

Techninio glicerolio naudojimas skystojo kuro gamybai

Violeta Makarevičienė¹,

Milda Gumbytė¹,

Prutenis Janulis¹,

Nerijus Striūgas²,

Anupras Šlančiauskas²

¹ *Aplinkos technologijos cheminių ir biocheminių tyrimų laboratorija, Lietuvos žemės ūkio universitetas, Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: agrotech@lzuu.lt*

² *Degimo procesų laboratorija, Lietuvos energetikos institutas, Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas El. paštas: striugas@mail.lei.lt*

Pateikiami techninio glicerolio panaudojimo emulsijų gamybai tyrimų rezultatai. Įvertintas emulsijų, kurių sudėtyje yra techninio glicerolio, krosnių kuro, riebalų rūgščių metil esterių ir emulsiklių, stabilumas ir nustatyta, kad į šio tipo emulsijas galima įterpti 30 % techninio glicerolio, 30 % krosnių kuro. Nustatyta, kad emulsijų stabilumą didina vanduo (optimalus kiekis 10–15 %) ir emulsiklis (natrio oleatas, 3 %).

Pateikiami palyginamieji emulsijos deginimo tyrimų rezultatai, kurie parodė, kad visame apkrovimų intervale NO_x (110–134 mg/m³), CO (3–13 mg/m³) bei SO₂ (110–216 mg/m³) koncentracijos buvo ne didesnės už leistinas normas pagal LAND 43-2001 reikalavimus. Kietųjų dalelių koncentracija dūmuose deginant glicerolio–krosnių kuro emulsiją buvo didesnė už leistiną normą (50 mg/m³) ir siekė 260 mg/m³, tačiau šią problemą galima spręsti naudojant rankovinį kietųjų dalelių valymo filtrą.

Raktažodžiai: techninis glicerolis, kuro emulsijos, deginimo tyrimai, emisijos

1. ĮVADAS

Senkant naftos ištekliams ir augant jų kainoms, pasaulyje imta intensyviai domėtis atsinaujinančiųjų energijos išteklių panaudojimo galimybėmis [1, 2]. Transporto sektoriuje vis daugiau naudojama biodegalų, kurių tam tikro kiekio įterpimas į degalus tapo privalomas Europos Sąjungos (ES) šalyse ir reglamentuojamas atitinkamais degalų standartais [3, 4]. Be to, biodegalus gaminti ir naudoti skatina ES ir nacionaliniai teisės aktai, kuriuose numatoma iki 2010 m. 5,75 % visų sunaudojamų degalų pakeisti biodegalais [5].

Šiuo metu Europos Sąjungos šalyse sparčiai didėja biodyzelino – riebalų rūgščių metil esterių gamybos apimtys. Iki 2010 m. Europos Sąjungoje numatoma pagaminti net 11 mln. t biodyzelino per metus [6, 7]. Lietuvoje prognozuojama iki 2010 m. instaliuoti 204 tūkst. t per metus biodyzelino gamybos pajėgumus. Biodyzelino gamybos metu, be pagrindinio produkto, susidaro tokie šalutiniai produktai kaip laisvosios riebalų rūgštys, aliejingųjų sėklų išspaudos ir techninis glicerolis [8–10]. Intensyviai plečiantis biodyzelino gamybai šių atliekinių produktų kiekis rinkoje nuolat didėja, įprastinėse pramonės šakose viso susidarančio jų kiekio nebeįmanoma

sunaudoti, atsiradęs perteklius sąlygoja mažėjančią rinkos kainą bei būtinumą ieškoti naujų šių produktų panaudojimo galimybių. Ypač daug problemų sukelia techninio glicerolio, kurio susidaro iki 10 % bendrojo biodyzelino kiekio, efektyvus panaudojimas. Daugumoje biodyzelino gamybos įmonių gaunamas techninis (85–90 %) glicerolis, kuris, išgrynintas iki didesnio kaip 99,8 % grynumo, panaudojamas tokiose įprastinėse pramonės šakose – popieriaus, maisto, kosmetikos, farmacijos. Tačiau gryninant reikia gana didelių energijos ir materialinių sąnaudų, o gaunamas techninio glicerolio kiekis yra didesnis nei minėtų pramonės šakų poreikis.

Dėl šių priežasčių ieškoma naujų techninio glicerolio panaudojimo galimybių [11]. Šiuo metu tiriamos mono- ir digliceridų gamybos galimybės taikant laisvųjų riebalų rūgščių glicerolizės procesą [12] bei techninio glicerolio panaudojimo 1,3-propandiolio, kaip monomero, skirto politrimetilentereftalato (PTT) sintezei, galimybės [13].

Ne mažiau patraukliai ir palyginti paprastai techninis glicerolis naudojamas skystąjį kurą deginančiuose katiluose, šilumos ir elektros energijos gamybai. Šiuolaikiniai katilai suprojektuoti darbai esant tam tikram kūryklos erdvės šiluminiam įtempimui, todėl techninį glicerolį tiesiogiai naudoti

esamuose katiluose nepriimtina dėl per mažos degimo šilumos bei žemos adiabatinės fakelo temperatūros. Vienas būdų minėtai problemai spręsti galėtų būti kuro emulsijų gamyba panaudojant techninį glicerolį bei kitus degiuosius produktus. Šių emulsijų sudėtyje galėtų būti ir biodyzelino gamybos metu susidarantių riebalų rūgščių metilesterių.

Literatūros ir patentinė analizė [14, 15] parodė, kad glicerolio panaudojimas kuro emulsijų gamybai mažai tirtas. Mūsų darbo tikslas buvo ištirti ir nustatyti optimalią emulsijų, kuriose yra techninio glicerolio, krosnių kuro, riebalų rūgščių metilesterių, sudėtį, įvertinti eksploatacines bei aplinkosaugines šių emulsijų savybes, taip pat jas palyginti su kitų rūšių kuro, tarp jų ir gryno glicerolio bei ankstesniais tyrimais optimizuotų emulsijų, kurių sudėtyje yra mazuto [16], savybėmis.

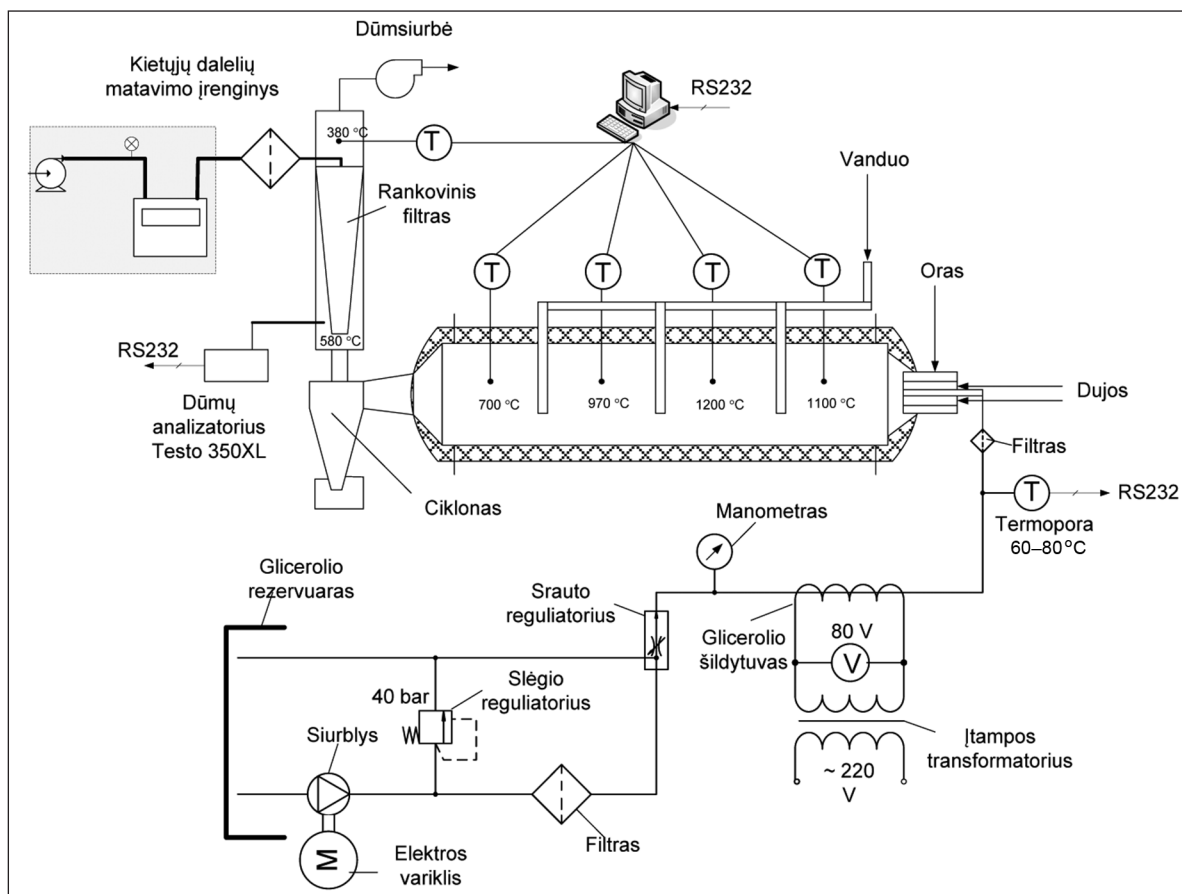
2. MEDŽIAGOS IR METODAI

Kuro emulsijų gamybai naudotos šios medžiagos: techninis glicerolis (pateikė UAB „Mestilla“); riebalų rūgščių metilesteriai, atitinkantys LST EN 14214 reikalavimus (UAB „Mestilla“); distiliuotas vanduo; krosnių kuras, atitinkantis LST 1904 reikalavimus (AB „Mažeikių nafta“); metanolis („Sigma Aldrich“) emulsiklis – monogliceridai (MG) (Palsgaard®0093 pellets) ir natrio oleatas („Sigma Aldrich“).

Emulsijų komponentai buvo sumaišomi atitinkamu santykiu ir gautas mišinys homogenizuojamas 15 min naudojant reguliuojamą didelių apskų homogenizatorių IKA T25 Digital Ultra-Turrax esant 20000–24000 min⁻¹ sūkių dažniui. Emulsijų stabilumas vertintas vizualiai laikant jas matavimo cilindruose, o ilgesnį laiką neišsisluoksniuojančių emulsijų stabilumas – jas patalpinant į centrifugą ir centrifuguojant 3000 min⁻¹ dažniu 5 min. Pasibaigus šiam laikui, vizualiai vertinta, ar atsiskiria fazės. Stabilios emulsijos buvo laikomos iki 2 mėn., nuolat stebint jų stabilumą vizualiai. Emulsijų tankis ir kinematinė klampa matuota atitinkamai pagal LST EN ISO 3675 ir LST EN ISO 3104 standartus naudojant Stabingerio viskozimetrą – SVM 300 (Anton Paar, Austrija).

Kuro deginimo bandymai atlikti organinio kuro deginimo stende (1 pav.).

Iš kuro talpos krumpliaratiniu siurbliu kuras tiekiamas į purkštuvą. Spyruokliniu apsauginiu vožtuvu kuro tiekimo sistemoje palaikomas pastovus 40 bar slėgis. Kuro kiekis sureguliuojamas trieigių reguliuojamu droselinio vožtuvu palaikant reikalingą slėgį prieš purkštuvą, kuriame yra kalibruota Ø 0,35 mm ar Ø 0,22 mm skersmens skylutė. Prieš patenkant į purkštuvą, kuras filtruojamas dviem lygiais: grubaus valymo filtro (filtravimo elemento vidutinis skersmuo Ø 700 µm) bei smulkaus valymo filtro (Ø 140 µm), taip pat elektriniu šildytuvu pašildomas iki 60–85 °C temperatūros.



1 pav. Kuro deginimo eksperimentinis stendas

Purkštuvė kuras teka skirstytuvu ir per tris tangentiškai išdėstytus griovelius patenka į išsukimo kamerą. Tangentinių griovielių dėka išsukimo kameroje susidaro intensyvus sukūrinis judėjimas. Išsuktas skystis išpurškiamas per ištekėjimo angą. Oras į degiklį tiekiamas iš suspausto oro resiverio, sureguliuojamas adatiniu ventiliu bei kontroliuojamas specialia srauto matavimo diafragma su sumontuotu diferencialiniu manometru (U formos vandens stulpeliu). Prieš paleidžiant kurą, adiabatinė degimo kamera gamtinėmis dujomis įkaitinta iki 1 000 °C. Įkaitusi degimo kamera garantuoja išankstinį kuro dujinimą ir, tinkamai patiekus degimui reikalingą oro kiekį, nesunkiai pasiekiamas tinkamas degimas. Degimo kameroje sumontuotos dvi S (PtRh10-Pt) ir dvi K (NiCr-Ni) tipo termoporos. Šių termoporų duomenis duomenų surinkimo sistema TC-08 (Pico) perduoda į kompiuterį ir išveda į monitoriaus ekraną. Taip pat šiame stende sumontuotas dūmų valymo nuo kietųjų dalelių įrenginys – ciklonas. Į cikloną patekę dūmai, veikiami išcentrinės jėgos, nubloškia didžiausias daleles arčiau sienelės, kur jos, netekusios energijos, subyra į ciklono apačioje sumontuotą dalelių surinkimo kamerą. Iš ciklono išėję dūmai patenka į dūmų analizės kamerą. Šioje kameroje sumontuoti dūmų analizės įrenginiai: dūmų dujų analizatorius Testo 350 XL bei kietųjų dalelių matavimo įrenginys. Analizatoriumi buvo matuojamos O₂, CO, CO₂, NO, NO₂, SO₂ dujų emisijos. Kietųjų dalelių koncentracija dūmuose buvo nustatoma svorio metodu laikantis normatyvinio dokumento LAND 28-98/M-08 [17] reikalavimų.

3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Biodyzelino gamyboje gauto techninio glicerolio, atsizvelgus į taikomą technologiją, sudėtyje yra 80–90 % glicerolio, riebalų rūgščių metilesterių (RRME), natrio ar kalio muilų, metanolio ir vandens. Mūsų tyrimams naudotas techninis glicerolis, gautas UAB „Mestilla“. Glicerolio sudėtis ir pagrindinės savybės pateiktos 1 lentelėje.

Atlikti emulsijų gamybos galimybių, jų savybių bei tinkamumo naudoti kaip kurą katilinėse tyrimai leido nustatyti emulsijų stabilumo ribas esant įvairiam komponentų santykiui. Emulsijų gamybai naudoti visi ar kai kurie glicerolio fazėje esantys komponentai, krosnių kuras ir riebalų rūgščių metilesteriai gaunami kaip pagrindinis produktas biodyzelino gamybos metu ir gali būti naudojami kaip krosnių kuras pagal LST EN 14213. Tirta įvairi emulsijų sudėtis, įvairuojant

1 lentelė. Fizinės cheminės techninio glicerolio savybės

Rodiklis	Vertė
Tankis 20 °C g/cm ³	1,29
Kinematinė klampa 20 °C mm ² /s	150
Vanduo %	5,8
Glicerolis %	85,9
Muilas %	–
Na ₃ PO ₄ %	4,3
Metanolis %	Pėdsakai
Rūgštingumas %	1,1

polinių ir nepolinių komponentų santykį bei didinant emulsiklių (muilo, monogliceridų) kiekį. Techninio glicerolio kiekis emulsijose kito nuo 10 iki 70 %. Pastebėta, kad emulsijos yra mažai stabilios. Pateikti (2 lentelė) emulsijų stabilumo priklausomumo nuo sudėties tyrimų rezultatai. Nustatyta, kad emulsijas teigiamai veikia vandens priedas, kurio optimalus kiekis kinta nuo 10 iki 15 %. Į tokio tipo emulsijas įterpti monogliceridai veikia kaip tirštiklis ir duoda nepageidautiną efektą eksploataciniu požiūriu. Padidinus muilo, kaip emulsiklio, kiekį, teigiamo rezultato emulsijų stabilumui negauta. Nustatyta, kad optimalus muilo (natrio oleato) kiekis tokio tipo emulsijose yra 3 %.

Apibendrinus gautus emulsijos stabilumo tyrimų rezultatus, nustatyta, kad į patvarias emulsijas galima įterpti 30 % techninio glicerolio ir 30 % krosnių kuro. Pagaminus ~20 kg šios optimalios sudėties emulsijos buvo atlikti palyginamieji deginimo tyrimai, įvertinta degimo kokybė bei susidarantių teršalų kiekiai. Pagrindiniai eksperimentinių deginimo tyrimų metu gauti rezultatai pateikiami 3 lentelėje.

Esamame eksperimentiniame skystojo kuro deginimo tyrimo stende, kokybiškai sudeginant glicerolio–krosnių kuro emulsijos kurą, pasiektas 36 kW šiluminis įrenginio našumas. Dirbant šiuo našumu oro pertekliaus koeficientas dūmų analizės kameroje kito nuo 1,06 iki 1,21. Ši nedidelė deguonies kiekio degimo produktuose kaita galėjo atsirasti dėl emulsijos išsiskuoksnavimo kuro tiekimo įrenginiuose.

2 lentelė. Glicerolio–krosnių kuro emulsijos stabilumas

Poliniai komponentai (glicerolis, vanduo) %	Nepoliniai komponentai (krosnių kuras, RRME) %	Mono-gliceridai %	Natrio oleatas %	Stabilumas
10	87	1	2	24 h
10	87		3	3 h
15	75		10	2 h
22	70		8	2 h
27	70		3	3 h
30	67	1	2	3 h
30	67		3	3 h
32	65		3	4 h
35	60		5	7 h
37	60		3	8 h
40	55		5	12 h
40	51		9	7 h
40	52		8	34 paros
43	52		5	22 paros
45	52	1	2	24 paros
45	52		3	35 paros
45	51		4	8 h
48	49		3	6 h
50	45		5	1 h
55	40		5	1 h
70	25		3	8 h
70	25	2	3	Sutirštėja
75	20	3	2	Sutirštėja
80	15	3	2	Sutirštėja

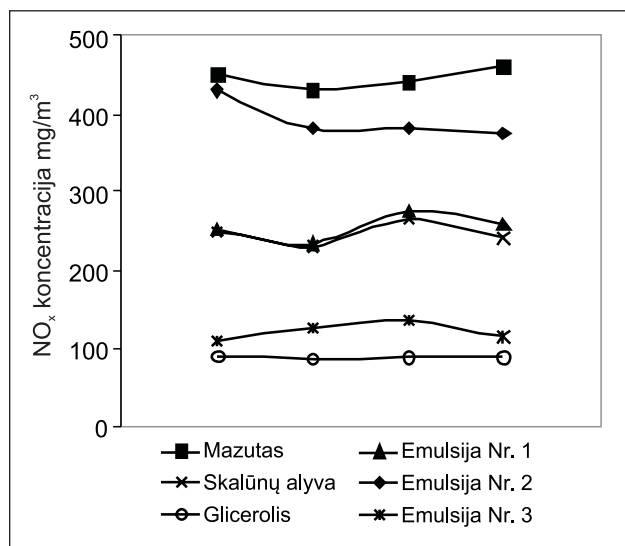
3 lentelė. Glicerolio–krosnių kuro emulsijos degimo kokybė

Rodiklis	Mato vnt.	Paklaida %	Režimas			
Šiluminė galia	kW	±2				
Emulsijos kiekis	kg/h	±2				
Emulsijos slėgis prieš purkštuvą	bar	±2				
Oro kiekis	m ³	±5				
Degunies kiekis dūmuose	%	±0,5	1,5	2,5	3,7	1,16
Oro pertekliaus koeficientas	–	±0,02	1,08	1,13	1,21	1,06
Anglies monoksido (CO) kiekis dūmuose	mg/m ³	±20	13	3	5	5
Azoto oksidų (NO _x) kiekis dūmuose	mg/m ³	±14	110	124	134	115
Sieros oksidų (SO ₂) kiekis dūmuose	mg/m ³	±30	110	133	216	124
Kietųjų dalelių kiekis dūmuose	g/m ³	±25				0,26

Eksperimentinių deginimo bandymų metu glicerolio–krosnių kuro emulsijos degimo produktų sudėtis atitinka keliamus gamtosauginius reikalavimus. Bandymų metu gautos pagrindinių teršalų – azoto oksidų (110–134 mg/m³), anglies monoksido (3–13 mg/m³) bei sieros dioksido (110–216 mg/m³) koncentracijos buvo ne didesnės už leistinas normas pagal LAND 43–2001 reikalavimus [18].

Siekiant visiškai įvertinti gautos stabilios emulsijos, kurios sudėtyje yra krosnių kuro (emulsija Nr. 3), deginimo kokybę, būtina ją palyginti su kitomis kuro rūšimis. Šiame darbe atlikti įvairių kuro rūšių deginimo tyrimai ir palyginti degimo metu susidarantių teršalų kiekiai. Palyginimui pasirinktas vienas dažniausiai mūsų šalyje naudojamų skystasis kuras – mazutas (M100, atitinkantis GOST 10585-75 standartą, AB „Mažeikių nafta“), skalūnų alyva bei eksperimentinė kuro rūšis – techninis glicerolis, emulsija Nr. 1 (sudėtyje yra žalio glicerolio ir mazuto) ir emulsija Nr. 2 (sudėtyje yra techninio glicerolio ir mazuto). Emulsijų Nr. 1 ir Nr. 2 su mazutu optimalios sudėties nustatytos ir pateiktos ankstesniame darbe [16]. Susisteminti tyrimų rezultatai parodyti grafiškai 2–4 paveiksluose.

Kaip matyti 2 paveiksle, didžiausia azoto oksidų koncentracija nustatyta deginant mazutą ir siekia 460 mg/m³.

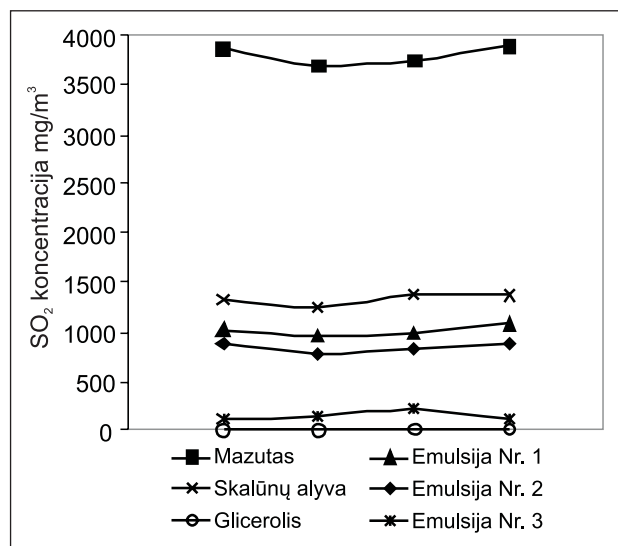


2 pav. Azoto oksidų koncentracijos kitimas deginant įvairias kuro rūšis

Truputį mažesnė šių toksinių dujų koncentracija nustatyta kurui naudojant glicerolio–mazuto emulsiją Nr. 2. Pastebėta, kad dėl neaiškių priežasčių panašios sudėties glicerolio–mazuto emulsijos Nr. 1 degimo metu susidaro NO_x net 100 mg/m³ mažiau. Toks efektas galėjo įvykti dėl skirtingų glicerolio frakcijų naudojimo ar kuro išsisluoksniavimo. Toliau lyginant įvairių rūšių kuro degimo kokybę matyti, kad mažinant sunkaus kuro – mazuto dalį kure, azoto oksidų koncentracija mažėja. Deginant daugiau lengvesniųjų angliavandenilių turintį kurą, tokį kaip skalūnų alyvą ar glicerolio emulsiją Nr. 3, azoto oksidų koncentracija sumažinama net iki 110 mg/m³. Dėl žemos degimo temperatūros ir nedidelio stochiometrinio oro kiekio mažiausiai NO_x susidaro deginant gryną glicerolį.

Nagrinėjant sieros oksidų susidarymą (žr. 3 pav.) ir jų koncentracijų kitimą nuo kuro rūšies, matyti, kad mažėjant sieringo kuro daliai, šio toksinio cheminio junginio susidaro mažiau.

Deginant techninį glicerolį sieros oksido nesusidaro. Šis faktas tik pabrėžia emulsijų gamybos svarbą, kai sieringas kuras maišomas su nesieringomis alternatyviomis žaliavomis. Siekiant strateginio teršalų emisijų sumažinimo, parinktas



3 pav. Sieros dioksido koncentracijos kitimas deginant įvairias kuro rūšis

4 lentelė. Techninio glicerolio degimo kokybė

Rodiklis	Mato vnt.	Paklaida %	Režimas					
			Be rankovinio filtro			Su rankoviniu filtru		
Šiluminė galia	kW	±2	45					
Glicerolio kiekis	kg/h	±2	13					
Oro kiekis	m ³	±1	46					
O ₂ kiekis dūmuose	%	±0,5	1,6	1,9	2,4	1,6	1,6	1,9
Oro pertekliaus koeficientas	–	±0,02	1,09	1,1	1,13	1,09	1,09	1,1
CO koncentracija dūmuose	mg/m ³	±20	90	73	130	80	90	73
NOx koncentracija dūmuose	mg/m ³	±14	87	88	88	90	87	88
Kietųjų dalelių (Na ₄ P ₂ O ₇) koncentracija dūmuose	g/m ³	±25	14,5	11,9	9,6	0,35	0,26	0,27

optimalios sudėties kuras sudarys visas sąlygas tokiam tikslui įgyvendinti. Matyti (3 pav.), kad naudojant ~30 % sieringo mazuto bei tiek pat glicerolio (emulsija Nr. 1), SO₂ išmetamuose dūmuose yra ne daugiau kaip 1000 mg/m³. Kuro emulsijos sudedamųjų dalių optimizavimas (emulsijos Nr. 2 ir Nr. 3) leidžia pasiekti ir ne didesnę kaip 850 mg/m³ SO₂ koncentraciją, taikomą naujiems deginimo įrenginiams [19].

Didžiausias glicerolio–mazuto ir glicerolio–krosnių kuro emulsijų trūkumas yra neorganinės priemaišos, t. y. Na druskų polikondensaciniai junginiai, susidarę eliminuojant skystąją kuro frakciją. Kaip matyti 4 paveiksle, žemiau leistinos kietųjų dalelių koncentracijos ribos – 50 mg/m³ (LAND 43-2001) nepatenka nei vienas mūsų naudotas kuras.

Normatyviniuose dokumentuose galima rasti išimčių, kurios leidžia šiek tiek padidinti kietųjų dalelių koncentraciją išmetamuose dūmuose, tačiau tinkamai parinkus emulsijos komponentus tokių priemonių bus galima išvengti. Atlikus techninio glicerolio deginimo, naudojant rankovinį kietųjų dalelių valymo filtrą, tyrimus nustatyta, kad tokio tipo valymo įrenginiais galima gerokai sumažinti kietųjų dalelių koncentraciją dūmuose (4 lentelė). Taigi galima daryti prielaidą, kad šis papildomas inžinerinis įrenginys pravers biodyzelino gamyboje gaunamą techninį glicerolį plačiau naudojant kuro emulsijų gamybai.

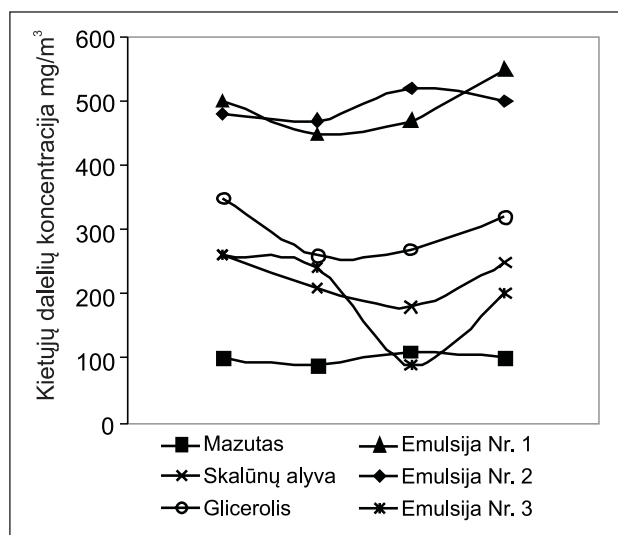
4. IŠVADOS

1. Biodyzelino gamybos metu susidarantį techninį glicerolį tikslinga naudoti kuro emulsijų gamybai.

2. Emulsijos, kurių sudėtyje yra krosnių kuro, stabilumo ribos yra siauros. Į patvarias emulsijas galima įterpti 30 % techninio glicerolio ir 30 % krosnių kuro. Jų stabilumą teigiamai veikia vanduo (optimalus kiekis 10–15 %), muilas, kaip emulsiklis (optimalus kiekis 3 %).

3. Eksperimentinių bandymų metu visame apkrovimų intervale gautos NO_x (110–134 mg/m³), CO (3–13 mg/m³) bei SO₂ (110–216 mg/m³) koncentracijos buvo ne didesnės už leistinas normas pagal LAND 43-2001 reikalavimus.

4. Lyginamųjų įvairių rūšių kuro deginimo bandymų rezultatai parodė, kad mažinant sunkaus kuro – mazuto dalį kure, azoto oksidų koncentracija mažėja. Deginant daugiau lengvesniųjų angliavandenilių turintį kurą, tokį kaip skalūnų



4 pav. Kietųjų dalelių koncentracijos kitimas deginant įvairias kuro rūšis

alyvą ar glicerolio–krosnių kuro emulsiją, azoto oksidų koncentracija sumažinama net iki 110 mg/m³.

5. Kuro emulsijos sudedamųjų dalių optimizavimas (glicerolio–mazuto ir glicerolio krosnių kuro emulsijos) leidžia pasiekti ir ne didesnę kaip 850 mg/m³ SO₂ koncentraciją, taikomą naujiems deginimo įrenginiams.

6. Deginant emulsijas, gautos kietųjų dalelių koncentracijos dūmuose yra didesnės už leistiną ribą – 50 mg/m³. Ši problema gali būti sprendžiama parenkant tinkamus emulsijos komponentus ir naudojant rankovinį kietųjų dalelių valymo filtrą.

PADĖKA

Autoriai nuoširdžiai dėkoja Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui už paramą vykdant mokslinius tyrimus.

Gauta 2009 06 05
Priimta 2009 12 23

Literatūra

1. Koonin S. E. Getting serious about biofuels. *Science*. 2006. N 311. P. 435.
2. Ragauskas A. J. The path forward for biofuels and biomaterials. *Science*. 2006. N 311. P. 484–489.
3. EN 228: 2004, *Automotive Fuels – Unleaded Petrol – Requirements and Test Methods*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
4. EN 590: 2004, *Automotive Fuels – Diesel – Requirements and Test Methods*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
5. *Directive 2003/30/EC of the European Parliament and the Council of 8 May 2003 on the Promotion of the Use of Biofuels or Other Renewable Fuels for Transport*. 2003. OJ L 123. P. 42–46.
6. *Current Situation and Prospects for Biodiesel and Vegetable Oils as Fuels: From Niche Products to Market Players*. http://www.ufop.de/downloads/Biodieselreport_engl_070306.pdf (žiūrėta 2007 12 10).
7. *European Biodiesel Board*. <http://www.ebb-eu.org/stats.php> (žiūrėta 2007 10 15).
8. Bournay L., Casanave D., Delfort B., Hillion G., Chodorge J. A. New heterogeneous process for biodiesel production: a way to improve the quality and the value of the crude glycerin produced by biodiesel plants. *Catal Today*. 2005. Vol. 106(1–4). P. 190–192.
9. Mittelbach M., Remschmidt C. *Biodiesel*. The comprehensive handbook. Vienna, 2004.
10. Ma F., Hanna M. A. Biodiesel production: a review. *Biore-source Technology*. 1999. Vol. 70. P. 1–15.
11. Van Gerpen J. *Biodiesel production technology*. NREL/SR-510-36244, Golden, Colorado. <http://www.osti.gov/bridge> (žiūrėta 2006 12 08).
12. Bendikienė V., Juodka B. *Pseudomonas mendocina* 3121-1 lipase-catalysed reaction of oleic acid with glycerol. *Biologija*. 2006. No. 3. P. 21–24.
13. Barbirato F., Himmi E. H., Conte T., Bories A. 1,3-Propanediol production by fermentation: an interesting way to valorize glycerin from the ester and ethanol industries. *Indian Crop Production*. 1998. Vol. 7(2–3). P. 281–289.
14. *Patent No. US2007113938 “Emulsion fuel and method of preparing the same”*, 2007.05.24.
15. *Patent No. JP11172264 “Production of emulsion fuel”*, 1999.06.29.
16. Striūgas N., Šlančiauskas A., Makarevičienė V., Gumbytė M., Janulis P. Processing of the glycerol fraction from biodiesel production plants to provide new fuels for heat generation. *Energetika*. 2008. T. 54. Nr. 3. P. 5–12.
17. LAND 28-98/M-08. Stacionarūs atmosferos teršalų šaltiniai. Dulkių (kietųjų dalelių) koncentracijos išmetamosiose dujose nustatymas. Svorio metodas. *Valstybės žinios*. 1998. Nr. 47-1298.
18. LAND 43-2001. Išmetamų teršalų iš didelių kurą deginančių įrenginių normomis ir išmetamų teršalų iš kurą deginančių įrenginių normos. *Valstybės žinios*. 2001. Nr. 88-3100.
19. Directive 2001/80/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants. *Official Journal of the European Communities*. 27.11.2001.

Violeta Makarevičienė, Milda Gumbytė, Prutenis Janulis,
Nerijus Striūgas, Anupras Šlančiauskas

USAGE OF TECHNICAL GLYCEROL IN LIQUID FUEL PRODUCTION

Summary

The stability of the emulsion composed of technical glycerol, heating fuel, fatty acid methylesters and an emulsifier was evaluated. It was determined that 30% of technical glycerol and 30% of heating fuel could be added to such type of emulsion composition. The stability of the emulsion was increased by water (optimal amount 10–15%) and an optimal emulsifier – sodium oleate (3%).

Comparable results of investigations of emulsion burning are presented. They show that the concentrations of NO_x (110–134 mg/m³), CO (3–13 mg/m³) and SO₂ (110–216 mg/m³) in the whole load range did not exceed the permissible levels allowed by LAND 43-2001 requirements. The concentration of solid particles in the smoke while burning the glycerol-stove fuel emulsion exceeded the permissible limit (50 mg/m³) and reached 260 mg/m³. However, this problem could be solved using a solid particle clearing filter.

Key words: technical glycerol, fuel emulsion, burning investigations, emissions

Виолета Макарявичене, Милда Гумбите, Прутянис Янулис,
Нериус Стрюгас, Анупрас Шланчаускас

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ГЛИЦЕРИНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Резюме

Оценена стабильность эмульсии, которая состоит из технического глицерина, печного топлива, метиловых эфиров жирных кислот и эмульгаторов. Установлено, что 30 % технического глицерина и 30 % печного топлива могут быть добавлены к эмульсии такого типа. Кроме того, стабильность эмульсии повышают вода (оптимальное количество 10–15 %) и эмульгатор (олеат натрия, 3 %).

Представлены сравнительные результаты исследований горения эмульсии. Они показали, что концентрации NO_x (110–134 mg/m³), CO (3–13 mg/m³) и SO₂ (110–216 mg/m³) не превышали норм, допустимых согласно требованиям LAND 43-2001. При сжигании эмульсии, состоящей из глицерина и печного топлива, концентрация твердых частиц в дыме превысила допустимый предел (50 mg/m³) и достигла 260 mg/m³. Однако эту проблему можно решить, используя фильтр очистки от твердых частиц.

Ключевые слова: технический глицерин, топливные эмульсии, исследования сжигания, эмиссии