

## BRAUNO DUJŲ PANAUDOJIMAS ALIEJUMI VEIKIANČIAME DYZELINIAME VARIKLYJE

Alfредas Rimkus<sup>1</sup>, Tomas Ulickas<sup>2</sup>, Jonas Matijošius<sup>3</sup>, Saugirdas Pukalskas<sup>4</sup>, Paulius Stravinskas<sup>5</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>alfredas.rimkus@vgtu.lt; <sup>2</sup>tomas.ulickas@gmail.com; <sup>3</sup>jonas.matijosius@vgtu.lt; <sup>4</sup>saugirdas.pukalskas@vgtu.lt; <sup>5</sup>paulius.stravinskas@vgtu.lt*

**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjamos Brauno dujų panaudojimo galimybės aliejumi veikiančiame dyzeliniame variklyje. Apžvelgti eksperimentiniai darbai. Pasirinkti šie degalų deriniai: dyzelinas, dyzelinas ir Brauno dujos, aliejus (pagamintas iš rapsų) bei aliejus ir Brauno dujos. Bandymo rezultatai rodo, kad varikliui papildomai tiekiant Brauno dujas, mažėja anglies monoksido (CO) kiekiai ir dūmingumas, bet didėja suminė azoto oksidų emisija (NO<sub>x</sub>). Brauno dujų panaudojimas esant mažoms variklio apkrovoms didina lyginamąsias efektyviasias degalų sąnaudas ir mažina efektyvųjį naudingumo koeficientą, bet esant vidutinėms apkrovoms šie rodikliai gerėja.

**Reikšminiai žodžiai:** dyzelinis variklis, aliejus, Brauno dujos, dyzelinas.

### Įvadas

Kadangi naftos kaina nuo 1999 metų nuolat didėja, turi būti imtasi priemonių, kurios leistų kuo mažiau priklausyti nuo naftos kilmės degalų. Europos Sąjungos direktyvoje dėl „Skatinimo naudoti biokurą ir kitą atsinaujinančią kurą transporte“ teigiama, kad „skatinti naudoti biodegalus transporte – reiškia žengti žingsnį į platesnį biomasės taikymą, o tai leistų ateityje plėsti biodegalų gamybą, tačiau neišstumiant kitų pasirinkimo galimybių, ypač vandenilio galimybes“ (2003/30/EB „Dėl skatinimo naudoti biokurą ir kitą atsinaujinančią kurą transporte“ 2003).

Europos Sąjungos dokumentų, susijusių su energetika, analizė parodė, kad vandenilio ir kuro elementų technologijų platforma gali labai prisidėti prie svarbiausių ES viešosios politikos tikslų įgyvendinimo.

Europos Komisija pranešime „Iveikime mūsų priklausomumą“ teigia, kad atsinaujinantys energijos šaltiniai ir naujos technologijos gali užtikrinti saugų energijos tiekimą Europos Sąjungoje. Jei nebus imtasi veiksmų, į Europos Sąjungą per ateinančius 20 ar 30 metų bus importuojama 90 % naftos, 70 % dujų ir 100 % anglies. Žaliojoje knygoje – Europos Sąjungos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos strategijoje – akcentuojama, kad naujų energetikos technologijų plėtra ir įgyvendinimas yra saugaus energijos tiekimo, darnaus vystymosi ir pramoninio konkurencingumo pagrindas. Europos vandenilio ir kuro elementų technologijų platforma vertinama kaip svarbus

veiksny, įgyvendinant suformuluotą mokslinių tyrimų programą ir bendrą strategiją (ES Žalioji knyga „Nauja mobilumo mieste kultūra“ 2007).

Baltojoje transporto ir Žaliojoje knygoje teigiama, kad saugiam energijos tiekimui vandenilio energija gali turėti svarbią reikšmę įgyvendinant pagrindinius Europos politikos tikslus: priklausomybės nuo išorinio energijos tiekimo mažinimas, energijos šaltinių įvairovė, konkurencingumas ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos mažinimas. Žaliojoje knygoje saugiam Europos Sąjungos energijos tiekimui Europos Komisija iškelė siekį kelių transporte iki 2020 metų 20 % įprastinio kuro pakeisti alternatyviu kuru. Ilgalais tikslas yra naujų atsinaujinančių energijos šaltinių technologijų plėtra: vandenilio technologijos ir kuro elementai, kurie yra visiškai švarūs ir gali būti naudojami transporte.

Atsinaujinančios energetikos skatinimas transporto sektoriuje pasireiškia alternatyvių degalų transporto priemonėse naudojimui. Biodyzelino, spirito dalinis naudojimas yra tapęs norma (Matijošius, Mažeika 2009; Matijošius, Sokolovskij 2009), tad svarbu ieškoti naujų netradicinių degalų komponentų, kurie padėtų įgyvendinti numatytuosius tikslus. Transporto priemonių gamintojai vis dažniau kuria specializuotus koncepcinius modelius, pritaikytus konkrečiai degalų rūšiai. Taip atsiranda transporto priemonės, varomos vandeniliu, biodyzelinu, gamtinėmis dujomis. Neužmirštami ir įvairių sistemų hibridai.

Aliejus kaip degalai pradėtas naudoti dar praeito šimtmečio pradžioje ir dabartiniu metu prisimintas kaip alternatyva dyzelinui. Vandenilį, kaip alternatyviuosius degalus, pasiūlyta naudoti praeito šimtmečio septintajame dešimtmetyje, kai Vokietijos bendrovė „Lötgerat“ pradėjo gaminti vandenilio generatorius. Jų gaminamą vandenilio ir deguonies dujų mišinį (Brauno dujas) buvo galima naudoti transporto priemonėse (Wiseman 2006).

Atėnų nacionalinio technikos universiteto (Graikija) mokslininkai ištyrė įvairios kilmės aliejų (medvilnės, sojos, saulėgrąžų, palmių, rapsų ir kukurūzų) naudojimą dyzeliniame variklyje nustatė, kad lyginant su dyzeliniais degalais kietųjų dalelių (KD) kiekis didėjo (1–8 %). Naudojant rapsų aliejų KD kiekis padidėjo 1 %. Šį skirtumą autoriai aiškina aukštesnėmis temperatūros ir slėgio reikšmėmis mišiniui formuojantis cilindre. Panaši tendencija pastebima analizuojant anglies monoksido (CO) emisijas, nes CO susidarymą reglamentuoja panašūs mechanizmai kaip ir kietųjų dalelių susidarymą. Lyginant suminę azoto oksidų ( $\text{NO}_x$ ) emisiją, stebimas  $\text{NO}_x$  mažėjimas (2–5 %) dėl mažesnio cetaninio skaičiaus ir didesnės užsiliepsnojimo gaišties, lyginant su dyzelinu (Rakopoulos *et al.* 2006).

Naudodami įvairių augalų aliejų panašius rezultatus gavo ir Ulsterio universiteto (Didžioji Britanija) mokslininkai. Ištyrę gryną augalų aliejų, dyzeliną ir abiejų jų mišinius jie taip pat gavo mažesnę  $\text{NO}_x$  emisiją ir didesnes dūmavimo bei CO emisijas (Wang *et al.* 2006).

Brauno dujų kaip dyzelinių degalų priedų poveikį ištyrę Cukurova universiteto (Turkija) mokslininkai nustatė, kad jie didina variklio sukimo momentą. Autoriai tai aiškina dideliu Brauno dujų degimo greičiu, lyginant su dyzelinu (Yilmaz *et al.* 2010).

Testuodami vandenilio generatorių, skirtą Brauno dujoms gaminti, Rajamangala technologijos universiteto (Tailandas) mokslininkai, ištyrę generatoriaus naudingumo koeficientą ir jo veikimo temperatūrinį režimą, nustatė, kad Brauno dujų generatorių transporto priemonėje naudoti galima (Chaiwongsa *et al.* 2009).

Kaip rodo mokslinių darbų apžvalga, aliejaus degalų naudojimo tyrimai, papildomai tiekiant Brauno dujas, įmanomi, tačiau kitų autorių nėra nagrinėti.

Šio darbo tikslas – išanalizuoti Brauno dujų panaudojimo galimybę aliejumi veikiančiame dyzeliniame variklyje ir gautus energetinius ir ekologinius rodiklius palyginti su dyzelinu veikiančio variklio rodikliais.

Užsibrėžtam tikslui realizuoti iškeliami uždaviniai:

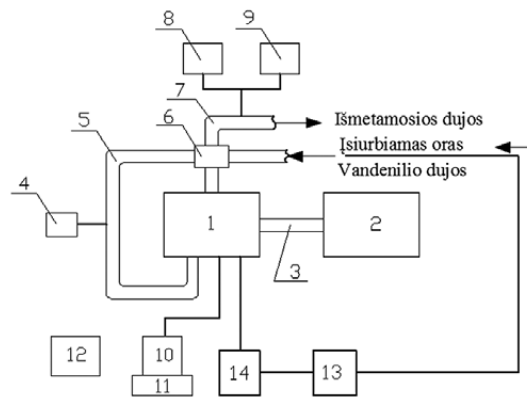
1. Parengti tyrimų metodiką ir įrangą.
2. Atlikti stendinius dyzelinio variklio bandymus esant plačiam variklio apkrovų diapazonui (kai variklio sukiai yra  $2000 \text{ min}^{-1}$ ), naudojant šiuos

degalų mišinius: 1) dyzeliną, 2) dyzeliną ir Brauno dujas (2HHO), 3) aliejų (pasirinktas rapsų aliejus), 4) aliejų ir Brauno dujas (2HHO).

3. Apdoroti tyrimų rezultatus ir juos tarpusavyje palyginti.

## Tyrimo metodika

Stendiniai bandymai atlikti VGTU ATK Vidaus degimo variklių laboratorijoje, naudojant dyzelinį 1,9 TDI variklį (1Z tipo), apkrovos stendą ir papildomą matavimo įrangą (1 pav.).

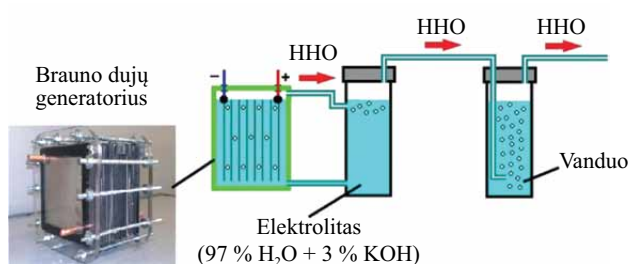


**1 pav.** Brauno dujų įtakos dyzeliniam varikliui stendinių tyrimų įrangos schema: 1 – dyzelinis vidaus degimo variklis; 2 – apkrovos stendas KI-5543; 3 – kardaninis velenas; 4 – slėgio matuoklis „HD 2304,0 Pressure Meter“; 5 – įsiurbimo kolektorius; 6 – turbokompresorius; 7 – išmetimo kolektorius; 8 – deginių analizatorius „AVL DiSmoke“; 9 – deginių analizatorius „Tecnotest 488“; 10 – degalų bakas; 11 – svarstyklės dyzelino sąnaudoms nustatyti; 12 – elektroninis chronometras; 13 – Brauno dujų generatorius; 14 – akumuliatorių baterija

**Fig. 1.** Equipment scheme for stand tests on the impact of Brown's gas on a diesel engine: 1 – internal combustion diesel engine; 2 – load dynamometer KI-5543; 3 – cardan shaft; 4 – pressure meter HD 2304,0; 5 – intake manifold; 6 – turbo-compressor; 7 – exhaust manifold; 8 – exhaust gas analyzer AVL DiSmoke; 9 – exhaust gas analyzer Tecnotest 488; 10 – fuel tank; 11 – scales for measuring diesel consumption; 12 – electronic chronometer; 13 – Brown's gas generator; 14 – accumulator battery

Kaip degalus naudojant rapsų aliejų, šilumokaityje, per kurį tekėjo variklio aušinimo skystis, degalai buvo pašildomi iki  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūros.

Brauno dujos gaminamos elektrolizės būdu Brauno dujų generatoriuje (2 pav.). Generatoriaus talpa užpildoma elektrolitu, sudarytu iš 97 % distiliuoto vandens ir 3 % kalio hidroksido (KOH) tirpalo. Brauno dujų generatorius, naudodamas  $U = 13 \text{ V}$  įtampos ir  $I = 30 \text{ A}$  stiprios elektros srovės, tiekiamą elektros generatoriumi, pakrauna akumuliatorių bateriją, per  $t = 60 \text{ s}$  pagamina  $Q_{\text{HHO}} = 2 \text{ l}$  vandenilio ir deguonies dujų mišinio. Šis dujų kiekis straipsnyje žymimas 2HHO. Iš 1 kg vandens pagaminama apie 1860 l



2 pav. Brauno dujų generatoriaus veikimo schema  
Fig. 2. Scheme for operating Brown's gas generator

Brauno dujų, kur  $H_2$  ir  $O_2$  dujų tūrių santykis yra 2:1. Esant  $T_0 = 0$  °C temperatūrai ir  $p_0 = 0,1$  MPa slėgiui, vandenilio dujų tankis  $\rho_{H_2} = 0,09$  kg/m<sup>3</sup>. Viename litre HHO dujų yra  $m_{H_2/l} = 0,06$  g vandenilio, jo apatinis šilumingumas  $H_a = 120$  MJ/kg (Surygala 2008).

HHO dujų gamybos ir panaudojimo vidaus degimo variklyje efektyvusis naudingumo koeficientas:

$$\eta_{e_{HHO}} = \eta_{HHO} \cdot \eta_{el.gen} \cdot \eta_e, \quad (1)$$

čia:  $\eta_{HHO}$  – HHO dujų gamybos Brauno dujų generatoriumi efektyvumo koeficientas;  $\eta_{el.gen}$  – elektros generatoriaus efektyvusis naudingumo koeficientas,  $\eta_{el.gen} \approx 0,9$ ;  $\eta_e$  – vidaus degimo variklio efektyvusis naudingumo koeficientas,  $\eta_e \approx 0,3$ .

$$\eta_{HHO} = \frac{E_{H_2}}{E_{el}}, \quad (2)$$

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

$$E_{H_2} = H_a \cdot m_{H_2/l} = 7200 \text{ J}. \quad (3)$$

$E_{el}$  – 1 litrui HHO dujų pagaminti sunaudotas elektros energijos kiekis, J:

$$E_{el} = \frac{U \cdot I \cdot t}{Q_{HHO}} = 11 \text{ 700 J}. \quad (4)$$

$\eta_{HHO} \approx 0,6$ . Likusi elektros energijos dalis HHO dujų generatoriuje pavirsta į šilumą.  $\eta_{e_{HHO}} \approx 0,16$ .

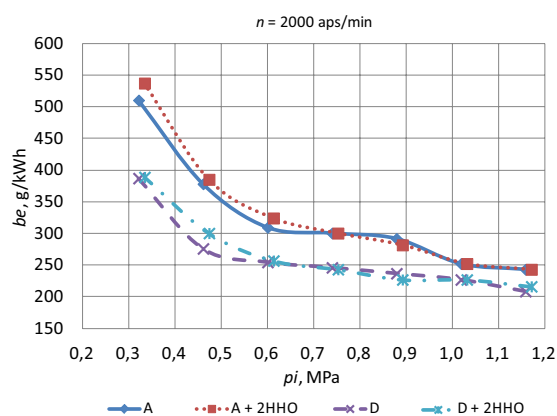
Atliekant bandymus buvo matuoti šie parametrai:

- 1) Alkūninio veleno sukimosi dažnis  $n$ , min<sup>-1</sup>;
- 2) Efektyvusis sukimo momentas  $M_e$ , Nm;
- 3) Degalų sąnaudos  $B_d$ , kg/h;
- 4) Anglies monoksido kiekis CO, %;
- 5) Bendroji azoto oksidų emisija  $NO_x$ , ppm;
- 6) Dūmingumas, %;
- 7) Oro pertekliaus koeficientas  $\lambda$ ;
- 8) Turbokompresoriaus slėgis  $p_k$ , kPa;
- 9) Aplinkos temperatūra  $T$ , °C;
- 10) Aliejinių degalų temperatūra,  $T_{deg}$ , °C.

## Tyrimo rezultatai

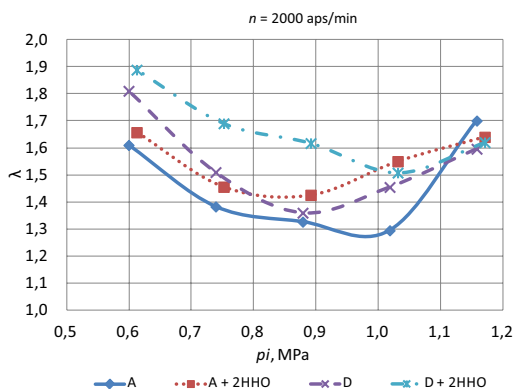
Dėl 12 % mažesnio aliejaus šilumingumo lyginant su dyzelinu (37,6 MJ/kg aliejaus ir 42,5 MJ/kg dyzelino), lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos  $b_e$  didėja (10–24 %) (3 pav.). Jos yra didžiausios varikliui dirbant mažomis apkrovomis, nes didesnę dalis degalų energijos sunaudojama variklio vidiniams mechaniniams nuostoliams nugalėti. Ši tendencija atitinka ir kitų autorių tyrimus (Rokoupulas *et al.* 2007). Varikliui dirbant mažomis apkrovomis, papildomai tiekiamos Brauno dujos lyginamąsias degalų sąnaudas padidina iki 8 % dėl santykinai didesnių energijos nuostolių gaminant HHO dujas (1).

Didinant variklio apkrovą vidutinis indikatorinis slėgis  $p_i$  didėja, o lyginamosios degalų sąnaudos mažėja. Esant indikatorinio slėgio diapazonui 0,7–1,0 MPa, oro pertekliaus koeficientas yra minimalus –  $\lambda = 1,3$ –1,35 (4 pav.) ir papildomas Brauno dujų tiekimas į riebesnį mišinį lyginamąsias degalų sąnaudas sumažina iki 4 %.



3 pav. Lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų priklausomybė nuo indikatorinio slėgio

Fig. 3. Dependence of comparative effective fuel consumption on indicated pressure



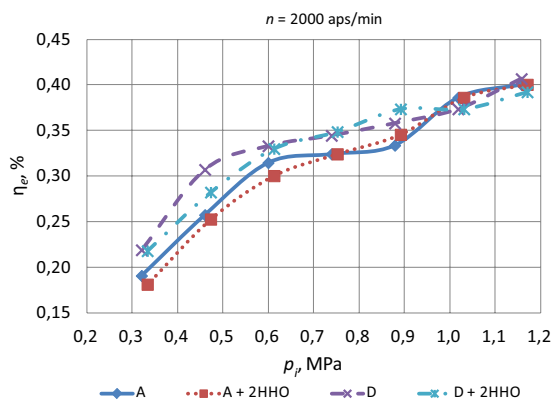
4 pav. Oro pertekliaus koeficiento priklausomybė nuo indikatorinio slėgio

Fig. 4. Dependence of air-fuel ratio on indicated pressure

Esant variklio vidutiniam indikatoriniam slėgiui nuo 0,8 MPa iki 1,0 MPa oro pertekliaus koeficientas  $\lambda$  (4 pav.) dėl padidėjusio degalų tiekimo ir neefektyviai dirbančio turbokompresoriaus (40–60 %) slėgio pasiekia minimalias reikšmes. Didinant variklio apkrovą, didėja išmetamųjų dujų srautas, išauga turbokompresoriaus našumas ir padidėja oro pertekliaus koeficientas  $\lambda$ .

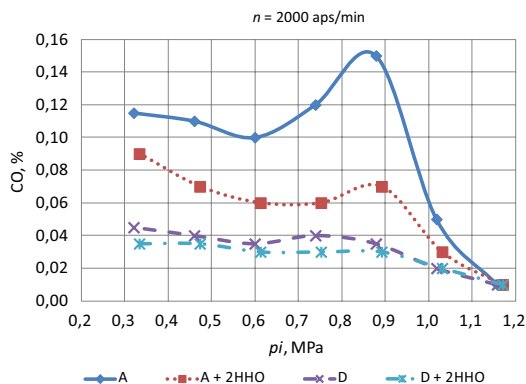
Mažų ir vidutinių apkrovų diapazone aliejaus efektyvusis naudingumo koeficientas yra mažesnis (13–15 %) už dyzelino (5 pav.), kadangi lyginamosios degalų sąnaudos  $b_e$  yra didesnės. Didėjant vidutiniam indikatoriniam slėgiui ( $p_i = 1,0\text{--}1,2$  MPa), skirtumas tarp  $b_e$  sumažėja ir efektyvusis naudingumo koeficientas  $\eta_e$ , naudojant dyzeliną ir aliejų, mažai skiriasi. Papildomai tiekiant Brauno dujas į aliejų ir į dyzeliną,  $\eta_e$  pagerinamas iki 6 % esant vidutiniam indikatoriniam slėgiui  $p_i = 0,8\text{--}1,0$  MPa, nes efektyviau sudeginamas riebesnis degusis mišinys.

Naudojant rapsų aliejų, esant mažoms ir vidutinėms apkrovoms, CO kiekis deginiuose, lyginant su dyzelinu, padidėja 65–77 % (6 pav.).



5 pav. Variklio efektyviojo naudingumo koeficiento priklausomybė nuo indikatorinio slėgio

Fig. 5. Dependence of high efficiency of the engine on indicated pressure



6 pav. CO kiekio išmetamosiose dujose priklausomybė nuo indikatorinio slėgio

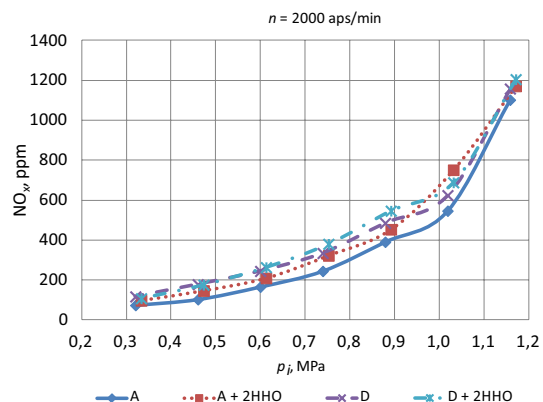
Fig. 6. Dependence of CO amount in exhaust gas on indicated pressure

CO kiekis didėja dėl blogesnio degalų išpurškimo, nes aliejaus klampa esant 70 °C temperatūrai, lyginant su dyzelinu, yra apie 2 kartus didesnė.

Papildomai tiekiamos HHO dujos, kuriose esantis vandenilis yra skvarbus, turi aukštesnę degimo temperatūrą, o esant mažoms ir vidutinėms apkrovoms CO kiekis naudojant aliejų sumažėja nuo 40 % iki 60 %, naudojant dyzeliną – nuo 14 % iki 25 %.

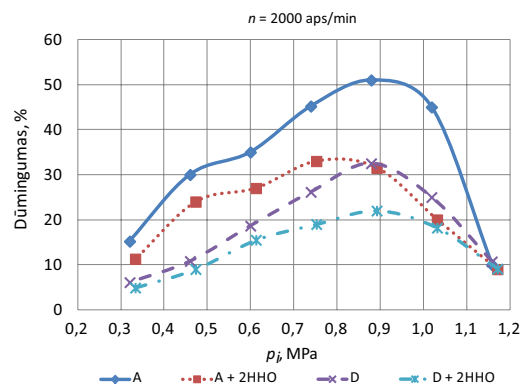
Esant mažoms ir vidutinėms variklio apkrovoms, vietoje dyzelino naudojant aliejų, dėl mažesnės aliejaus degimo temperatūros  $\text{NO}_x$  kiekis sumažėja nuo 37 % iki 20 % (7 pav.). Papildomai tiekiant Brauno dujas ir naudojant aliejų, dėl geresnio mišinio sudegimo ir išaugusios degimo temperatūros  $\text{NO}_x$  kiekis padidėja nuo 14 % iki 24 %. Kaip degalus naudojant dyzeliną, esant vidutinėms apkrovoms Brauno dujos padidina  $\text{NO}_x$  kiekį deginiuose iki 11 %.

Aliejaus dūmingumas  $D$  dėl didesnių aliejaus degalų sąnaudų, blogesnės išpurškimo kokybės ir degimo reakcijos, esant mažoms ir vidutinėms apkrovoms, yra daug didesnis (36–60 %) negu dyzelio (8 pav.).



7 pav.  $\text{NO}_x$  kiekio išmetamosiose dujose priklausomybė nuo indikatorinio slėgio

Fig. 7. Dependence of  $\text{NO}_x$  amount in exhaust gas on indicated pressure



8 pav. Išmetamųjų dujų dūmingumo priklausomybė nuo indikatorinio slėgio

Fig. 8. Dependence of the smoke level of exhaust gas on indicated pressure

Didėjant variklio vidutiniam indikatoriniam slėgiui  $p_i$ , šių degalų dūmingumo reikšmės  $D$  mažėja ir susilygina.

Dūmingumas  $D$ , naudojant dyzelinius ir aliejinius degalus, esant vidutiniam indikatoriniam variklio slėgiui  $p_i = 0,7-1,0$  MPa, maksimaliai padidėja dėl sumažėjusio oro pertekliaus koeficiento (4 pav.).

Esant mažoms ir vidutinėms variklio apkrovoms papildomas HHO dujų tiekimas sumažina aliejaus dūmingumą  $D$  nuo 25 % iki 38 %, o dyzelino – nuo 18 % iki 32 %. Vidutinio indikatorinio variklio slėgio diapazone  $p_i = 0,9-1,1$  MPa papildomai tiekiant Brauno dujas aliejaus deginių dūmingumo reikšmė tampa iki 27 % mažesnė už dyzelino dūmingumo reikšmę  $D$ .

## Išvados

1. Stendiniais bandymais nustatyta, kad esant mažoms ir vidutinėms variklio apkrovoms ( $p_i = 0,3-1,0$  MPa), naudojant augalinį aliejų kaip degalus ir lyginant su dyzelinu, CO kiekis padidėja (65–77 %), išauga dūmingumas  $D$  (36–60 %), padidėja lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos  $b_e$  (10–24 %) ir sumažėja efektyvusis naudingumo koeficientas  $\eta_e$  (13–15 %). Išvardyti rodikliai blogėja, nes didesnė aliejaus klampa blogina degalų išpurškimą, neleidžia efektyviai paruošti degiojo mišinio ir trukdo jam sudegti degimo kameroje, o mažesnis šilumingumas didina degalų sąnaudas.  $\text{NO}_x$  kiekis deginiuose sumažėja (37–20 %) dėl mažesnės degimo temperatūros.
2. Papildomai tiekiamos Brauno dujos varikliui, naudojamam aliejui, esant mažoms ir vidutinėms apkrovoms, sumažina CO kiekį (40–60 %), padidina  $\text{NO}_x$  reikšmę (14–24 %), sumažina dūmingumą  $D$  (25–38 %). Brauno dujose esantis vandenilis turi aukštesnę degimo temperatūrą, todėl pagerina degimo procesą.
3. Brauno dujos sumažina dyzelino ir aliejaus lyginamąsias efektyviausias sąnaudas  $b_e$  iki 4 % ir padidina efektyvųjį naudingumo koeficientą  $\eta_e$  iki 6 % tik esant vidutinėms apkrovoms ( $p_i = 0,7-1,0$  MPa) ir riebesniam degiajam mišiniui ( $\lambda = 1,3-1,35$ ). Esant šiam režimui degimo pagerinimo energetinis efektas, papildomai naudojant Brauno dujas, yra didelis ir viršija šių dujų gamybos energijos sąnaudas.
4. Tyrimų rezultatai rodo, kad Brauno dujų tiekimas į dyzelinį variklį, veikiantį aliejumi, atskiruose variklio darbo diapazonuose duoda teigiamus energetinius ir ekologinius rezultatus, todėl analogiškus tyrimus tikslinga tęsti, nustatant optimalius reguliuojamus variklio parametrus ir tiekiamą HHO dujų kiekį.

## Literatūra

- 2003/30/EB „Dėl skatinimo naudoti biokurą ir kitą atsinaujinantį kurą transporte“. 2003. Briuselis. 18 p.
- Chaiwongsa, P.; Pornsuwancharoen, N.; Yupapin, P. P. 2009. Effective hydrogen generator testing for on-site small engine, *Physcis Procedia* 2: 93–100.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.phpro.2009.06.015>
- ES Žalioji knyga „Nauja mobilumo mieste kultūra“ 2007. Briuselis. 23 p.
- Yilmaz, A. C.; Uludamar, E.; Aydin, K. 2010. Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines, *International Journal of Hydrogen Energy* 35: 11366–11372.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.07.040>
- Matijošius, J.; Sokolovskij, E. 2009. Research into the quality of fuels and their biocomponents, *Transport* 24(3): 212–217.  
<http://dx.doi.org/10.3846/1648-4142.2009.24.212-217>
- Mažeika, M. Matijošius, J.; 2009. Naftos degalų ir etilo spirito mišiniais veikiančio variklio darbo rodiklių tyrimas, *Mokslas – Lietuvos ateitis* [Science Future of Lithuania] 4(6): 72–76. <http://dx.doi.org/10.3846/mla.2009.6.15>
- Rakopoulos, C. D.; Rakopoulos, D. C.; Hountalas, D. T.; Giakoumis, E. G.; Andritsakis, E. C. 2006. Multi-zone modeling of Diesel engine fuel spray development with vegetable oil, biodiesel or Diesel fuels, *Energy Conversion and Management* 47: 1550–1573.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2005.08.005>
- Surygala, J. 2008. *Wodorod joko paliwo*. Warszawa: Wydawnictwa naukowo-techniczne: 178 p.
- Wang, Y. D.; Al-Shemmeri, T.; Eames, P.; McMullan, J.; Hewitt, N.; Huang, Y.; Rezvani, S. 2006. An experimental investigation of the performance and gaseous exhaust emissions of a diesel engine using blends of a vegetable oil, *Applied Thermal Engineering* 26: 1684–1691.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2005.11.013>
- Wiseman, G. 2006. *Build a High Quality Brown's Gas Electrolyser That Will Exceed the Performance of Any Known Commercial Machine to Date*. Panorama ridge, Canada. 38 p.

## APPLICATION OF BROWN'S GAS FOR A DIESEL ENGINE RUNNING ON RAPESEED OIL

A. Rimkus, T. Ulickas, J. Matijošius, S. Pukalskas, P. Stravinskas

### Abstract

The article presents the analysis of possible applications of Brown's gas to the diesel engine running on oil. The paper also contains a review of experimental works. The selected fuel combinations are as follows: diesel fuel, diesel fuel and Brown's gas, oil (rapeseed oil) and oil and Brown's gas. Test results have shown that an additional supply of Brown's gas to the engine results in a decrease in the amounts of carbon monoxide (CO) and smoke level; however it increases the total emission of nitrous oxides ( $\text{NO}_x$ ). The supply of Brown's gas at low engine load increases comparative effective fuel consumption and reduces high efficiency. Nevertheless, these performance indicators tend to improve at average engine load.

**Keywords:** diesel engine, oil, Brown's gas, diesel fuel.