



18-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,

vykusios 2015 m. gegužės 6 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 18th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 6 May 2015, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 18-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 6 мая 2015 г., Вильнюс, Литва

KELIŲ TRANSPORTO PRIEMONĖMS SKIRTŲ AUKŠTESNĖS KOKYBĖS DYZELINO RŪŠIŲ CHEMINIŲ IR FIZIKINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAI

Nadežda Zamiatina¹, Justas Žaglinskis², Paulius Rapalis³

¹Jūreivystės institutas, Klaipėdos universitetas, Bijūnų 17 Klaipėda, Lietuva

²Vandens transporto technologijų laboratorija, Klaipėdos universitetas, H. Manto 84 Klaipėda, Lietuva

³Jūros chemijos laboratorija, Klaipėdos universitetas, H. Manto 84 Klaipėda, Lietuva

El. paštas: ¹nadezda.zamiatina@ku.lt; ²j.zaglinskis@gmail.com; ³paulius.rapalis@ku.lt

Santrauka. Mažmeninėje naftos produktų rinkoje siūlomi degalai, kurie pristatomi kaip aukštesnės kokybės degalai, savo sudėtyje turintys įvairių priedų, gerinančių degalų bei jais varomų variklių eksploatacines savybes. Šis tyrimas atliktas tiksliai siekiant išsiaiškinti aukštesnės kokybės dyzelinų fizikinių ir cheminių savybių, sąlygojančių variklio darbo parametrų pokytį, pranašumą lyginant su įprasto dyzelino savybėmis. Panaudojant šiuolaikinę laboratorinę įrangą ištyrta keturių didžiausių mažmeninės prekybos tinklų siūlomų aukštesnės kokybės bei įprasto dyzelino (išgijto viename iš tinklų) savybės. Nustatyta, jog vieno iš prekybos tinklų siūlomo įprasto dyzelino savybės yra artimos ar pranašesnės lyginant su kitų tinklų aukštesnės kokybės dyzelinų savybėmis.

Reikšminiai žodžiai: aukštesnės kokybės dyzelinas, kelių transporto degalai, cheminės savybės, fizikinės savybės.

Įvadas

Lietuvos mažmeninės prekybos rinkoje naftos produktų tiekėjai nuolat į rinką įveda naujus degalus su vis naujais degalų savybes gerinančiais priedais.

Šiuo metu praktiškai kiekvienas iš Lietuvoje veikiančių didžiųjų naftos produktais prekiaujančių prekybos tinklų siūlo tam tinklui būdingus aukštesnės kokybės dyzelinius degalus. Vieni mažmeninės prekybos atstovai teigia, jog eksploatuojant transporto priemones, varomas jų pardavinėjama aukštesnės kokybės degalais mažėja variklio degalų sąnaudos, kiti teigia, jog mažėja taršos rodikliai, bei mini, jog šie degalai pasižymi kitomis variklio eksploataciją gerinančiomis savybėmis (Lukoil, Statoil, Neste Oil, Orlen). Taip pat analizuojamų dyzelinių degalų tiekėjai teigia, jog jų siūluose degaluose yra priedų, kurie saugo variklio tiekimo ir įpurškimo sistemas ir jas padeda išlaikyti švaresnes, naikina nuosėdas, mažina koroziją tiekimo, išmetimo ir degimo sistemose, didina cetaninį skaičių bei saugo degalus nuo degradacijos ir kt.

Daugeliu atvejų smulkesnė informacija apie šiuos aukštesnės kokybės degalus nėra teikiama viešoje erdvėje, tik minima, jog degalai atitinka galiojančio standarto EN 590 keliamus reikalavimus ir skirtingais atvejais pabrėžiama, kad juos stipriai lenkia. Kasdieninėmis sąlygomis eksploatuojant transporto priemones sunku išvelgti degalų suteikiamą ekonominę ar kitokią naudą, tačiau

tiriant aukštesnės kokybės degalų fizikines ir chemines savybes, lyginant jas su įprastų degalų savybėmis bei analizuojant jų įtaką variklio darbo parametrui, galima spręsti apie variklio darbo parametrų pasikeitimą.

Tyrimams pasirinkti tiek privačiam, tiek ir komerciniam transportui svarbūs mažmeninės prekybos rinkoje paplitę aukštesnės kokybės dyzeliniai degalai bei viename iš šių tinklų išgijtas įprastas dyzelinas.

Tyrimų metodika

Tyrimuose panaudoti keturi aukštesnės kokybės žieminės rūšies (išgijti sausio mėnesį) dyzeliniai degalai (dyzeliniai), kurie Lietuvoje pardavinėjami labiausiai paplitusių mažmeninės prekybos tinklų degalinėse. Šie degalai tiriamajame darbe indukuojami raidėmis Pd, V, M, E bei palyginimui, vienoje iš pasirinktų tinklo degalinių išgijtas įprastas dyzelinas – D. Visi tiriamieji degalai atitiko EN 590 standarte nurodytus reikalavimus.

Tyrimams panaudoti šiuolaikiški prietaisai, kurių tikslumas ir pateiktas 1 lentelėje.

Aukštutinis ir žemutinis šilumingumas nustatyti kalorimetru IKA C 5000 (DIN 51900 „Kietas ir skystas kuras – Aukštutinės šilumingumo vertės nustatymas kolorimetrinėje bomboje ir žemutinio šilumingumo išskaičiavimas – 2 dalis: Isoperibolinio ar statinio kalorimetru naudojimo metodas“). Tam kad išskaičiuoti žemutinį

šilumingumą, buvo nustatytas vandenilio kiekis degaluose. Vandenilio kiekis buvo nustatytas naudojant elementinės sudėties analizatorių „Elementar varioMacro“. Analizatoriuje dyzelino mėginiai sudegina ir degimo produktai analizuojami katarometru. Pliūpsnio temperatūra nustatyta FP93 5G2 Penskio-Martensio pliūpsnio temperatūros analizatoriumi (ISO 2719 „Naftos produktai – Pliūpsnio temperatūros uždarame Penski-Martensio tiglyje nustatymo metodas“). Dinaminė ir kinematinė klampa bei tankis nustatyti Anton Paar SVM 3000/G2 Stabinger Viscometer analizatoriumi (ASTM D7042 „Standartinis skysčio dinaminės klamos ir tankio nustatymo metodas su Stabingerio viskozimetru (ir kinematinės klamos išskaičiavimas“). Atsparumas oksidacijai nustatytas PetroOXY analizatoriumi (EN 16091 „Skystieji naftos produktai – Vidutinių distiliatų ir riebalų rūgščių metil esterių [RRME] degalai ir mišiniai – Atsparumo oksidacijai nustatymas nedidelės apimties sparčiosios oksidacijos metodu“). Ribinė filtruojamumo temperatūra (EN 116 „Dyzelinis kuras ir pastatų šildymo kuras – Šalto filtro užkimšimo temperatūros nustatymas“) ir ribinė stingimo temperatūra (ISO 3016 „Naftos produktai – Takumo temperatūros nustatymas“) nustatyta FPP 5Gs šaltųjų charakteristikų analizatoriumi. Vandens kiekis degaluose – Aquamax KF Coulometric prietaisu (ISO 12937 „Naftos produktai – Vandens nustatymas – Kulonometrinio titravimo metodas pagal Karlą Fišerį“). Cetaninis skaičius (ASTM D613) ir indeksas (ASTM D4737 „Dyzelinio kuro cetaninio skaičiaus nustatymas, centrinis – Cetaninio indekso skaičiavimas pagal keturias kintamąsias lygtys“) nustatyti PetroSpec turbininių ir dyzelinių degalų analizatoriumi.

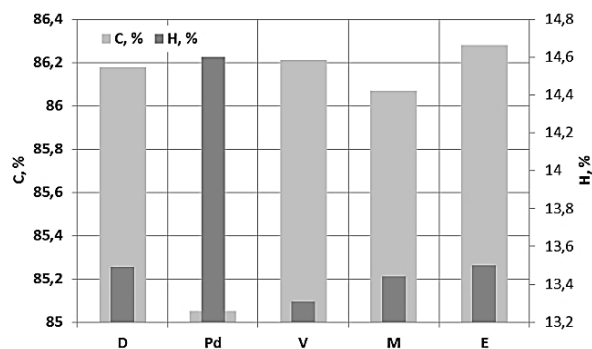
1 lentelė. Parametrų nustatymo techninė informacija

Parametras	Prietaisas	Metodika	Tikslumas
Aukšt. šiluming., J/g	IKA C 5000	DIN 51900-2	130 J/g
Žemut. šiluming., J/g			
Pliūpsnio temp., °C	FP93 5G2	ISO 2719	0,03 °C
Dinam. klampa, mPa·s	Anton Paar SVM 3000/G2	ASTM D7042	0,1 %
Kinem. klampa, mm ² /s			0,1 %
Tankis, g/cm ³			0,0002 g/cm ³
Atsparumas oksid., min.	PetroOXY	EN 16091	0,1 %
Rib. filtruoj. temp., °C	FPP 5Gs	EN 116	1 °C
Rib. stingimo temp., °C	CPP 5Gs	ISO 3016	3 °C
Vandens kiekis, % mas.	Aquamax KF	ISO 12937	0,0003 %
Cetaninis skaičius	PetroSpec	ASTM D613	0,05 %
Cetaninis indeksas		ASTM D4737	0,05 %

Kiekvieno parametro reikšmė nustatyta matuojant jį 3–5 kartus ir vedant vidurkį.

Tyrimų rezultatai ir analizė

Pirmajame fizikinių ir cheminių dyzelinių savybių tyrimų etape buvo nustatyta cheminė elementinė degalų sudėtis. Nustatyta anglies (C), vandenilio (H) ir azoto (N) elementų dalis degaluose. Pastarojo elemento dalis visuose tirtuose dyzelinuose svyruoja 0,02–0,05 % diapazone.



1 pav. Elementinės anglies ir vandenilio kiekio degaluose nustatymo rezultatai

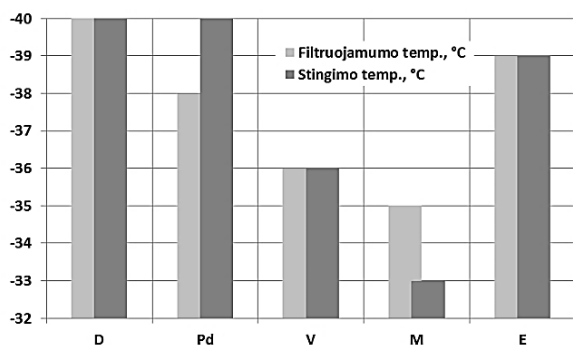
Analizuojant pagrindinių energijos nešėjų (C, H) nustatymo duomenis (1 pav.) pastebimi aiškūs skirtumai. Pd dyzelinas santykinai ženkliai lenkia kitus dyzelinus didžiausią šilumingumą turinčio H kiekiu degaluose, o taip pat pasižymi mažesniu nepilno degimo produktų emisijos rodiklių padidėjimą sąlygojančios C kiekiu. Likusių aukštesnės kokybės dyzelinų C ir H rodikliai yra artimi įprastam dyzelinui ir svyruoja diapazonuose atitinkamai 86,0–86,3 % ir 13,3–13,5 %.

Šaltuoju metų laiku vienos svarbiausių degalų eksploatacinių charakteristikų yra žemos temperatūros arba žematemperatūrinės charakteristikos. Geresnėmis žematemperatūrinėmis savybėmis pasižymintys degalai leidžia palengvinti ir pagerinti variklio paleidimą bei eksploataciją šaltuoju metų periodu. Šias savybes apibūdina tokie parametrai kaip drumstimosi, stingimo (ribinė) ir šalto filtro (ribinė) filtruojamumo temperatūra (Mollenhauer, Tschoeke 2010). Drumstimosi temperatūra tai temperatūra, kuriai esant šaldomuose degaluose vaško kristalai tampa matomi plika akimi. Stingimo temperatūra tai temperatūra, kuriai esant degaluose esantis vaškas nebetirpsta ir pradeda formuotis „želinę“ masę, taigi tai yra žemiausia temperatūra, kuriai esant degalai gali formuotis tekėjimo srautą. Šalto filtro užsikimšimo temperatūra arba ribinė filtruojamumo temperatūra paprastai naudojama kaip rodiklis, apibūdinti degalų eksploatacinių savybes esant šaltoms klimato sąlygoms. Pastarojo rodiklio nustatymas pagrįstas temperatūros nustatymu, kuriai pasiekus atitinkamą reikšmę bandomasis degalų filtras pradeda kimštis dėl šaldomuose degaluose susidarančių kristalų. Pastarieji du parametrai buvo nustatyti tiriant pasirinktus dyzelinius degalus (2 pav.).

D, Pd, E pasižymi geresnėmis žemos temperatūros savybėmis lyginant su V ir M degalais (2 pav.). Analizuojant rezultatus pastebima, jog vieno tiekėjo prekiaujamo įprasto dyzelino žematemperatūrinės savybės yra geresnės lyginant su kitų prekybos tinklų siūlomais aukštesnės kokybės dyzelinais.

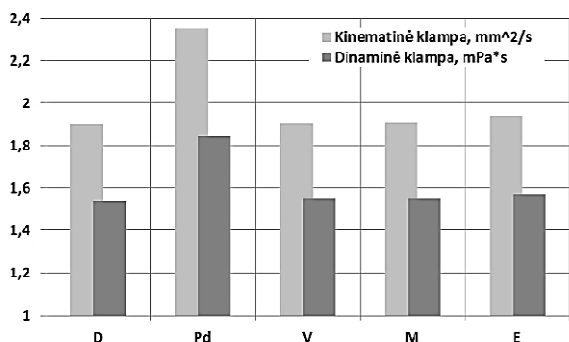
Kitas svarbus degalų rodiklis yra kinematinės ir dinaminės klamos rodiklis. Klampa indikuoja medžiagos (jos sluoksnių) pasipriešinimą judėjimui, o tai sąlygoja degalų įpurškimo ir išpurškimo kokybę, ypač esant žemesnėms aplinkos temperatūroms (Mollenhauer, Tschoeke 2010). Dinaminė klampa nurodo darbą, kuri reikia atlikti pernešant skysčio tūrio srauto vienetą. Kinematinė klampa išskaičiuojama iš dinaminės klamos tankio san-

tykio. Tai kinematinė klampa nurodo darbą, kurį reikia atlikti pernešant skysčio masės srauto vienetą.

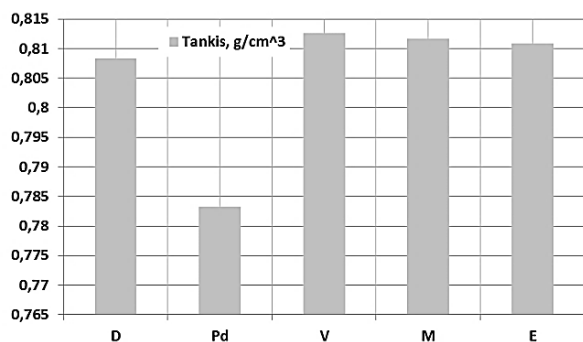


2 pav. Stingimo ir šalto ribinė filtruojamumo temperatūros nustatymo rezultatai

Atlikus nustatytą kinematinės ir dinaminės klampos rodiklių analizę matomas (3 pav.) artimas reikšmių išsiskaidymas (atitinkamai $\sim 1,9 \text{ mm}^2/\text{s}$ ir $\sim 1,5 \text{ mPa}\cdot\text{s}$), tačiau dyzelinas Pd pasižymi aukštesnių reikšmių rodikliais (atitinkamai $\sim 2,35 \text{ mm}^2/\text{s}$ ir $\sim 1,84 \text{ mPa}\cdot\text{s}$). Nors tiekėjai teigia, kad Pd dyzelinas dėl savo išskirtinių savybių yra naujos kartos ir jam Lietuvoje šiuo metu analogų nėra, tačiau įprasta, jog degalų įpurškimo ir išpurškimo kokybės atžvilgiu didesnės klampos rodikliais pasižymintys degalai vertinami prasčiau. Tačiau degalų įpurškimo ir išpurškimo kokybei ne ką mažiau svarbus degalų tankio rodiklis, kurio tyrimai parodė (4 pav.), jog Pd degalai pasižymi 3,1–3,5 % sumažėjimu lyginant su kitais dyzelinais. Likusių dyzelinų tankio rodiklio santykinis nesutapimas siekia iki 0,5 %.



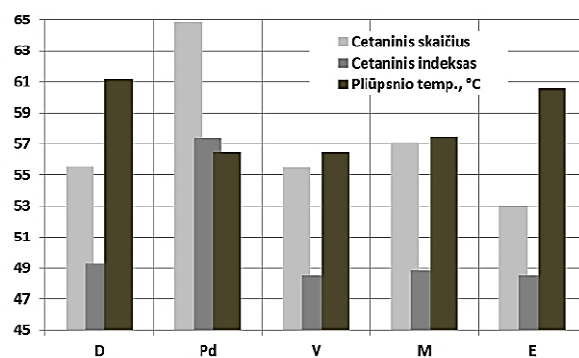
3 pav. Kinematinės ir dinaminės klampos nustatymo rezultatai



4 pav. Tankio nustatymo rezultatai

Mažesnis degalų tankis gali palengvinti jų išpurškimą bei, kartu gerinant kitas degalų savybes (didinant cetaninį skaičių, šilumingumą ir kt.), sumažinti degalų sąnaudas (pagal masę).

Pagal galiojančio standarto reikalavimus dyzelinių degalų cetaninis skaičius ir indeksas negali būti mažesnis nei atitinkamai 51 ir 46 vienetai (LST EN 590:2009+A1). Analizuojant cetaninio skaičiaus ir indekso tyrimų rezultatus pastebėta, jog įprastas dyzelinas nenusileidžia kitų tinklų siūlomų aukštesnės kokybės dyzelinams V, M, E, o skirtingais atvejais juos lenkia (5 pav.). Išskirtinai aukštais rodikliais pasižymi Pd dyzelinas, kuris kitus tiriamus degalus lenkia ~ 8 – 12 cetaninio skaičiaus ir ~ 8 – 9 cetaninio indekso vienetais. Ši Pd dyzelino savybė palengvina variklio paleidimą, esant didesniam degalų cetaniniam skaičiui variklio darbo procesas „minkštėja“ dėl trumpesnės užsiliepsnojimo gaišties, slėgio cilindre piko (maksimumo) reikšmės mažėja tuo pačiu mažėja detalių paviršių apkrovos (Mollenhauer, Tschoeke 2010).



5 pav. Cetaninio skaičiaus, cetaninio indekso ir plūpsnio temperatūros nustatymo rezultatai

Žinoma, jog užsiliepsnojimo gaišties sutrumpėjimas mažina šilumos išsiskyrimą pirmoje – kinetinėje degimo fazėje, ir dauguma atvejų, didina šilumos išsiskyrimo intensyvumą antroje – difuzinėje degalų degimo cilindre fazėje (Lebedevas *et al.* 2010; Qi *et al.* 2010, Rosca *et al.* 2009). Rezultate gerėja energijos panaudojimo efektyvumas, o nepilnos degalų oksidacijos medžiagų (anglies monoksido, nesudegusių angliavandenilių, suodžių) emisijos rodikliai mažėja. Kitų mokslininkų atlikti tyrimai (Icingur, Altıparmak 2003; Yuanwang 2002; Kent 1995) rodo, jog dyzeliniame variklyje panaudojant aukštesniu cetaniniu skaičiumi pasižymintį degalą galima sulaukti mažesnių taršos rodiklių.

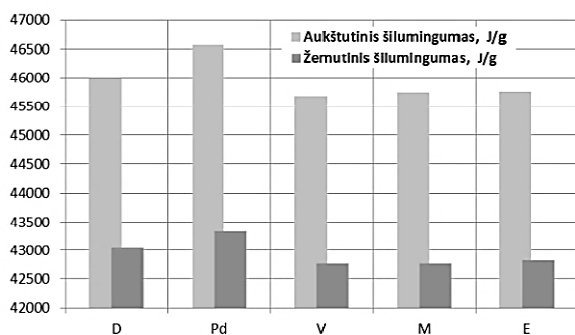
Buvo ištirtas (5 pav.) saugiam transportavimui, sandėliavimui bei eksploatavimui aktualus rodiklis – plūpsnio taškas. Plūpsnio taškas tai temperatūra, kurią pasiekus esant tiesioginiam kontaktui su atvira ugnimi degalai užsiliepsnoja. Dyzelino plūpsnio temperatūra pagal EN 590 standartą turi būti ne žemesnis kaip 55°C . Visi tiriamieji degalai tenkina standarto keliamus reikalavimus, o dyzelinai Pd ir E pasižymi „saugesnėmis“ savybėmis, tačiau dėl aukštesnės plūpsnio taško reikšmės gali būti daroma neigiama įtaka variklio užvedimo ir įšilimo savybėms, o taip pat gali būti anglies nuosėdų susidarymo degimo kameroje priežastimi (Silitonga *et al.* 2013).

Aukštutinis ar žemutinis degalų šilumingumas yra vienas iš labiausiai degalų vartotojų dominančių rodiklių, priklausančių nuo degalų cheminės sudėties, ir leidžiantis tiesiogiai įvertinti vienų degalų pranašumą prieš kitus degalus. Tačiau degalų tiekėjai neteikia jokios informacijos apie šį rodiklį. Aukštutinis degalų šilumingumas yra matuojamas dydis, nusakantis išskirtos energijos kiekį sudegus vienam degalų masės vienetui. Žemutinis degalų šilumingumas (H_z) yra itin svarbus degalų degimo variklyje efektyvumo nustatymui t. y. šis rodiklis figūruoja variklio naudingumo koeficiento skaičiavimuose ir yra apskaičiuojamas įvertinant vandenilio kiekį tiriamuosiuose degaluose pagal išraišką:

$$H_z = H_A - (H \cdot 218,13) \text{ J/g}, \quad (1)$$

čia H_A – kuro aukštutinis šilumingumas, J/g; H – vandenilio kiekis degaluose, %; 218,13 – konstanta, rodanti su-naudojamos šilumos kiekį vandens garams susidaryti.

Tyrimo rezultatai parodė (6 pav.), jog Pd dyzelino šilumingumas yra vidutiniškai ~1,8 % (aukštutinis) ir ~1,3 % (žemutinis) didesnis nei dyzelinų V, M, E ir atitinkamai ~1,2 % ir ~0,7 % didesnis nei įprasto dyzelino.

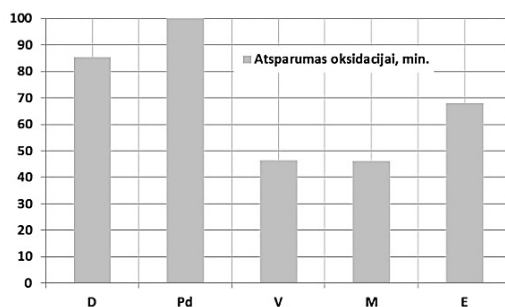


6 pav. Aukštutinio ir žemutinio degalų šilumingumo nustatymo rezultatai

Atsparumas oksidacijai nustato degalų tendenciją oksiduotis ir formuoti dervas. Cheminiai degalų pokyčiai, atsirandantys transportavimo ir saugojimo metu yra susiję su angliavandenilių oksidacija. Oksidacijos produktų kaupimasis degaluose blogina jų savybes, deringos medžiagos gali formuoti nuosėdas, kurios neigiamai veikia filtrus, purkštukus ir siurblius, sudaro polinkį formuotis nuodegoms ir lakams. Atsparumas oksidacijai priklauso nuo oksidacijos reakcijos greičio, angliavandenilių struktūros (Petrotest 2009), temperatūros, produktuose esančių oksidacijos reakcijos katalizatorių, oksidacijos reakcijos inhibitorių, šviesos ir radiacijos poveikio (Rosca *et al.* 2009). Degraduojant degalams vyksta eilė cheminių procesų, kurie sąlygoja vieną iš svarbiausių fizikinių parametrų – tankio ir klampos pablogėjimą (padidėjimą). Šių parametrų pablogėjimas (Lebedevas *et al.* 2013) gali sąlygoti prastesnį degalų purkštukų darbą t. y. degalų įpurškimo ir išpurškimo savybes bei didesnį degalų (pagal masę) padavimą į cilindrą, o tai iš dalies sąlygoja variklio degalų sunaudojimo padidėjimą.

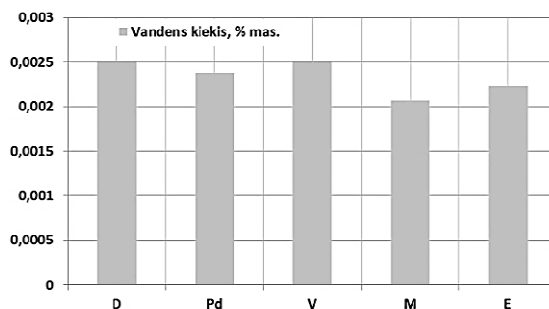
Atliktų atsparumo oksidacijai tyrimų rezultatai parodė (7 pav.), jog Pd bei D pasižymi geriausiomis (iš vertinamų-

jų degalų) atsparumo oksidacijai savybėmis. Kitų tirtų aukštesnės kokybės dyzelinų atsparumo oksidacijai rodikliai yra prastesni ir siekia 45–70 % nuo Pd rodiklio reikšmės, tuo tarpu kai įprastas dyzelinas sudaro apie 85 %.



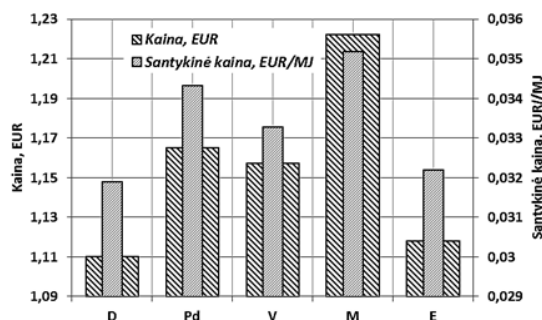
7 pav. Atsparumo oksidacijai nustatymo rezultatai

Vanduo degaluose yra nepageidaujamas, esant žemoms aplinkos temperatūroms jis formuoja ledo kristalus, kurie gali užkimšti degalų tiekimo elementus. Vandens kiekio degaluose tyrimų rezultatai parodė (8 pav.), jog tirtųjų dyzelinų rodikliai yra artimi ir išsibarsto 0,0021–0,0025 % diapazone.



8 pav. Vandens kiekio degaluose nustatymo rezultatai

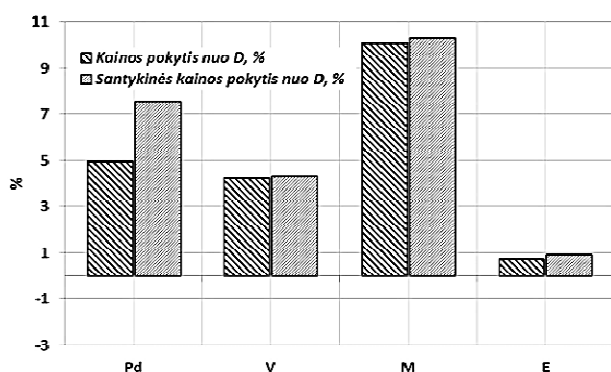
Kitas degalų vartotojui svarbus rodiklis yra kaina. Lyginant su įprasto dyzelino kaina, aukštesnės kokybės dyzelinų kainos padidėjimas svyruoja nuo 0,01 iki 0,11 euro (9 pav.), tai sudaro nuo ~1 iki 10 %. Toks pokytis yra ženklus, o priežastys tokio kainų pasiskirstymo nėra žinomos. Kainų analizei tikslinga panaudoti santykinus dydžius, kurie galėtų įvertinti energijos kainą per kamų degalų tūrio vienetą.



9 pav. Degalų kainos absoliučiais ir santykiniais dydžiais

Po santykinų kainų analizės ryškesnis persiskirstymas pastebimas tik Pd dyzelino atveju (10 pav.). Lygi-

nant su įprasto dyzelino kaina, Pd dyzelino absoliuti kaina yra ~5 % didesnė, o vertinant santykinę kainą – stebimas 7,6 % padidėjimas. V, M, E dyzelių absoliučios ir santykinės kainos pokytis yra artimas.



10 pav. Degalų absoliučios ir santykinės kainos pokytis

Pd dyzelino įtraukimas į bendrą aukštesnės kokybės dyzelių kainų vertinimą nėra itin korektiškas, nes atskirais atvejais šio dyzelino cheminės ir fizikinės savybės stipriai skiriasi nuo kitų, o tai gali skirtingai sąlygoti dyzelinio variklio darbo parametrus. Gilesniam degalų ekonomiško, o taip pat taršos rodiklių vertinimui neišvengiamai reikalingi variklinių savybių tyrimai, tačiau degalų variklinių savybių analizė nėra itin korektiška nenaudo-

jant degalų cheminių ir fizikinių savybių analizės duomenų.

Išvados

Atlikus aukštesnės kokybės kelių transportui skirtų dyzelių degalų fizikinių ir cheminių savybių tyrimų rezultatų analizę galima teigti, jog:

- Pd dyzelinas ištirtų savybių atžvilgiu daugeliu atvejų yra pranašesnis už D, V, M, E dyzelinus. Atsižvelgiant į santykinai ryškius tiriamųjų savybių parametrų pokyčius, Pd dyzeliną nėra tikslinga grupuoti kartu su V, M, E aukštesnės kokybės dyzelinais.

- V, M, E dyzelių tyrimų rezultatai yra artimi įprasto dyzelino rezultatams, todėl daroma prielaida, kad aukštesnės kokybės dyzelinuose (V, M, E) žemo lygio tiriamųjų savybių pagerėjimas pasiekiamas naudojant priedus, o ne gamybos proceso modifikacijų pagalba.

- Įprasto dyzelino įsigijimas buvo vykdomas atsitiktinai iš pasirinktų tiekėjų. Tyrimai parodė, jog įprastas dyzelinas tirtomis savybėmis nenusileidžia kituose tinkluose įsigytų V, M, E dyzelių savybėms. Šios analizės papildymas kiekvieno iš tinklų siūlomų įprastų dyzelių savybių tyrimų rezultatais suteiktų informacijos, kuri leistų visiškai suvokti Lietuvos didžiausių naftos produktų prekybos tinkluose prekiaujamų aukštesnės kokybės bei įprasto dyzelino kokybinių savybių skirtumus.

Literatūra

- Icingur, Y.; Altıparmak, D. 2003. Effect of fuel cetane number and injection pressure on a DI Diesel engine performance and emissions, *Energy Conversion and Management* 44(3): 389–397.
- Kent, B.; Terry, L.; Ullman, L.; Robert, L. M. 1995. Effects of cetane number, aromatics and oxygenates on emissions from 1994 heavy-duty Diesel engine with exhaust catalyst. SAE 950250.
- Kuronen, M. 2013. Neste oil. Introduction to HVO, a Premium bio based diesel [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://degalines.orlenlietuva.lt/repository/Leaflet_verva_LT_inside_copy_small.pdf>.
- Lebedevas, S.; Lebedeva, G.; Makareviciene, V.; Kazanceva, I.; Kazancev, K. 2010. Analysis of the ecological parameters of the diesel engine powered with biodiesel fuel containing methyl esters from Camelina sativa oil, *Transport* 25(1): 22–28.
- Lebedevas, S.; Makareviciene, V.; Sendzikiene, E.; Zaglinskis, J. 2013. Oxidation stability of biofuel containing Camelina sativa oil methyl esters and its impact on energy and environmental indicators of diesel engine. *Energy Conversion and Management* 65: 33–40.
- LST EN 590:2009+A1:2010. Automobiliniai degalai. Dyzelinas. Reikalavimai ir tyrimo metodai [Automotive fuels – Diesel – Requirements and test methods].
- Lukoil Ecto Eurodiesel [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://en.lukoil.com.tr/384/sayfalar/ecto-eurodiesel>>.
- Mollenhauer, K.; Tschoeke, H. 2010. *Handbook of Diesel engines*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer. 636 p.
- Orlen. Degalai Verva – daugiau galios Jūsų automobiliui. [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://degalines.orlenlietuva.lt/repository/Leaflet_verva_LT_inside_copy_small.pdf>.
- Petrotest. 2009. Oxidation Stability. PetroOXY [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 19 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.tqsr.com/wp-content/uploads/98-1510-Oxidation-Stability-PetroOXY-2.pdf>>.
- Pulkrabek, W. W. 2003. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. 2nd edition. 411 p. ISBN-13:978-0131405707.
- Qi, D. H.; Chen, H.; Geng, L. M.; Bian, Y. Z. H. 2010. Experimental studies on the combustion characteristics and performance of a direct injection engine fueled with biodiesel/diesel blends, *Energy Conversion and Management* 51(12): 2985–2992.
- Rosca, R.; Carlescu, P.; Rakosi, E.; Manolache, G. 2009. Fueling an D.I. agricultural diesel engine with waste oil biodiesel: effects over injection, combustion and engine characteristics, *Energy Conversion and Management* 50(9): 2158–2166.

- Silitonga, A. S.; Masjuki, H. H.; Mahlia, T. M. I.; Ong, H. C.; Atabani, A. E.; Chong, W. T. 2013. A global comparative review of biodiesel production from jatropha curcas using different homogeneous acid and alkaline catalysts: Study of physical and chemical properties, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24: 514–533.
- Statoil Fuel and Retail. Esminiai faktai apie miles ir miles Plus dyzeliną [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.statoil.lt/lt_LT/pg1334084020460/Privatiems/DEGALAI/miles/milesdyzelinas.html>.
- Yuanwang, D.; Meilin, Z.; Dong, X.; Xiaobei, C. 2002. An analysis for effect of cetane number on exhaust emissions from engine with the neural network, *Fuel* 81(15): 1963–1970.