



ALTERNATYVIŲ DEGALŲ PANAUDOJIMAS DYZELINIAME VARIKLYJE

Valentina Vilutienė¹, Gvidonas Labeckas², Stasys Slavinskas²

¹Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija, ²Aleksandro Stulginskio universitetas

Anotacija

Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademijoje Inžinerinės vadybos katedroje vykdomas mokslo projektas „Aviacinio ir kito alternatyvaus kuro panaudojimo galimybių Lietuvos kariuomenės sausumos transporto priemonėse tyrimas“ kartu su Aleksandro Stulginskio universiteto Transporto ir jėgos mašinų instituto mokslininkais. Siekiant dyzeliniuose varikliuose panaudoti reaktyvinius degalus AB „ORLEN Lietuva“ Kokybės tyrimų centro laboratorijoje buvo nustatomi degalų: dyzelino (NATO kodas F-54) pagal LST EN 590, reaktyvinių degalų (NATO kodas F-35 ir F-34) pagal ASTM-D 1655 ir U.S.MIL-DTL-83133E bei reaktyvinių degalų su priedais kokybės rodikliai. Išanalizavus ir palyginus pagrindinius degalų kokybės rodiklius nustatyta, kad reaktyviniai degalai su priedais atitinka dyzelinių degalų technines charakteristikas: cetaninį skaičių, tepimo savybes, šiluminę vertę masės vienetui, sieros koncentraciją ir gali būti naudojami sausumos transporte.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: dyzelinis variklis, reaktyviniai degalai, dyzeliniai degalai, degalų kokybės rodikliai.

Išvadas

Mineralinių degalų (pvz., naftos) ištekliai pasaulyje sparčiai mažėja ir šiuo metu ypač svarbūs tyrimai, kurių rezultatai leistų efektyviau panaudoti mineralinius (neatsinaujinančių šaltinių) degalus ir didintų iš atsinaujinančių šaltinių pagamintų alternatyvių degalų naudojimą (McDonnell 2000).

ES šalyse jau dabar naudojami iki 5% biodegalų mišiniai, ateityje planuojama palaipsniui pereiti prie 7,5% ir 10% biodegalų mišinių (CEN 2009).

Dyzeliniai varikliai projektuojami dirbti tradiciniais mineraliniais degalais, todėl juos maitinant biodegalais, iškyla įvairios techninės problemos. Naudojant mišinius su didesniu biodegalų kiekiu pakinta degalų techninės savybės: padidėja tankis ir klampa, sumažėja šilumingumas, pakinta cetaninis skaičius, užšalimo temperatūra ir kt. Šie rodikliai įtakoja biodegalų tiekimo ir įpurškimo charakteristikas bei degiojo mišinio kokybę, kuri savo ruožtu turi įtakos dyzelinio variklio darbo efektyvumo ir ekologiniams rodikliams (Graboski 1998), (Labeckas 2006).

Pasaulyje atlikta nemažai tyrimų biodegalų panaudojimo tematika, tačiau vienareikšmio atsakymo į klausimą, koks galėtų būti rekomenduotinas dyzelinių degalų ir biodegalų maišymo santykis, nėra. Taip pat nėra išsamių tyrimų apie rodiklius reaktyvinių degalų bei reaktyvinių degalų ir biodegalų mišinių, kurie galėtų būti naudojami dyzeliniuose varikliuose kaip alternatyvus kuras (Lotko 2000), (Nwafor 2004).

Iš dalies biodegalų ir jų mišinių fizinių ir cheminių savybių pokyčius galima valdyti naudojant reaktyvinius degalus (aviacinį žibalą), reaktyvinių ir dyzelinių degalų mišinius bei degalų priedus (Specifikacija DCSEA 108/A

2001). Ekonominiu ir ekologiniu aspektu aktualu ištirti ir nustatyti optimalias reaktyvinių degalų priedų koncentracijas, siekiant dyzeliniuose varikliuose panaudoti reaktyvinius degalus.

NATO komitetas 2004 m. patvirtino Vieno kuro politiką (Single fuel policy) (NATO Logistics Handbook 1997). Ši politika reiškia, kad dyzelinis kuras sausumos transporto priemonėse, kurių variklių veikimas pagrįstas suslėgto oro ir kuro mišinio savaiminiu užsiliepsnojimu, buvo pakeistas aviaciniu žibalu, dar vadinamu reaktyviniais degalais. Šis pakeitimas Lietuvos kariuomenėje buvo vykdomas tik tarptautinėse operacijose, tokiose kaip Provincijos atkūrimo grupė (PAG) Afganistane ir taikos palaikymo misija Irake. Tačiau pastaruoju metu jau yra bandoma pradėti taikyti Vieno kuro politiką ir Lietuvos Respublikos teritorijoje.

Per penkerių metų laikotarpį nuo 2005 m. iki 2010 m. reaktyvinių degalų panaudojimo Lietuvos kariuomenės tarptautinėse operacijose Afganistane padaugėjo pranešimų apie kuro sistemos komponentų gedimą. Šie gedimai galėjo būti sukelti naudojant reaktyvinius degalus dyzeliniais varikliais varomuose automobiliuose. Vadinas, šis vieningas kuras nėra optimalus dyzeliniams varikliams.

Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademijoje Inžinerinės vadybos katedroje vykdomas mokslo projektas „Aviacinio ir kito alternatyvaus kuro panaudojimo galimybių Lietuvos kariuomenės sausumos transporto priemonėse tyrimas“ kartu su Aleksandro Stulginskio universiteto Transporto ir jėgos mašinų instituto mokslininkais.

Vykdomame projekte tiesioginiais tyrimais nustatoma dyzelino ir reaktyvinių degalų, jų priedų, įtaka deginių

emisijai, dyzelinių variklių darbo, degalų kokybės rodikliams.

Šiame straipsnyje pateikta su degalų kokybės rodikliais susijusi mokslo projekto dalis.

NATO naudojami degalai

NATO naudojami tokie degalai.

Antžeminio transporto degalai:

F-67 – Tai neetiliuotas benzinas (gazolinas) automobiliams (min. oktaninis skaičius 95).

Aviaciniai degalai:

F-18 – Tai žemo lygio aviacinis benzinas skraidymo aparatams su stūmokliniais varikliais. Tokie degalai naudojami kai kuriose šalyse, dažniausiai skraidymo aparatuose, skirtuose mokomiesiems tikslams ir jie žinomi kaip AVGAS.

F-34 – Tai žibalo tipo turbininiai aviaciniai degalai, naudojami ant žemės esančių karinių skraidymo aparatų dujų turbininiams varikliams. Taip pat žinomi kaip JP-8 arba AVTUR/FSII. Šių degalų sudėtyje yra degalų sistemos apledėjimo lėtiklis (inhibitorius) S-1745 (priedas, žeminantis vandens, išsiskiriančio iš degalų dideliame aukštyje, užšalimo temperatūrą, kuris leidžia išvengti ledo kristalų, ribojančių paduodamų į variklį degalų srautą, susidarymą ir tepalingumą gerinantis priedas S-1747.

F-35 – Tai žibalo tipo turbininiai aviaciniai degalai, naudojami ant žemės esančių karinių skraidymo aparatų dujų turbininiams varikliams. Žinomi komerciniais pavadinimais Jet-A1 arba AVTUR. Tokie degalai yra ekvivalentiški F-34, tačiau jų sudėtyje nėra S-1745 ir S-1747 priedų.

F-37 – Tokie degalai yra ekvivalentiški F-34, bet jų sudėtyje yra terminį stabilumą gerinantis priedas S-1749 (reikalingas nuosėdų susidarymo skraidymo aparato degalų sistemoje lėtinimui esant aukštomis temperatūroms). Jie naudojami tikta keliose šalyse ir neleidžiami naudojimui tarpusavio techniniam aptarnavimui NATO sistemos viduje.

F-40 – Tai yra plačių frakcijų (plačių virimo temperatūrų ribų) turbininiai aviaciniai degalai, naudojami ant žemės esančių karinių skraidymo aparatų dujų turbininiams varikliams. Taip pat žinomi kaip AVTAG. Šių degalų sudėtyje yra degalų sistemos apledėjimo lėtiklis (inhibitorius) S-1745 ir tepalingumą gerinantis priedas S-1747. Šio tipo degalai tebenaudojami tik keliose šalyse, dažniausiai mokomiesiems tikslams. Jie taip pat yra nurodyti NATO sąrašuose kaip F-34/F-35 pakaitalas ekstremalių situacijų atvejams.

F-44 – Tai žibalo tipo aukštos pliūpsnio temperatūros turbininiai aviaciniai degalai, naudojami laivais transportuojamų karinių skraidymo aparatų dujų turbininiams varikliams. Taip pat žinomi kaip JP-5 arba AVCAT. Šių degalų sudėtyje yra S-1745 ir S-1747 priedų.

Dyzeliniai degalai:

F-54 – Tai karinės paskirties komerciniai dyzeliniai degalai kompresinio uždegimo varikliams pagal EN 590, ekvivalentiški JAV dyzeliniams degalams DF-2.

F-63 – Tai žibalo tipo dyzeliniai degalai varikliams. Tai yra F-34, į kuriuos pridėta daugiafunkcinio priedo S-1750 (didina cetaninį skaičių, gerina tepimo gebą). Skirti tikta antžeminiams įrenginiams ir neturi būti naudojami skraidymo aparatuose.

Vieno kuro politika

Degalai yra prekė, turinti esminę svarbą NATO gynybinės veiklos planavimui, taip pat socialinės sferos bei ekonomikos stabilumo palaikymui. Keletas NATO komitetų yra susiję su aprūpinimu degalais ir tokio aprūpinimo planavimu.

AC/112 NATO Degalų ir tepalų darbo grupė nagrinėja techninius karinės paskirties degalų klausimus, koordinuoja Vieno kuro politiką. Ši grupė parengia laivyno, sausumos ir oro karinių struktūrų naudojamų degalų, tepalų, alyvų ir su jais susijusių produktų standartizacijos aspektus ir procedūras. Šiais veiksmais siekiama padidinti NATO ir NATO vadovaujamų pajėgų veiksmingumą ir funkcionalumą. Šiai darbo grupei padeda Laivyno, Armijos ir Aviacijos degalų ir tepalų darbo pogrupiai (NATO Logistics Handbook 1997).

Naftos tvarkymo įrenginių darbo grupė pateikia degalų tvarkymo įrenginių standartizaciją, NATO 1135 STANAG'e (Standartizacijos sutartyje, kitaip kariniame standarte) nurodytų degalų bei tepalų tvarkymo procedūrų standartizaciją.

Dar 1986 m. parengta pirminė Vieno kuro koncepcija, kurios tikslas buvo maksimalaus įrenginių daugiavertumo siekimas naudojant karinėse operacijose vienintelį kurą, būtent reaktyvinius degalus F-34, žemėje esantiems kariniams lėktuvams, transporto priemonėms ir įrenginiams. Po to sekė daugybė jos tyrimų ir susijusių su ja mokslinių darbų, atliekamų narių ir partnerių šalyse. 2004 m. NATO komitetas patvirtino Vieno kuro politiką.

Jos įdiegimo procesą sudaro trys etapai. Pirmasis etapas jau baigtas. Plačių frakcijų turbininiai aviaciniai degalai F-40, kurie dažniausiai naudojami mokomiesiems tikslams, buvo keičiami į žibalo tipo aviacinius degalus F-34 žemėje esantiems kariniams lėktuvams.

Antrajame etape dyzelinis kuras F-54 yra keičiamas į F-34 sausumos transporto priemonėse ir įrenginiuose su kompresiniu uždegimu arba turbininiais varikliais, dislokuotais karo lauke. Šio etapo darbus savarankiškai atlieka kiekviena NATO ir partnerių šalis pagal jų įrenginių pakeitimo programas, atsižvelgiant į pajėgų ir partnerystės tikslus.

Trečiajame etape yra numatytas benzino (gazolino) F-67 naudojimo karinėse operacijose, t. y. kariniams tikslams atsisakymas. Benzino poreikis bus labai menkas, kad jį galima būtų tiekti pagal šalių vidaus sutartis arba dvišales sutartis (t. y. naudojant kanistrus, statines arba kt. talpas). Šis etapas tebevyksta, bet gali būti užbaigtas dar nepasibaigus antrajam etapui. Tačiau nepilotuojamiems skraidymo aparatams gazolino F-67 poreikis auga. Aviacinių degalų F-34 atitikimas pasauliniam kokybės standartui skatina Vieno kuro politikos įdiegimą.

Vieno kuro naudojimo nauda logistikos požiūriu yra susijusi su daugybe techninių, operacinių, ekonominių ir aplinkosauginių veiksnių, tačiau svarbiausias privalumas yra kuro tiekimo grandinės arba pagalbinės stacionarios ar dislokuojamos infrastruktūros supaprastinimas.

Pastangos pritaikyti Prancūzijos kariuomenėje unifikuotų degalų panaudojimą buvo pripažintos NATO (Specification DCSEA 751/B 2000). Logistikos požiūriu reikalinga aprūpinti kariuomenę tik vienu kuru ir sudaryti palankias sąlygas tinkamam energetinių resursų išdėstymui veiksmų vietas atžvilgiu.

Jau nuo 1999 m. projektuojama prancūzų karinė technika pritaikoma veikti naudojant dyzelinius F-54 arba reaktyvinius dyzelinius degalus F-63 (Reaktyvinių degalų (F-63) dyzeliniams varikliams pristatymo kortelė 2007).

Tyrimo objektas ir metodika

Siekiant reaktyvinius degalus panaudoti dyzeliniuose varikliuose mokslo darbe buvo nustatomi degalų:

- 1) dyzelino (NATO kodas F-54) pagal LST EN 590,
- 2) reaktyvinių degalų Jet A-1 (NATO kodas F-35) pagal ASTM-D 1655 reikalavimus,
- 3) karinės paskirties reaktyvinių degalų JP-8 (NATO kodas F-34) pagal U.S.MIL-DTL-83133E bei DEF STAN 91-87 AVTUR/FSII karinių žinybų techninius reikalavimus kokybės rodikliai.

Kokybės rodiklių (tankis, šilumingumas, cetaninis skaičius, tepimo savybės, ribinė filtruojamumo temperatūra dyzelinui ir užšalimo temperatūra reaktyviniams degalams, sieros kiekis) nustatymas buvo vykdomas AB „ORLEN Lietuva“ NATO akredituotoje Kokybės tyrimų centro laboratorijoje. Buvo tiriama priedų įtaka reaktyvinių degalų kokybės rodikliams, jų atitikimas dyzelinių degalų kokybės rodikliams, atliekama reaktyvinių degalų ir dyzelinių degalų rodiklių palyginamoji analizė.

Tankis (Density) yra labai svarbi degalų charakteristika. Tankis – degalų tūrio vieneto masė – nustatomas 15°C temperatūroje ir reiškiamas kg/m³ arba g/cm³.

Šilumingumas arba sudegimo šiluma (Specific energy) yra pagrindinis kuro kokybės rodiklis, tai degalų šilumos kiekis išsiskyręs sudegus 1 kg degalų, matuojamas MJ/kg.

Kuras yra sudėtinga medžiaga, kurios cheminę sudėtį sunku nustatyti. Todėl, tiriant kuro savybes, dažniausiai nustatoma jo elementinė sudėtis. Kuro degieji elementai yra anglis C, vandenilis H ir siera S, nedegieji – azotas N, deguonis O, pelenai A ir drėgmė W.

Degalų degiojoje masėje anglies C dalis yra didžiausia – 72,7–87%. Kito komponento – vandenilio H – degaluose yra nuo 11 iki 23,7%. Tačiau, degdamas vandenilis H išskiria apie keturis kartus daugiau šilumos negu anglis C. Siera S degdama išskiria labai mažai – 0,1–0,6% šilumos, susidaro aplinkai kenksmingi produktai SO₂ ir SO₃. Degimo metu susidaro pelenai A ir drėgmė W. Pelenai A sumažina kuro šilumingumą ir didina variklio išdilimą. Drėgmei W išgarinti naudojama dalis šilumos (Sudintas 2009).

Kuro K sudėtis nurodoma masės procentais (Jučas 1999):

$$K = C + H + O + N + S + A + W = 100\% \quad (1)$$

Kuro šilumingumas skirstomas į aukštutinį ir žemutinį. Aukštutinis šilumingumas parodo visą šilumos kiekį, išsiskyrusį degant kurui. Žemutinis šilumingumas yra mažesnis tokiu šilumos kiekiu, koks sunaudojamas kuro drėgmei ir vandeniui, susidariusiam degimo reakcijos metu, išgarinti (Jučas 1999). Žinant kuro elementinę sudėtį, galima apskaičiuoti jo šilumingumą, sudedant visų elementų šilumingumus.

Degieji kuro elementai oksiduojasi ir išskiria šilumos kiekius (MJ/kg): anglis C – 33,6; vandenilis H – 142,9; siera S – 9,1.

Kietojo ir skystojo kuro šilumingumui apskaičiuoti dažniausiai imamos Mendelejevo pasiūlytos empirinės formulės:

$$Q_z = 339C + 1030H - 109(O - S) - 25W \quad (2)$$

$$Q_a = Q_z + 225H + 25W \quad (3)$$

čia Q_z ir Q_a – kuro žemutinis ir aukštutinis šilumingumas, kJ/kg; C, H, O, S ir W – elementų masė kure, % (Jučas 1999).

Daugiausia šilumos išsiskiria degant vandeniliui, todėl degalai, kuriuose daugiau vandenilio, yra šilumingesni (Jučas 2006).

Dyzelinių degalų sudegimo šiluma nustatoma pagal LST EN ISO 8217, reaktyviniams degalams mažiausiai sudegimo šilumai nustatyti taikomas ASTM-D 4529 standartas.

ASTM-D 4529 standartas – standartinis bandymų metodas, skirtas aviacinių degalų mažiausiai sudegimo šilumai apskaičiuoti esant pastoviam slėgiui metriniais (SI) vienetais, t.y. megadžauliais vienam kilogramui (MJ/kg).

Šis bandymo metodas yra visiškai empirinis ir gali būti taikomas tik skystiems angliavandeniliniams degalams, gautiems įprastu standartinės naftos perdirbimo būdu, atitinkantiems aviacinių benzino ar aviacinių turbininių ir reaktyvinių degalų specifikacijose nurodytus ribinių virimo intervalų bei sudėties reikalavimus.

Cetaninis skaičius (Cetane number) – rodiklis, įvertinantis dyzelinių degalų savaiminį užsidegamumą ir išreiškiantis cetano (heksadekano) C₁₆H₃₄ kiekį mišinyje su α-metilnaftalenu.

Cetanas – sotasis angliavandenilis, lengvai užsidega. Jo užsidegamumas prilyginamas 100. Areno α-metilnaftaleno užsidegamumas prilyginamas 0, nes šis angliavandenilis labai sunkiai užsidega. Sumaišant šiuos angliavandenilius įvairiais santykiais, mišinio užsidegamumą galima keisti nuo 0 iki 100 (Labeckas 2006), (Jučas 2006), (Jučas 1999). Dyzeliniai ir etaloniniai degalai išbandomi specialiaame vieno cilindro dyzeliniame variklyje. Iš pradžių variklyje deginami dyzeliniai degalai, kurių cetaninį skaičių reikia nustatyti. Tuo metu nustatomas jų degimo indukcijos periodas. Vėliau, nekeičiant variklio nustatymų, deginami etaloniniai degalai, kurių sudėtis parenkama tokia, kad indukcijos periodas būtų toks pats, kaip ir tiriamųjų degalų. Cetano tūris procentais etaloniniame mišinyje ir yra dyzelinių degalų cetaninis skaičius.

Mokslo darbe cetaninis skaičius dyzeliniams degalams, taip pat reaktyviniams degalams be priedo ir su cetaninį skaičių didinančiu bei tepimo gebą gerinančiu priedais buvo nustatomas pagal LST EN ISO 5165.

Tepimo savybės (Lubricity) (patikslintos pagal skersmens nusidėvėjimą (wsd 1,4, esant 60°C, μm)), įvertinamos vadovaujantis LST EN ISO 12156 standartu dyzelinui ir ASTM-D 5001 norma reaktyviniams degalams. Abiejų standartų tyrimo metodų principai yra analogiški, todėl reaktyviniams degalams F-35 ir F-34 tepimo savybės AB „ORLEN Lietuva“ Kokybės tyrimų centre buvo nustatomos pagal tarptautinį standartą ISO 12156.

Tepimo geba – tai skysčio savybė matuojama pagal dilimo pėdsaką, susidarantį ant švytuojančio rutuliuko dėl kontakto su stacionaria, panardinta į skystį plokšte. Atliekant tyrimą, griežtai kontroliuojamos bandymų sąlygos. Nustatomas susidarantis ant tiriamojo rutuliuko vidutinis dilimo pėdsako skersmuo. Tyrimui atlikti naudojama aukšto dažnio slankiojančio judesio įranga, kuri skirta degalų, įskaitant tepimą gerinančių priedų turinčius degalus, tepimui įvertinti.

Dyzelinui **ribinė filtruojamumo temperatūra RFT (CFPP – Cold Filter Plugging Point)** charakterizuoja kuro šaltojo tekėjimo savybes. Tai tokia žemiausia temperatūra, iki kurios atšaldytų degalų tekėjimo greitis per filtrą, esant pastoviam slėgiui, pasidaro lygus nustatytai ribinei reikšmei. Žiemą dyzeline atsiranda drumzlių. Esant minusinei temperatūrai, pradeda kristalizuotis parafinai ir susidarę kristalai užkemša degalų filtrus. Nukritus temperatūrai dar daugiau, degalai pradeda stingti. Dėl šios priežasties, esant žemai temperatūrai, dyzeliniai degalai naudojami su priedais. Dyzelino ribinė filtruojamumo temperatūra yra artima degalų užšalimo temperatūrai ir priklauso nuo degalų sudėties. Ribinė filtruojamumo temperatūra yra privalomas dyzelino kokybės rodiklis, AB „ORLEN Lietuva“ Kokybės tyrimų centre nustatomas laboratoriniais tyrimais pagal LST EN 116 standarto reikalavimus.

Užšalimo temperatūra (Freezing Point) – rodiklis ribiniam degalų tekumui žemoje temperatūroje apibūdinti. Prie šios temperatūros degalai pasidaro nepaslankūs. Reaktyviniams degalams užšalimo temperatūra nustatoma pagal ASTM-D 2386 normą, tai yra žemiausia temperatūra, kurioje degaluose dar nesusidaro kietųjų

angliavandenilių kristalai, galintys riboti degalų tekėjimą per filtrus kuro tiekimo sistemoje.

Sieros kiekis (Sulfur Content) degaluose, mg/kg arba ppm nustatomas reaktyviniams degalams pagal ASTM D 5453 arba dyzeliniams degalams pagal LST EN ISO 20846 normas, deginant S iki sieros dvideginio SO₂ dujų, kurios paveikiamos ultravioletiniais spinduliais. Ultravioletinių spindulių energija sugerama SO₂, kurios pavirsta sužadintu SO₂*. Fluorescencija spinduliuojanti iš sužadinto SO₂*, kai grįžta į stabilų SO₂ būseną, yra aptinkama fotoelektroniniu dauginimo įtaisu ir gautas signalas yra sieros kiekio mėginyje matas. Šiuo metodu galima analizuoti degalus, kuriuose bendras sieros kiekis yra nuo 1,0 iki 8000 mg/kg.

Dyzelinų ir reaktyvinių degalų be priedo bei su priedais kokybės rodiklių palyginimas

Mokslo darbe palyginami dyzelinių degalų (klasė C) ir aviacinių degalų Jet A-1 (F-35), JP-8 tipo (F-34) be priedų, su cetaninių skaičių didinančiu alkilnitrato priedu nr. 1 bei dviem priedais: priedu nr. 1 + tepimo gebą didinančiu Infineum R650 priedu nr. 2. nustatyti kokybės rodikliai (1 lentelė). Degalai pagaminti pagal Paramos sutartį tarp AB „ORLEN Lietuva“ ir Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademijos. Siekiant reaktyvinius degalus pritaikyti dyzeliniams varikliams, rodiklių analizėje panaudojami ypatingą reikšmę dyzelinio variklio degimo procesui, deginių emisijai bei eksploatacinėms savybėms turintys degalų kokybės rodikliai: tankis, šilumingumas (šiluminė galia masės vienetui), cetaninis skaičius, tepimo savybės, ribinė filtruojamumo temperatūra dyzelinui, užšalimo temperatūra reaktyviniams degalams, sieros kiekis.

1 lentelė. Degalų kokybės rodikliai

Kokybės rodikliai	Dyzelinų degalų tyrimo metodas	Reaktyvinių degalų tyrimo metodas	Dyzeliniai degalai (klasė C)	Reaktyviniai degalai JET A-1 (F-35)		Reaktyviniai degalai JP-8 (F-34)	
				be priedų	su priedu nr.1	be priedų	su priedu nr.1
					nr.1 + nr. 2		nr.1 + nr. 2
Angliavandenilių mišiniai			C ₁₀ – C ₂₉	C ₈ – C ₁₈		C ₈ – C ₁₈	
Frakcijos, °C			180–350	140–230		140–230	
Tankis 15°C, kg/m ³	LST EN ISO 12185	ASTM D 4052	843,6	797,2	797,2	791,2	791,2
Šilumingumas, MJ/kg	LST ISO 8217	ASTM D 4529	43,10	43,30	43,27	43,23	43,23
Cetaninis skaičius	LST EN ISO 5165		51,3	42,3	48,5	40,6	45,2
Tepimo savybės patikslintos pagal skersmens nusidėvėjimą (wsd 1,4) esant 60 °C, μm	LST EN ISO 12156		277 (max 460)	611	729 456	822	917 454
Ribinė filtruojamumo temperatūra, °C	LST EN 116		-7				
Užšalimo temperatūra, °C		ASTM D 2386		-58	-58	-60,3	-60,4
Sieros kiekis, mg/kg	LST EN ISO 20846	ASTM D 5453	8,9	11	11	11	11

Tankis. Šis rodiklis turi įtaką degalų kokybei, kadangi degalai į dyzelinį variklį dozuojami pagal tūrį. LST EN 590 standartas reglamentuoja dyzelinių degalų tankį 800–845 kg/m³. Reaktyviniams degalams tankio nustatymui galioja ASTM D 4052 norma. Reaktyvinių variklių degalai

F-35 ir F-34 yra hidrovalytas žibalas. Tankis, esant 15°C temperatūrai 775–840 kg/m³ (Sudintas 2009).

Nustatyta, kad išmatuotas dyzelinių degalų (klasė C), reaktyvinių degalų F-35 ir F-34 tankis (1 lentelė) atitinka tiriamų degalų frakcinę, cheminę angliavandenilių mišinio

sudėtį bei naftos produktų rūšį. Reaktyviniai degalai gaminami iš naftos distiliacijos $C_8 - C_{18}$ žibalo 140–230°C frakcijos. Dyzeliniai degalai yra $C_{10} - C_{29}$ angliavandenilių mišinys 180–350°C frakcijos. Reaktyvinių degalų F-35 ir F-34 tankis nesikeičia įvedus į juos cetaninį skaičių didinantį priedą nr. 1 bei jo mišinį su priedu nr. 2.

Šilumingumas (šiluminė galia masės vienetui) – tai energijos kiekis, išsiskiriantis sudegant degalų masės vienetui. Degalai yra tam tikrų elementų cheminis junginys, o ne mechaninis mišinys, todėl jo šilumingumas būna šiek tiek mažesnis, nes dalis šilumos sunaudojama cheminėms jungtims nutraukti (Jučas 1999).

Žemutinė sudegimo šiluma taikoma vidaus degimo varikliuose deginamiems degalams, neįskaičiuojant drėgmės sudegimo šilumos, nes vandens garai, išmetami kartu su dūmais, išsineša ir garinimui sunaudotą šilumą (Sudintas 2009).

Tiriamų visų degalų rūšių šiluminė galia praktiškai vienoda ir atitinka naftos produktų (dyzelino ir reaktyvinių degalų) šilumingumą.

Tiriamuoju atveju šilumingumas reaktyvinių degalų be priedo ir su priedais ne mažesnis negu dyzelinių degalų. Nepastebėtas reaktyvinių degalų šilumingumo sumažėjimas dėl mažesnio jų tankio 797,2 kg/m³ (F-35) ir 791,2 kg/m³ (F-34) ir tuo pačiu realios jų turinės masės, lyginant su dyzelinių degalų (tankis 843,6 kg/m³) duomenimis.

Cetaninis skaičius yra degalų patvarumo parametras, kuriuo nustatomas savaiminis degalų užsidegumas. Kuo cetaninis skaičius yra didesnis, tuo greičiau dyzeliniai degalai užsiliepsnoja nuo cilindre suspausto oro aukštos temperatūros. Tačiau, kai cetaninis skaičius per didelis, degalai nespėja susimaišyti su oru, mišinys blogai sudega, variklis skleidžia dūmus ir veikia neekonomiškai. Pagal degalų užsidegumą angliavandeniliai išsidėsto taip: arenai < cikloheksanai < alkanai. Augant C atomų skaičiui molekulėje, angliavandenilių cetaninis skaičius didėja. Degalų cetaninį skaičių galima padidinti pridėjus į juos priedų: etilnitrato RCH_2ONO_2 , RCH_2ONO , izopropilnitrato ir kitų deguoninių junginių. Tokiu būdu degalų cetaninį skaičių galima reguliuoti keičiant angliavandenilių sudėtį arba naudojant priedus iki 0,25% (Jučas 2006), (Jučas 1999), (Sudintas 2009).

Dyzelinių degalų cetaninis skaičius 48–55. AB „ORLEN Lietuva“ pagal LST EN 590 standartą pagamintam dyzelinui taikomi privalomieji degalų kokybės rodikliai – cetaninio skaičiaus minimali ribinė vertė siekia 51. Reaktyvinių degalų cetaninis skaičius 41–42. Pagal degalų užsidegumą angliavandeniliai išsidėsto taip: arenai < cikloheksanai < alkanai. Augant C atomų skaičiui molekulėje, angliavandenilių cetaninis skaičius didėja (Jučas 1999), (Sudintas 2009).

Mokslo darbe nustatyta, kad tiriamo dyzelino cetaninis skaičius 51,3. Reaktyvinių degalų F-35 ir F-34 be priedo 42,3 ir 40,6. Įvedus į reaktyvinius degalus cetaninį skaičių didinantį priedą nr. 1 cetaninis skaičius padidėjo iki 48,5 (F-35) ir 45,2 (F-34), t. y. 6,2 vienetais F-35 ir 4,6 vienetais F-34. 2-EHN priedas padidina reaktyvinių degalų cetaninį skaičių ir pagerina savaiminį degalų užsiliepsnojamumą.

Tepimo geba reaktyvinių degalų su priedu nr. 1 ir be jo blogesnė už dyzelino tepimo savybes ir nesiekia maksimalios 460 µm normos.

Viena iš problemų, kurios gali iškilti praktikoje naudojant žibalo pagrindu pagamintus degalus dyzeliniais varikliais varomoms transporto priemonėms, yra blogesnės reaktyvinių degalų, pagamintų lengvesnių žibalo frakcijų pagrindu, tepimo savybės. Jos gali turėti įtakos dyzelinių variklių patikimumui ir ilgaamžiškumui.

2-EHN priedas nekompensuoja blogesnių reaktyvinių degalų tepimo savybių.

Silpnesnės reaktyvinių degalų tepimo savybės kompensuojamos įvedus į juos tepimo gebą didinantį priedą Infineum R650. Tepimo savybės, patikslintos pagal skersmens nusidėvėjimą (wsd 1,4, esant 60°C, µm), pasiekia 456 µm (F-35) ir 454 µm (F-34).

Apibendrinant cetaninio skaičiaus bei tepimo savybių rodiklius, galima teigti, kad reaktyviniai degalai F-35 ir F-34, įvedus į juos cetaninį skaičių didinančio priedo 2-EHN ir tepimo savybes gerinančio priedo Infineum R650 mišinį, gali būti naudojami dyzeliniais varikliais varomose transporto priemonėse.

Ribinė filtruojamumo temperatūra, kuriai esant degalai dar gali tekėti (-7°C), yra artima degalų užšalimo temperatūrai.

Dyzelino sudėtis turi įtakos jo savybėms žemose temperatūrose. Kadangi dyzelino sudėtyje yra daugiausiai aukštesnės virimo temperatūros gerai užsiliepsnojančių alkanų, žemoje temperatūroje alkanai sudaro parafino kristalus. Filtruojamumo (šaltojo tekėjimo) kokybę rodo drumstimosi temperatūra, užšalimo temperatūra ir ribinė filtruojamumo temperatūra (Jučas 1999), (Sudintas 2009). Drumstimosi ir filtruojamumo temperatūroms reguliuoti naudojami taip vadinami depresantai – etileno ir vinilacetato polimerai.

Vidutinio klimato sąlygomis dyzelino ribinė filtruojamumo temperatūra yra aukščiausia temperatūra, kurioje tam tikras kuro kiekis šaldomas standartinėmis sąlygomis nebepraeina pro standartizuotą filtravimo įrenginį per nustatytą laiko intervalą (LST EN 116).

Vidutinio klimato sąlygomis dyzelino ribinė filtruojamumo temperatūra skirstoma į šešias klases ir turi būti ne didesnė vasaros laikotarpiu A klasės +5°C, B klasės 0°C, C klasės -5°C, pereinamuoju laikotarpiu D klasės -10°C, E klasės -15°C, žiemos laikotarpiu F klasės -20°C (Jučas 1999).

Žibalas – reaktyviniai degalai – turi mažesnę tankį ir yra lokesnis, todėl dyzelinas šaltuoju periodu, esant minusinei temperatūrai, gali būti skiedžiamas žibalu.

Reaktyviniai degalai gaminami iš naftos distiliacijos žibalo frakcijos bei priedų, kurių vienas yra degalų sistemos apledėjimo inhibitorius. Todėl reaktyvinių degalų F-35, F-34 su priedais ir be jų užšalimo temperatūra siekia atitinkamai -58°C, vidutiniškai -60,3°C. Reaktyviniai degalai eksploatuojami dideliame aukštyje, žemesnėje nei -50°C temperatūrų aplinkoje neužšąla ir gerai teka variklio maitinimo sistemos vamzdeliais.

Reaktyviniai degalai be priedo ir su priedais patvaresni užšalimo atžvilgiu, lyginant juos su dyzeliniais degalais.

Sieros kiekis. AB „ORLEN Lietuva“ pagal LST EN 590 gaminamas dyzelinas ir pagal ASTM D 5453 bei U.S.MIL-DTL-83133E gaminami reaktyviniai degalai turi labai mažą sieros kiekį – ne daugiau 10–11 mg/kg (10–11 ppm) ir vadinamas besieriu (sulfur free). Įvedami 2-EHN ir tepimo savybes gerinantys priedai neturi įtakos sieros kiekiui reaktyviniuose degaluose.

Išvados

Reaktyviniai degalai F-35 ir F-34, įvedus į juos cetaninį skaičių didinančio priedo 2-EHN ir tepimo savybes gerinančio priedo Infineum R650 mišinį, pagal cetaninio skaičiaus, šilumingumo, užšalimo temperatūros, tepimo savybių bei sieros kiekio kokybės rodiklius gali būti naudojami dyzeliniais varikliais varomose transporto priemonėse.

Literatūra

- Arkoudeas P., Kalligeros S., Zannikos F., Anastopoulos G., Karonis D., Korres D., Lois E. (2003). Study of using JP-8 aviation fuel and biodiesel in CI engines. *Energy Conversion and Management*, Vol. 44, Issues 7, p. 1013–1025.
- CEN (2009). Automotive fuels – diesel – requirements and test methods. EN 590:2009. Brussels: Comité Européen de Normalisation.
- Fernabdes G., Fuschetto J., Filipi Z., Assanis D., McKee H. (2007). Impact of military JP-8 fuel on heavy-duty diesel engine performance and emissions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, Vol. 221, Nr. 8 957–970, doi: 10.1243/09544070JAUTO211.
- Graboski MS, McCormick RL (1998). Combustion of Fat and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engines. *Progress in Energy and Combustion. Scientific*. Vol. 24, p. 125–164, Elsevier Science Ltd.
- Heywood J. B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Co – Singapore for manufacture and export (International edition), 930 p.
- Jučas P. (1999). *Degalai ir tepalai*. Vilnius: Mokslas.
- Jučas P. (2006). *Chemotologija. Degalų ir tepalų klasifikacija ir techniniai rodikliai pagal ACEA, API, EN, ISO ir SAE standartus bei kai kurių jų rodiklių nustatymo metodiniai patarimai*. Akademija: LŽŪU Leidybos centras.
- Labeckas G., Slavinskas S. (2006). The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection Diesel engine performance and exhaust emissions. *Energy Conversion and Management*, Vol. 47, Nr. 13–14, p. 1954–1967.
- Lee J., Bae C. (2011). Application of JP-8 in a heavy duty diesel engine. *Fuel*, Vol. 90, Issue 5, p. 1762–1770.
- Lotko W, Lukanin VN, Khatchiyan AS. (2000). *Usage of Alternative Fuels in Internal Combustion Engines*. Moscow: MADI (Moscow Automobile and Highway Institute), 311 p.
- McDonnell KP, Ward SM, McNulty PB, Howard-Hildige R. (2000). Results of Engine and Vehicle Testing of Semirefined Rapeseed Oil. *Transactions of the ASAE*, Vol. 43(6), p. 1309–1316.
- Myong K., Suzuki H., Senda J., Fujimoto H. (2007). Spray inner structure of evaporating multi-component fuel. *Fuel*, Vol. 87, Issue 2, p. 202–210.
- NATO Logistics Handbook. (1997). NATO Headquarters, Brussels. <http://www.nato.int/docu/logi-en/logist97.htm>

Valentina Vilitienė, Doctor of Natural Sciences, The General Jonas Žemaitis Military Academy of Lithuania, Associate Professor of the Department of Engineering Management. Field of scientific research: Petroleum Refining, Quality Parameters of Fuels, Ecology and Environmental Studies, Physical Chemistry. Scientific publications – over 80. Address: Šilo Str. 5A, LT-10322 Vilnius, Lithuania. Phone: (+370 5) 210 3552. E-mail: Valentina.Vilitiene@mil.lt

Gvidonas Labeckas, academic degree, Aleksandras Stulginskis University, Professor at Power and transport machinery engineering institute. Field of scientific research: Internal Combustion Engines, Engine Fuelling Systems. Scientific publications – 140. Address: Studentų Str. 15, LT-53362 Akademija, Kauno r. Phone: (+370 3) 752 285. E-mail: gvidonas.labeckas@asu.lt

Stasys Slavinskas, academic degree, Aleksandras Stulginskis University, Chief of Power and transport machinery engineering institute, Professor. Field of scientific research: Internal Combustion Engines, Engine Fuelling Systems Scientific publications – over 120. Phone: (+370 3) 752 285. E-mail: stasys.slavinskass@asu.lt

Nwafor OM-I. (2004). Emission characteristics of diesel engine operating on rapeseed methyl ester. *Renewable Energy*, Vol. 29, p. 119–129.

Pandey A. K., Nandgaonkar M. R. (2010). Performance, Emission and Pump Wear Analysis of JP-8 Fuel for Military Use on a 558 kW, CIDI Diesel Engine. *SAE International Technical Paper*, Number: 2010-01-1518. J. Fuels Lubr. 3(2):238–245, doi: 10.4271/2010-01-1518.

Papagiannakis R., Kotsiopoulos P., Hountalas D., Yfantis E. (2006). Single Fuel Research Program Comparative Results of the Use of JP-8 Aviation Fuel versus Diesel Fuel on a Direct Injection and Indirect Injection Diesel Engine. *SAE International Technical Paper*, Number: 2006-01-1673, doi: 10.4271/2006-01-1673.

Reaktyvinių degalų (F-63) dyzeliniams varikliams pristatymo kortelė (2007). Malakoff, Prancūzijos Respublikos gynybos ministerija.

Specification DCSEA 751/B (2000). *Multifunctional additive for diesel engines S-1750*. Ministry of defence, Central administration of the French armed forces POL service.

Specifikacija DCSEA 108/A (2001). *Reaktyviniai dyzeliniai degalai be priedų XF-63, reaktyviniai dyzeliniai degalai F-63*. Prancūzijos Respublikos gynybos ministerija, Armijos degalų tarnybos centrinė valdyba.

Sudintas A. (2009). *Kuro energetika*. Kaunas: Technologija.

THE USE OF ALTERNATIVE FUEL IN A DIESEL ENGINE

Summary

At Department of Engineering management of The General Jonas Žemaitis Military Academy of Lithuania scientific project „The research on possibilities of using aviation and other alternative fuels in ground transport means of Lithuanian army“ together with the scientists of Power and transport machinery engineering institute of Aleksandras Stulginskis university was performed. In order to recommend the jet fuel for diesel engines powering in the Centre of quality research laboratory located at Ltd. Company „ORLEN Lietuva“ the quality parameters of fuels were determined: diesel fuel (NATO code F-54) according standard LST EN 590, jet fuel (NATO code F-35 and F-34) according standard ASTM-D 1655 and U.S.MIL-DTL-83133E and the jet fuel treated with additives. Basic quality parameters of alternative jet fuels tested were analyzed and compared with baseline diesel fuel parameters. It was determined that the use of additives the jet fuel parameters improves up to the level, which satisfies corresponding characteristics of the normal diesel fuel: cetane number, lubricating properties, net heating value per unit of mass, sulphur concentration and thus can be used in ground transport vehicles.

KEYWORDS: diesel engine, jet fuel, diesel fuel, fuel property parameters.