, CO₂, CH emisijos sumažėjo 40–50 %. Musmar ir Al-Rousan (2011) atliktuose tyrimuose HHO dujų generavimo schema buvo sukurta ir integruota į Honda G 200. Rezultatai rodo, kad HHO, oro ir benzino mišinys sąlygojo taršos koncentracijos emisijoje sumažėjimą ir variklio naudingumo koeficiento padidėjimą. Emisijos testai buvo atliekami keičiant variklio sūkius. Rezultatai parodė, kad NO_x koncentracija sumažėjo apie 50 %, CO – apie 20 %. Taip pat buvo pastebėtas ir degalų sąnaudų sumažėjimas, kuris svyravo tarp 20 % ir 30 %. Remiantis EL-Kassaby et al., 2016 tyrimų