

DEGALŲ MIŠINIŲ NAUDOJIMO LOKOMOTYVŲ VIDAUS DEGIMO VARIKLIUOSE
GALIMYBIŲ TYRIMASDmitrij Kolesnikov¹, Rimantas Subačius²*Vilniaus Gedimino technikos universitetas**El. paštas: ¹demetr87@yahoo.com; ²rimantas.subacius@vgtu.lt*

Santrauka. Nagrinėjamos degalų mišinių struktūrinės ypatybės ir savybės. Išnagrinėti mišinių gavimo būdai. Pateikti įvairių mišinio paruošimo atliktų eksperimentinių tyrimų rezultatai, kurių metu skirtingais kiekiais ir esant skirtingiems parametrams buvo maišomas dyzelinas su įvairiais priedais. Gautas mišinio dalelių dydžio priklausomybės. Nagrinėta įvairių priedų įtaka dalelių dydžiui ir mišinio išsisluoksniavimo laikui.

Reikšminiai žodžiai: mišinys, emulsija, surfaktantai, stabilumas, dyzelinas, dyzelinis variklis.

Įvadas

Siekiant kovoti su visuotiniu klimato atšilimu 1997 m. Kioto mieste buvo pasirašytas Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos protokolas. Protokole pasiektas susitarimas sumažinti išsivysčiusių šalių šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą. Kioto protokolo pagrindu Lietuva, kaip ir Europos Sąjunga, įsipareigojo sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją. Nepaisant Kioto susitarimo, gamtos teršimas tebedidėja. Ši problema kardinaliai gali būti išspręsta tik plėtojant naujai atsinaujinančias energijos rūšis. Perspektyvus transporto išmetamų emisijų mažinimo būdas yra alternatyviųjų degalų naudojimas vidaus degimo varikliuose. Pagal fizikines ir chemines savybes ir saugojimo sąlygas transporto priemonių variklių alternatyvieji degalai gali būti skirstomi į tris grupes:

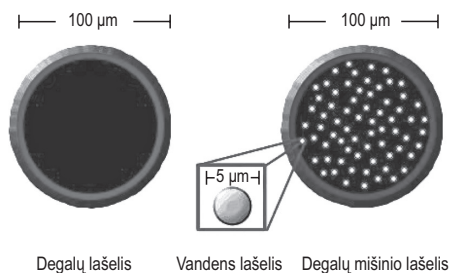
1. Nenaftiniai degalai, kurie fizinėmis ir cheminėmis eksploatacinėmis savybėmis o kartais ir agregatine būseną visiškai skiriasi nuo tradicinių degalų.
2. Sintetiniai (dirbtiniai) skystieji degalai, pagal savybes artimi tradiciniams naftos degalams.
3. Naftiniai degalai su nenaftinės kilmės priedais. Šie priedai – tai deguonies turintys junginiai: spiritai ir esteriai, vandens ir degalų emulsijos. Pagal eksploatacines savybes šie degalai panašūs į iš naftos distiliuotus degalus.

Mokslininkai tiria, kaip įvairūs degalų mišiniai padeda pagerinti variklio efektyvumą ir sumažinti išmetamų teršalų kiekį. Rezultatai rodo, kad NOx ir kitų degalų degimo metu susidarantių kenksmingų dalelių kiekis gali būti gerokai

sumažintas. Dyzelino su pašalintu vandeniu ir dyzelino vandens mišinio degimo tyrimai parodė, kad:

1. Degalų mišiniai sudega greičiau, negu gryni degalai.
2. Vanduo mišinyje nepablogina, bet pagerina degimo procesą, dėl degalų struktūros suardymo sprogtant ir greitai išgaruojant vandens dalelėms (1 pav.).
3. Trumpesnis mišinio degimo laikas lemia mažesnę suodžių kiekį deginiuose ir užtikrina visišką mišinio sudegimą (Tajima *et al.* 2010).
4. Nereikia modifikuoti variklio, nors tai būtina naudojant biodegalus, dėl kurių vyksta plastmasių, gumos ir metalų irimas (Kulchitsky *et al.* 2011).

Degalų ir vandens maišymo proceso metu degalai apgaubia vandens daleles, kad jos neatsiskirtų nuo mišinio, t. y. vandens dalelės yra tarsi degalų kapsulėje. Taip vandeniui neleidžiama kontaktuoti su metalinėmis variklio dalimis, taigi degalai išlieka panašūs į standartinį dyzeliną. Ruošiant mišinį pagrindinis tikslas yra suskaidyti vandenį į kuo mažesnes daleles (nuo 5 iki 20 μm skersmens). Tai pasiekama papildomai įdedant nedidelį kiekį paviršinio aktyvumo medžiagos (surfaktanto), kuri veikia dalelių dydį ir apsaugo nuo vandens dalelių susijungimo. Tinkamas maišymas, degalų ir skysčio proporcijos parinkimas, leidžia pagaminti degalų mišinį, tinkamą naudoti dyzeliniuose varikliuose.



1 pav. Grynų degalų ir degalų mišinio struktūros palyginimas
Fig. 1. A comparison of pure fuel and the structure of fuel emulsion

Įpurškiamų į cilindrą degalų lašelių dydis yra nuo 100 iki 200 μm skersmens. Tai priklauso nuo degalų kokybės ir degalų purkštuko tipo. Didesnio skersmens lašeliai visiškai nesudega ir ant variklio cilindro sienelių kaupiasi suodžiai. Dėl šios priežasties cilindras labiau kaista, todėl prireikia jį geriau aušinti. Kita dalis susidariusių suodžių pašalinama kartu su išmetamosiomis dujomis.

Degant vandens ir degalų emulsijai, pirminiai įpurškiamo mišinio lašeliai toliau skaidomi į dar smulkesnius. Tai vyksta dėl greito vandens dalelių, esančių dyzelino lašelyje, užvirimo ir išgaravimo. Garai išplečia juos supančią degalų kapsulę, kuri skyla į didelį skaičių dar mažesnių dalelių. Šis procesas vadinamas antrine atomizacija (Lif, Holmberg 2010).

Emulsijos, skirtos dyzeliniams varikliams, turi būti atvirkštinės, t. y. vandens ir degalų tipo. Tai užtikrina patikimą uždegimą ir greitesnę degimą tuo metu, kai emulsija purkštukais įpurškiama į degimo kamerą, o vanduo lieka degalų viduje po emulsiklio sluoksniu. Jei naudojama tiesioginė emulsija (degalų ir vandens tipo), vanduo tiesiogiai kontaktuoja su degalų tiekimo sistemos dalimis ir cilindro bei stūmoklio grupės detalėmis. Tai gali turėti įtakos sistemos gedimams ir skatinti greitesnę šių detalių susidėvėjimą. Pasirenkant surfaktantus (aktyviąsias paviršiaus medžiagas) pagrindinis tikslas yra gauti inversinę (atvirkštinę) emulsiją.

Degalų mišinių gavimo būdų analizė

Dažniausiai degalų mišiniai gaunami naudojant didelio slėgio rotorines mašinas, kurių konstrukciją sudaro maišymo indas, koloidinė sparnuotė ar mentinis diskas. Pagrindinė užduotis ruošiant degalų mišinį – maksimaliai komponentus disperguoti (suskaidyti) ir intensyviai juos maišyti, taip pat įterpti įvairių stabilizatorių siekiant gauti maksimaliai stabilią ir vienalytę terpę.

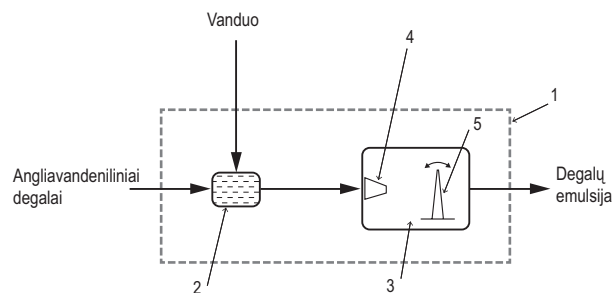
Mišinys gali būti gaminamas prieš įpurškiant į cilindrą arba iš anksto, prieš pilant į degalų baką. Gaminant mišinį iš

anksto, būtini mišinį stabilizuojantys priedai, į kurių sudėtį įeina surfaktantų (paviršinio aktyvumo medžiagų).

Mišiniui paruošti tiesiogiai transporto priemonėje sukurtas ir sukonstruotas mobilus emulsifikavimo įrenginys, kuriame skysčiai sumaišomi skaldant jų daleles susidūrimo metu.

Emulsijos paruošimas specialiame kontaktoriuje su *Couette-Taylor tēkme* (CTF). Kontaktorius dėl savo mažų matmenų gali būti montuojamas tiesiai ant dyzelinio variklio ir iš karto įpurškiamas paruoštas degusis mišinys. Įrenginys tinkamai kontroliuoja skaidomos fazės lašelių dydį. Paruoštos emulsijos naudojamos kaip alternatyvūs degalai gerinant variklio darbo savybes ir emisijų charakteristikas (Dluska *et al.* 2009)

Ruošiant mišinį dažniausiai iš anksto taikomi ultragarsiniai būdai. Vienas iš jų – hidroakustinis generatorius (2 pav). Jo paskirtis – generuoti elastingas vibracijas vandens ir degalų mišinyje, dėl kurių vandens dalelės skyla į smulkesnes ir formuojasi vandeningoji fazė emulsijos mišinyje. Skaidomo vandens dalelių dydis lygus arba mažesnis už 1 μm, o kavitacinių vandens burbuliukų dydis lygus arba mažesnis už 0,2 μm.



2 pav. Emulsijos paruošimo įrenginys: 1 – įrenginys, 2 – filtras, 3 – vibroakustinis generatorius, 4 – purkštukas, 5 – hidrodinaminis generatorius

Fig. 2. The emulsion preparation plant: 1 – unit, 2 – filter, 3 – vibro-acoustic generator, 4 – jet, 5 – hydrodynamic generator

Atlikti eksperimentiniai tyrimai

Eksperimentinio tyrimo metu skirtingais kiekiais buvo maišoma vanduo ir dyzelinas. Bandymų metu stebėta vandens dalelių dydžio priklausomybė nuo vandens koncentracijos, maišymo proceso trukmės ir abiejų fazių išsiskyrimo laikas.

Vandens ir dyzelino mišinio gavimas nenaudojant priedų. Eksperimento metu vandens koncentracija dyzeline buvo didinama nuo 2,5 % iki 30 %. Nebuvo naudojama jokių papildomų priedų. Stebėtas dispersinių vandens dalelių dydžio kitimas. Maišyti buvo naudojamos elektros variklio sukamos mentelės. Po 30 sekundžių maišymo, nenaudojant jokių papildomų priedų, gautas degalų mišinys buvo nestabilus, ne iš karto atsiskirdavo vandens fazė.

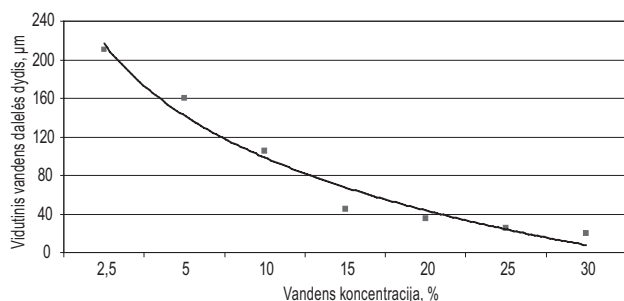
Iš gautos priklausomybės (3 pav.) matome, kad didinant vandens kiekį dyzeline, gaunamų vandens dalelių dydis sumažėja iki 15 procentų. Tai yra gana akivaizdu. Didinant koncentraciją toliau, dalelių dydžio mažėjimas vyksta nereikšmingai, dydis faktiškai nekinta.

Kito eksperimento metu buvo pasirinkta pastovi 15 procentų vandens koncentracija, o keičiama maišymo trukmė yra nuo 30 iki 240 sekundžių. Gauti rezultatai pateikti 4 pav.

Ilginant maišymo trukmę, mažėja vandens dalelių dydis. Bet prieš tai buvusiam bandyme dalelės buvo toli viena nuo kitos ir tarpusavyje mažai sąveikavo, o šiuo atveju jos pasiskirsto arčiau viena kitos, todėl tai gali lemti tolesnį jų jungimąsi, kas yra nepageidautinas reiškinys.

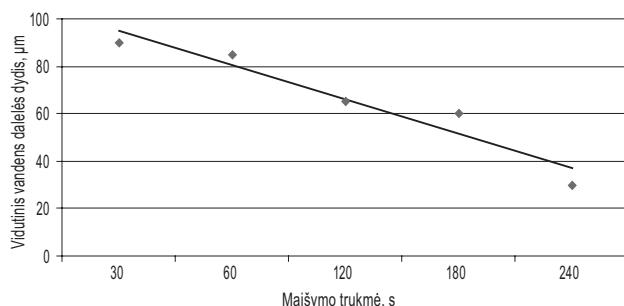
Mišinio fazių išsiskyrimo laikas nuo maišymo trukmės nepriklausė, nes iš karto atsiskirdavo vandens fazė.

Vandens ir dyzelino mišinio gavimas naudojant priedus. Siekiant nustatyti mišinio stabilumą ir priedų įtaką dalelių dydžiui, buvo atlikti keli bandymai papildomai į mišinį pridėdant paviršinio aktyvumo medžiagų (surfaktantų), kurios kontroliuoja dalelių dydį ir apsaugo nuo vandens dalelių susijungimo. Mišinį sudarė 3 fazės – disperguojama vandens fazė, degalų fazė ir nedidelis kiekis priedų.



3 pav. Vidutinio vandens dalelių dydžio kitimo priklausomybė nuo vandens koncentracijos

Fig. 3. The dependence of the average particle size of water changes on water concentration

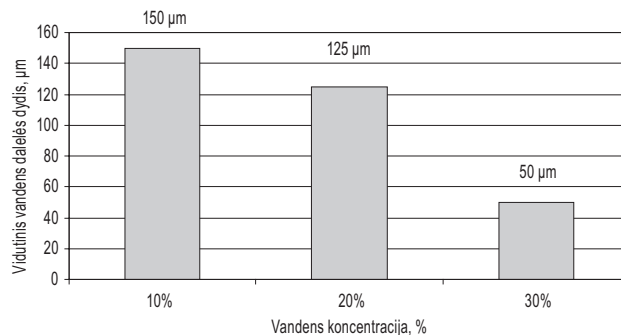


4 pav. Vidutinio vandens dalelių dydžio priklausomybė nuo maišymo trukmės

Fig. 4. The dependence of the average particle size of water on the length of mixing

Paviršiaus aktyvumo medžiagų turi skalbimo milteliai, langų ploviklis, muilas, krakmolos.

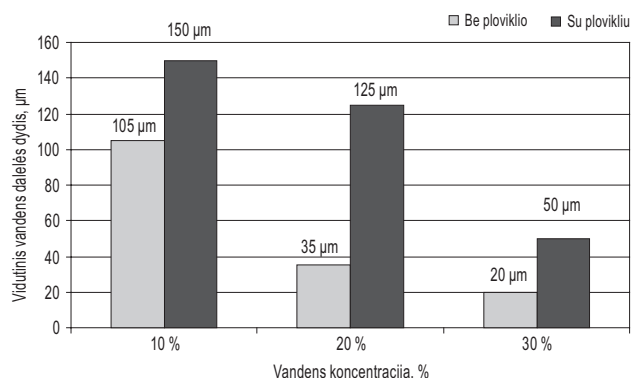
Pirmajam bandymui buvo pasirinktas langų ploviklis, kurio maišymo trukmė yra 30 sekundžių, didinant vandens koncentraciją nuo 10 iki 30 procentų. Langų ploviklis buvo naudojamas grynas (ne tirpalas), o jo kiekis mišinyje buvo 3 %. Gauti rezultatai pateikti 5 pav.



5 pav. Vandens dalelės dydžio kitimas naudojant 3 % langų ploviklio

Fig. 5. Changes in the size of a water particle using 3% detergent boxes

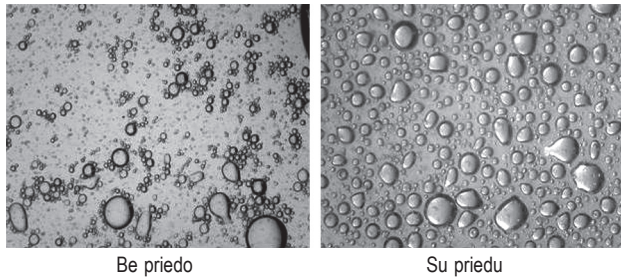
Iš gautų rezultatų galima pastebėti, kad didinant vandens koncentraciją ir pridėdant 3 procentus langų ploviklio, vidutinis vandens dalelių dydis mišinyje mažėja. Tačiau palyginus vandens dalelių dydį su plovikliu ir be jo, vidutinis vandens dalelės dydis yra didesnis. Esant 10 % vandens koncentracijai mišinyje, jos dydis yra 105 μm, o naudojant ploviklį gautas 150 μm, tai yra beveik 43 % didesnis (6 pav.). Analogiškai yra ir su kitomis koncentracijomis, todėl galima daryti išvadą, kad langų ploviklį naudoti kaip priedą netinka, kadangi gaunamos didesnės dalelės. Be to, nebuvo ilgesnės trukmės iki mišinio išsiskyrimo pradžios.



6 pav. Vandens dalelių dydžių palyginimas su langų ploviklio priedu ir be jo

Fig. 6. A comparison of sizes of water particles adding window washer / no window washer

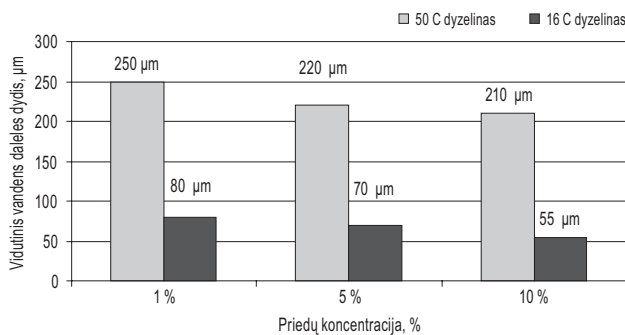
Dalelių pasiskirstymas ir jų dydžiai buvo fiksuojami elektroniniu mikroskopu su fotokamera. Iš mikroskopu darytų nuotraukų matome, kad nors vandens dalelės yra didesnės, tačiau ploviklis atliko savo, kaip surfaktanto, užduotį ir atskyrė vandens daleles vieną nuo kitos (7 pav.).



7 pav. 10 % vandens ir 90 % dyzelino mišinio struktūros palyginimas

Fig. 7. A comparison of 10% water and 90% diesel emulsion structure

Degalų mišinio savybių kitimas keičiant dyzelino temperatūrą. Išbandyta, kaip keičiasi mišinio struktūra keičiant dyzelino temperatūrą ir priedų koncentraciją mišinyje. Kaip surfaktantas buvo pasirinkti skalbimo milteliai, o paruoštas 5 % vandens tirpalas buvo naudojamas kaip priedas. Bandymo metu dyzelinas buvo 16 °C, kito bandymo metu – pakaitintas iki 50 °C. Priedo kiekis buvo didinamas nuo 1 iki 10 %, maišymo trukmė 30 sekundžių, pastovi H₂O koncentracija 10 %. Gauti rezultatai pateikti 8 pav.



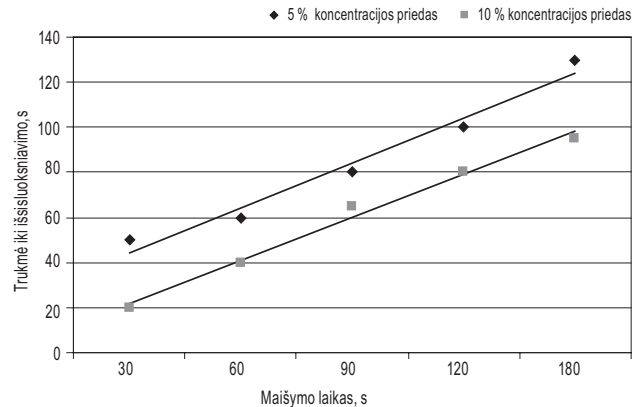
8 pav. Vandens dalelių dydžių palyginimas, priklausomai nuo dyzelino temperatūros

Fig. 8. A comparison of sizes of water particles depending on the temperature of diesel fuel

Didinant stabilizuojančių priedų koncentraciją mišinyje, vandens dalelių dydis mažėja, esant pastoviai maišymo trukmei. Didinant dyzelino temperatūrą iki 50 °C, dyzelino mišinio vandens dalelės buvo maždaug 3 kartus didesnės.

Mišinio išsisluoksniavimo laiko stebėjimas. Siekiant nustatyti įvairių priedų įtaką mišinio stabilumui, buvo stebimas mišinio išsisluoksniavimo laikas. Buvo naudojamas

5 ir 10 % krakmolo tirpalas ir tokios pačios koncentracijos skalbimo miltelių tirpalas. Priedo kiekis mišinyje buvo 5 %, vandens koncentracija 15 %, maišymo trukmė didinama nuo 30 iki 180 sekundžių. Gautos priklausomybės pateiktos 9 pav.

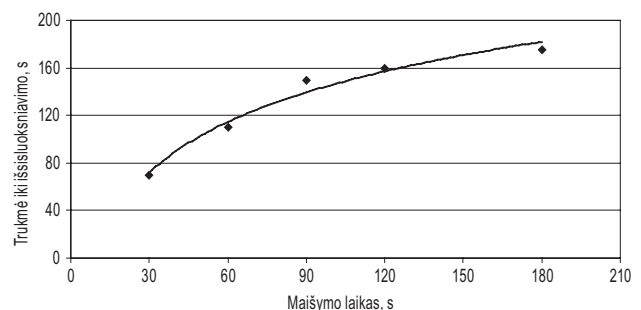


9 pav. Mišinio išsisluoksniavimo trukmės priklausomybė nuo krakmolo tirpalo koncentracijos

Fig. 9. The dependence of the length of emulsion delamination on starch concentration

Didinant krakmolo kiekį tirpale, mažėja mišinio stabilumas. Esant didesniai krakmolo kiekiui, mišinio išsisluoksniavimo laikas buvo vidutiniškai 68 % greitesnis, o mažiausia santykinė trukmė iki išsisluoksniavimo buvo po 30 sekundžių maišymo.

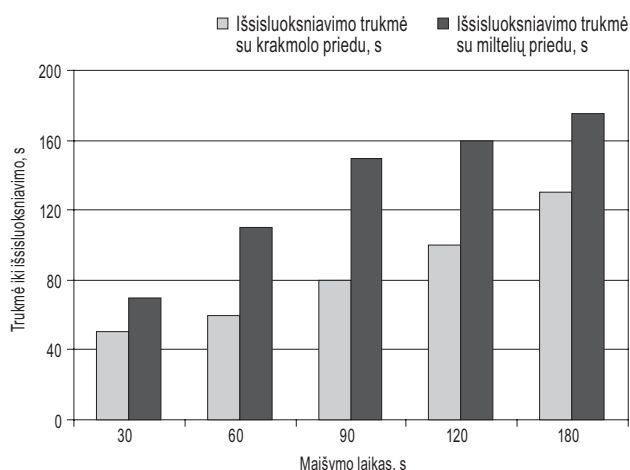
Bandymams buvo paruoštas 5 % koncentracijos skalbimo miltelių tirpalas, kuris buvo naudojamas kaip mišinio priedas. Vandens kiekis mišinyje buvo 15 %, priedo kiekis 5 %, maišymo trukmė – nuo 30 iki 180 sekundžių. Gauta priklausomybė pavaizduota 10 pav.



10 pav. Mišinio išsisluoksniavimo trukmės priklausomybė nuo maišymo laiko

Fig. 10. The dependence of the length of emulsion delamination on the time of mixing

Trukmė iki išsisluoksniavimo didėja, didinant maišymo laiką. Naudojant skalbimo miltelių tirpalo priedą mišinys buvo vidutiniškai 63 % stabilesnis (11 pav.).



11 pav. Mišinių su skirtingais priedais išsisluoksniavimo trukmės palyginimas

Fig.11. A comparison of time for delaminating emulsions with different additives

Išvados

1. Išnagrinėjus literatūros šaltinius apie degalų mišinius nustatyta, kad mišiniai gerina deginių ekologines savybes, deginiai greičiau sudega, pagerinamas degimo procesas ir nereikalaujama variklio modifikacijų.
2. Būtinai patikimas mišinių paruošimo būdas, užtikrinantis ilgą laiką stabilumą, kurio metu būtų pasiektos kuo mažesnės dispersinės fazės dalelės.
3. Atlikti eksperimentiniai bandymai patvirtino literatūros šaltiniuose pateiktą informaciją apie galimybę gauti vandens degalų mišinius su skirtingais dalelių dydžiais.
4. Dėl ribotų eksperimentinės įrangos galimybių nepavyko gauti mišinių, turinčių pakankamai ilgą trukmę iki išsisluoksniavimo pradžios.

Literatūra

- Antonov, V. N. 2010. *Features of Preparation of Water-Fuel Emulsions for Diesel Engines*. Plenum Publishing Corporation.
- Dluska, E.; Hubacz, R.; Wronski, S. 2009. *Simple and Multiple Water Fuel Emulsions Preparation in Helical Flow*. Faculty of Chemical and Process Engineering, Warsaw University of Technology. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cep.2008.06.005>
- Kulchitsky, R.; Golev, B.; Attia, A. M. 2011. *Water Fuel Emulsions for Diesel Engines, Мир транспорта*.
- Lif, A.; Holmberg, K. 2010. *Water in Diesel Emulsions and Related Systems*. Chalmers University of Technology.
- Poulton, M. L. 1994. *Alternative Fuels for Road Vehicles*. Cornwall: Computational Mechanics Publications. 215 p.
- Tajima, K. 2009. *Super Emulsion Fuel “to Support Future Environment” is Developed Will Greatly Contribute to Attaining the Goals Set by Kyoto Protocol*. Kanagawa University Press Release.

Tajima, K. 2010. *Super Emulsion Fuel “to Support Future Environment” is Developed Will Greatly Contribute to Attaining the Goals Set by Kyoto Protocol*. Kanagawa University Press Release.

United States Patent Application Publication, Pub. No.: US 2010/0115828 A1.

Vladislavljevic, G. T.; Brösel, S.; Schubert, H. 2000. *Preparation of Water in Oil Emulsions Using Microporous Polypropylene Hollow Fibres*. Institute of Food Technology and Biochemistry, Faculty of Agriculture, University of Belgrade.

Приготовление водомазутных эмульсий посредством волновой диспергации, *Новости теплоснабжения*, № 4 (апрель), 2010.

Хачиян, А. С. 2004. Применение спиртов в дизелях, *Двигателестроение* 8: 30–34.

INVESTIGATION INTO THE POSSIBILITIES OF USING FUEL BLENDS IN LOCOMOTIVES

D. Kolesnikov, R. Subačius

Abstract

The paper examines the structural features and properties of fuel blends and fuel emulsions, presents an overview of formulas obtained getting stable emulsions and analyses the results of experimental studies on preparing mixtures made of different quantities of diesel and various additives considering certain parameters. The article discusses the dependence of the size of resulting particles of water in the emulsion and describes an impact of various additives on the size of particles and time for blend delamination.

Keywords: blend, emulsion, surfactant, stability, diesel engine.