

## NAFTOS DEGALŲ IR ETILO SPIRITO MIŠINIAIS VEIKIANČIO VARIKLIO DARBO RODIKLIŲ TYRIMAS

Marius Mažeika<sup>1</sup>, Jonas Matijošius<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lietuvos žemės ūkio universitetas, <sup>2</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>marius.mazeika@yahoo.com; <sup>2</sup>jonas.matijosius@vgtu.lt

**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjamos bevandenio bioetanolio panaudojimo galimybės vidaus degimo variklyje. Apžvelgti eksperimentiniai darbai. Bandyto rezultatai rodo, kad esant maksimaliai variklio apkrovai maitinant jį 10 % etanolio ir benzino mišiniu, jo galia esant 1400 ir 1800 min<sup>-1</sup> apsisukimų sumažėja 1,67–3,2 %, efektyviosios degalų sunaudos esant 1400 min<sup>-1</sup> apsisukimams gali būti neženkliai didesnės (iki 4 %), o esant 1800 min<sup>-1</sup> sukiamams padidėja dar mažiau. Anglies monoksido CO emisija esant maksimaliai apkrautam varikliui ir jį maitinant biodegalų mišiniu E10 sumažėja iki 50 %, lyginant su varikliu, maitinamu benzinu. Norint naudoti didesnės koncentracijos etanolio ir benzino mišinius reikalingas variklio maitinimo sistemos perreguliavimas.

**Reikšminiai žodžiai:** vidaus degimo variklis, biodegalai, bioetanolis, degalų sąnaudos, ekologija, emisija.

### Įvadas

Vis labiau senkantys ir netolygiai pasiskirstę naftos šaltiniai ir kylanti mineralinių degalų kaina skatina atsinaujinančios energijos naudojimą. Naftos resursų ekonomijos problema glaudžiai susijusi su aplinkos ekologiniu saugumu. Tolesnė transporto komplekso plėtra lemia būtinybę realizuoti neatidėliotinas energijos taupymo priemones, įskaitant netradicines degalų rūšis ir atsinaujinančius energijos šaltinius, taip pat priemones sumažinti išmetamąsias žalingas medžiagas (Labeckas ir Slavinskas 1993, 2006; Fuel Cycle Evaluations... 1992; Звонов 1981; Круглов 1980; Носач 1989; Мехтиев 1981; Луканин и Трофименко 2001).

Etanolis ir biodyzelinai plačiai naudojami transporte. Jie yra svarbus mineralinių degalų pakaitalas, kurių deginiai mažiau kenksmingi gamtai.

Daugelio šalių biodegalų gamybą skatina vyriausybės, siekiančios bent iš dalies pakeisti importuojamą naftą iš vietinių žaliavų gaminamais biodegalais, ir tokiu būdu išplėsti energetinę nepriklausomybę (Šimėnas 2003).

Lietuvoje degalams tinkančio bioetanolio gamyba pradėta 2004 m. Pagal ES direktyvas iki 2010 m. gruodžio 31 d. ne mažiau kaip 5,75 % šalies transporte sunaudojamų skystų degalų energijos balanso turi sudaryti biodegalai (Šimėnas 2003). Dabartiniu metu ypatingas dėmesys skiriamas tyrinėjimams, skirtiems mažinti tokį žalingą reiškinį, kaip klimato atšilimas, kuris yra susijęs su žmogaus aktyvia pramonine veikla. To pasekmė – į atmosferą išmetama daug kenksmingų medžiagų. Pagal tyrinėjimų duomenis, pagrindinės iš jų yra anglies mo-

noksidas ir dioksidas (sudaro apie 44 %), metanas (CH<sub>4</sub> – 19 %), azoto oksidai (NO<sub>x</sub> – 6 %) (Звонов *u dp.* 1988, 2001). Tam reikšminiu palanki išsiskirianti šiluma dėl žmogaus veiklos. Gamta nepajėgi natūraliai apsivalyti nuo tų medžiagų. Todėl Pasaulinės bendrijos atstovai, posėdžiavę Rio de Žaneire ir Kiote, nusprendė riboti šių medžiagų išmetimą į atmosferą.

Šiame periode lengvųjų automobilių variklių ekologinė kokybė įvertinama važiuojamo ciklo normatyviniais reikalavimais. („Automobiliai su Otto varikliais. Anglies monoksidas ir angliavandeniliai išmetamosiose dujose. Normos ir matavimo metodai. LAND – 14-2000“; „Automobiliai su dyzeliniais varikliais. Išmetamųjų dujų dūmingumas. Normos ir matavimo vienetai. LAND – 15-2000“).

Vyraujantį indėlį dėl dyzelinio variklio žalingų išmetimų sudaro azoto oksidai, kurie yra gana toksiški, ir kietosios dalelės (Носач 1989; Звонов *u dp.* 1998). Todėl prioritetinga reikšmė yra mažinti azoto oksidų ir kietųjų dalelių išmetimus dyzelinėse transporto priemonėse (Звонов *u dp.* 1988; Мехтиев 1981).

Dalelių išmetimus daugeliu atvejų galima sumažinti pritaikius suodžių filtrus (Maxwell ir Jones 1995). Šiuo atveju juos eksploatuojant iškyla filtrų periodinės regeneracijos išdeginimo, išvalant susikaupusias daleles, problema. Projektuojamos sistemos, skirtos sumažinti azoto oksidus dyzelinio variklio išmetamosiose dujose panaudojant amoniaką, vandenilį, metanolį arba etanolį (Šimėnas 2003).

Intensyvios azoto oksidacijos sumažinimo būdai ir priemonės daugiausia susijusios su lokalių temperatūrų

sumažinimu variklio cilindre. Tai iš dalies pasiekama tobulinant degalų sudėtį, optimizuojant dujų paskirstymo fazę, padidinant naudojamų degalų kokybę, optimizuojant vandens tiekimą į cilindrus, recirkuliuojant naudotas dujas, optimizuojant pripūtimo parametrus, taikant tarpinį oro aušinimą ir kt. (Звонов и др. 1988). Įvedus griežtesnes normas išmetamosioms medžiagoms padidėja techninių sprendimų ir priemonių jų koncentracijai sumažinti naudotose dujose kaina (Автомобильный справочник 1999; Maxwell and Jones 1995).

Vidaus degimo varikliai ir ypač dyzeliniai varikliai yra vienas iš pagrindinių aplinkos taršos šaltinių. Deginant naftinius degalus, kurių nuolat mažėja, jie išmeta į atmosferą didelį žalingų medžiagų kiekį.

Vienas iš būdų, naudotų dujų žalingam poveikiui aplinkai mažinti ir taupyti dyzelino resursus, yra etilo spirito, kaip degalų, panaudojimas. Etanolio pranašumai yra: turima žaliavinė bazė, ištobulinta technologija ir gamybiniai pajėgumai jo sintezei, patogus panaudojimas, kadangi normalios būsenos etanolis – skystis, vienalaikis dyzelio išmetamų toksiškų elementų – azoto oksidų ir kietųjų dalelių sumažinimas.

Brazilijoje ir JAV etanolis užima svarbią rinkos dalį ir sudaro apie 32 % bendros degalų gamybos (Janulis ir Makarevičienė 2004). Europos degalų gamintojai turi gerokai padirbėti, kad pasiektų šių šalių lygį. Vokietijos ekspertai skelbia, kad 2020 metais kas ketvirtas litras benzino ar dyzelino bus pakeistas biodegalais. Todėl daugelyje ES šalių daromos milijoninės investicijos spirito bei biodyzelino gamybos technologijoms tobulinti ir gamykloms statyti.

Įprastos konstrukcijos varikliuose benzina visiškai pakeisti etanolium yra problemiška, nes reikia juos iš dalies rekonstruoti. Brazilijoje, kurioje pigus etanolis gaminamas iš cukranendrių, dalis lengvųjų automobilių maitinami grynu etanolium. Atsinaujinantys biologinės kilmės degalai vis labiau populiarėja JAV, atsiranda naujų, vadinamųjų „Flexible Fuel Vehicles“ automobilių, naudojančių E-85 degalus (juose 85 % sudaro etanolis). Tokie biodegalai jau naudojami ir Europoje – Švedijoje bei Vokietijoje (<http://www.manoukis.lt>).

### Tyrimų tikslas ir uždaviniai

Ištirti benzino ir bevandenio bioetanolio mišiniais maitinamo benzininio variklio darbo ir deginių emisijos rodiklių kitimą plačiose apkrovos ir sukimosi dažnio ribose.

Tiksliui pasiekti buvo sprendžiami tokie uždaviniai:

1. Paruošti tyrimų metodiką ir įrangą (Labeckas ir Slavinskas 1993).

2. Atlikti stendinius variklio bandymus, naudojant benzina ir įvairius jo mišinius su bioetanoliu.

3. Apdoroti tyrimų rezultatus ir palyginti benzina ir jo mišiniais su bioetanoliu maitinamo variklio darbo rodiklius.

### Tyrimų metodika

Benzino ir bioetanolio mišiniais veikiančio variklio D-24 tyrimai atlikti Lietuvos žemės ūkio universitete, Transporto ir jėgos mašinų katedros Variklių bandymo laboratorijoje hidrauliniu stendu D-4.

Išbandant variklį, buvo matuojami ir registruojami tokie parametrai:

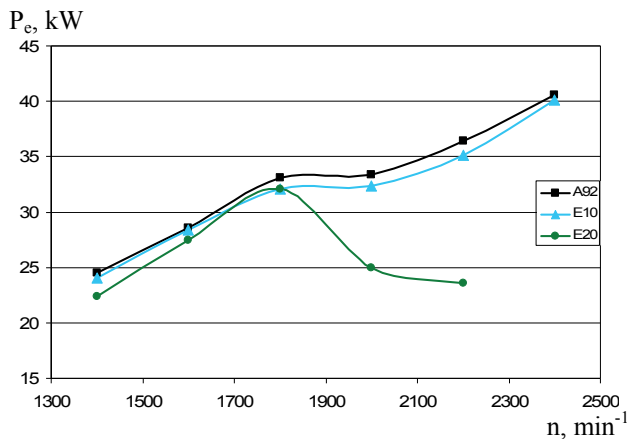
1. Variklio alkūninio veleno sukimosi dažnis,  $\text{min}^{-1}$ .
2. Efektyvusis sukimo momentas, kNm.
3. Oro sąnaudos, kg/h.
4. Degalų sąnaudos, kg/h.
5. Deginių temperatūra, °C.
6. Anglies viendeginio kiekis CO, ppm.
7. Anglies dvideginio kiekis CO<sub>2</sub>, vol %.
8. Nesudegusių angliavandenilių HC, ppm.
9. Liekamojo deguonies kiekis deginiuose O<sub>2</sub>, vol %.
10. Bendroji azoto oksidų emisija NO<sub>x</sub>, ppm.
11. Aplinkos temperatūra bandymų metu, °C.

Bandymams buvo naudojamas benzinas A92 ir jo mišiniai E10 (10 % bioetanolio) ir E20 (20 % etanolio).

Bandymai atlikti variklį maitinant benzina ir minėtais biodegalais, matuojant maksimalų efektyvųjį sukimo momentą 1400–2400  $\text{min}^{-1}$  sukimosi dažnio diapazone ir registruojant apkrovos charakteristikų parametrus, variklio alkūniniam veleniui sukantis pastoviais 1400 ir 1800  $\text{min}^{-1}$  sūkliais.

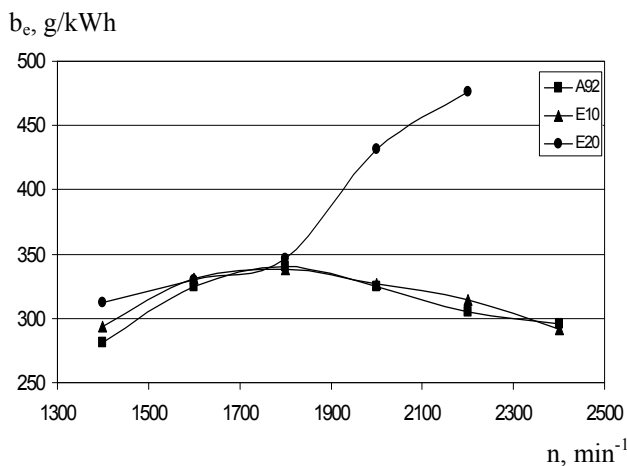
### Tyrimo rezultatai

Pamatavus minėtais biodegalais maitinamo variklio maksimalų efektyvųjį sukimo momentą 1400–2400  $\text{min}^{-1}$  diapazonuose matyti (1 ir 2 pav.) ženklus galios sumažėjimas ir lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų padidėjimas, ypač naudojant mišinį E 20, kai sūkliai viršija 1800  $\text{min}^{-1}$ , tai atsitinka todėl, kad didėjant valandinėms biodegalų sąnaudoms karbiuratoriaus purkštukų našumas yra per mažas, gaunamas oro pertekliaus koeficientas  $\alpha$  (3 pav.) yra didesnis negu rekomenduojama. O palyginus variklio darbo rodiklius maitinant benzina A92 ir mišinį E10 esminių skirtumų nepastebėta nei vertinant galios pokytį, nei efektyviausias degalų sąnaudas.



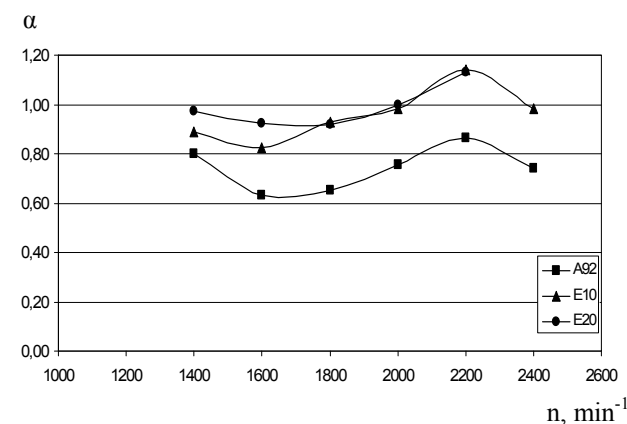
1 pav. Variklio maksimalios efektyviosios galios  $P_e$  priklausomybė nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio

Fig. 1. Dependency of the engine maximum braking power  $P_e$  on rotational speed of the crankshaft



2 pav. Variklio, dirbančio maksimalia apkrova, efektyviųjų degalų sąnaudų priklausomybė nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio

Fig. 2. Dependency of the brake specific fuel consumption of the fully loaded engine in braking on the rotational speed of the crankshaft



3 pav. Oro pertekliaus koeficiento  $\alpha$  priklausomybė nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio

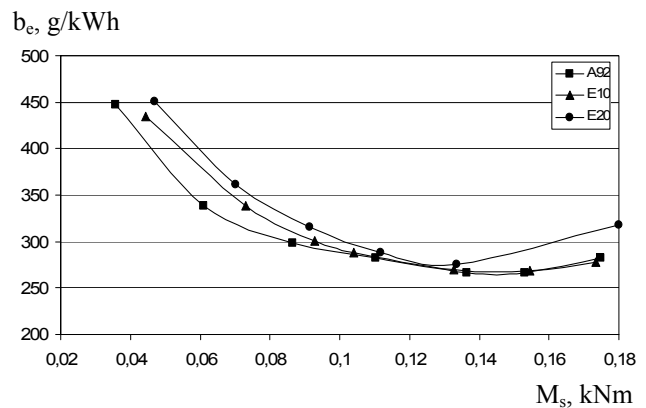
Fig. 3. Dependency of the air to fuel ratio  $\alpha$  on the rotational speed of the crankshaft

Atliekant kitus bandymus, išmatuoti ir išanalizuoti variklio energetiniai ir deginių emisijos rodikliai didėjant apkrovai, kai alkūninio veleno sukimosi dažnis fiksuotas esant 1400 ir 1800  $\text{min}^{-1}$  režimams. Bandymai atlikti variklį paeiliui maitinant trimis degalų rūšimis: A92, E10 ir E20.

Analizuojant lyginamąsias efektyviasias degalų sąnaudas (4 pav.) matyti, kad mažiausios degalų sąnaudos yra gryno benzino, o didinant etanolio kiekį degaluose, lyginamosios degalų sąnaudos palaipsniui didėja, nes mažėja biodegalų mišinio šilumingumas.

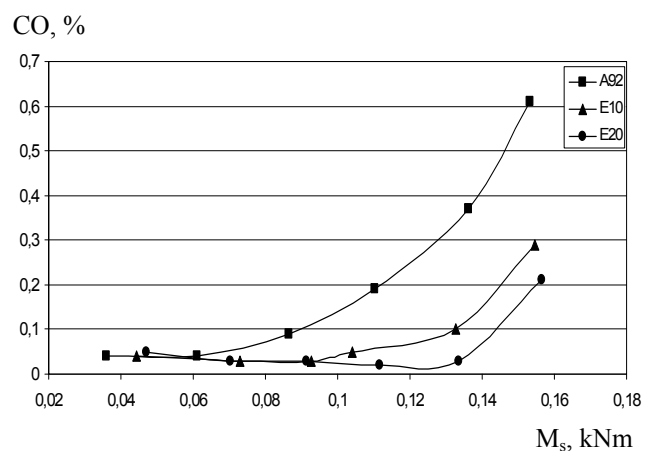
Analizuojant anglies viendeginio kitimą nuo apkrovos (5 pav.) pastebima, kad didėjant etanolio kiekiui degaluose, CO koncentracija deginiuose sumažėja.

Mažiausias anglies dvideginio kiekis deginiuose gautas variklį maitinant grynu benzinu (6 pav.). Tai galima sieti su mažesnėmis benzino sąnaudomis.



4 pav. Efektyviųjų degalų sąnaudų priklausomybė nuo apkrovos esant pastoviam (1800  $\text{min}^{-1}$ ) alkūninio veleno sukiamam

Fig. 4. Dependency of the brake specific fuel consumption on the loading of engine, operating at constant speed of 1800 rev/min



5 pav. CO priklausomybė nuo apkrovos esant pastoviam (1800  $\text{min}^{-1}$ ) alkūninio veleno sukiamam

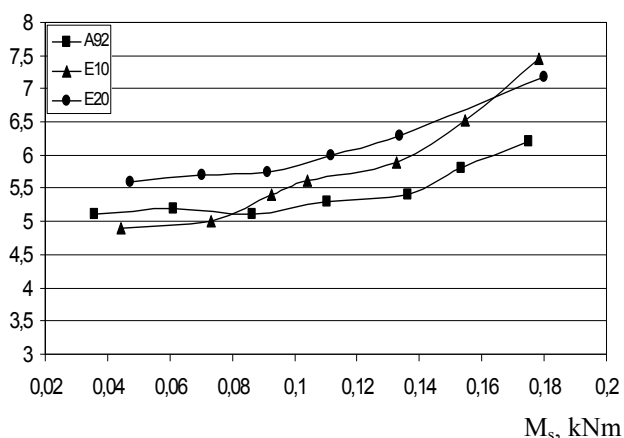
Fig. 5. Dependency of CO on the loading of engine, operating at constant speed of 1800 rev/min

Grafike (7 pav.) matyti, kad oro pertekliaus koeficientas didėja didėjant etanolio kiekiui degaluose. Tai rodo, kad norint pagerinti variklio darbo ir emisijos rodiklius, reikia perreguluoti variklio maitinimo sistemą.

Toks oro pertekliaus koeficiento kitimas (7 pav.) gali didinti  $\text{NO}_x$  emisiją (8 pav.), nes didesnis deguonies kiekis skatina azoto oksidų  $\text{NO}_x$  susidarymą (Labeckas ir Slavinskas 2006).

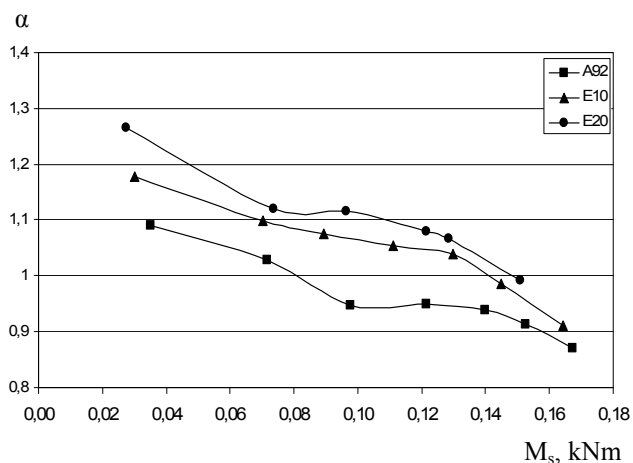
Nesudegusių angliavandenilių HC emisija naudojant mišinį E10, yra beveik vienoda kaip ir naudojant benzina, o naudojant mišinį E20 padidėja ženkliai, nes variklis veikia nesklandžiai.

$\text{CO}_2$ , %



6 pav.  $\text{CO}_2$  priklausomybė nuo apkrovos esant pastoviems ( $1800 \text{ min}^{-1}$ ) alkūninio veleno sukiamams

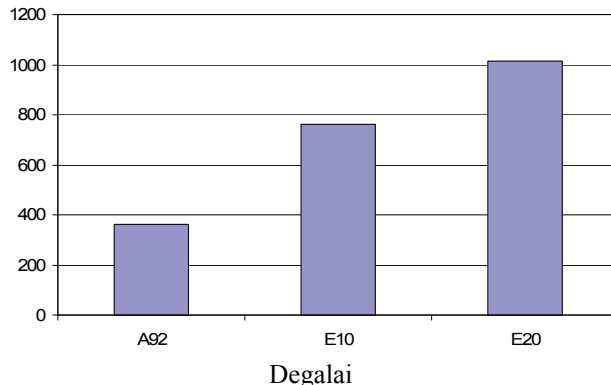
Fig. 6. Dependency of  $\text{CO}_2$  emission on the loading of engine, operating at constant speed of  $1800 \text{ rev/min}$



7 pav. Oro pertekliaus koeficiento  $\alpha$  priklausomybė nuo variklio apkrovos esant pastoviems ( $1400 \text{ min}^{-1}$ ) alkūninio veleno sukiamams

Fig. 7. Dependency of the air to fuel ratio  $\alpha$  on the loading of engine, operating at constant speed of  $1400 \text{ rev/min}$

$\text{NO}_x$ , ppm



8 pav. Azoto oksidų kiekio deginiuose priklausomybė nuo etanolio kiekio degaluose esant pastoviems ( $1800 \text{ min}^{-1}$ ) alkūninio veleno sukiamams

Fig. 8. Dependency of total emission of nitrogen oxides  $\text{NO}_x$  on ethanol percentage in petrol for engine, operating at the constant speed of  $1800 \text{ rev/min}$

## Išvados

1. Variklį maitinant biodegalais E10, efektyvioji galia sumažėja vidutiniškai apie 3 %, o esant didesnės koncentracijos E20 mišiniui variklis dirba nestabiliai.

2. Biodegalų mišiniu E10 maitinamo variklio lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos palyginti su A92 benzinu esant maksimalios apkrovos režimui iki 3 % didesnės.

3. Aplinkai kenksmingo anglies viendeginio CO kiekis deginiuose mažėja proporcingai didėjanti etanolio kiekiui mišinyje.

4. Nemodernizuotus variklius geriausia būtų maitinti etanolio ir benzino E10 mišiniu, nes efektyvioji galia mažai pakinta (1,67–3,2 %), o ekologiniai deginių emisijos rodikliai, ypač CO kiekis deginiuose, sumažėja beveik dvigubai.

5. Bendroji azoto oksidų  $\text{NO}_x$  emisija naudojant biodegalus E10 padidėja maždaug dvigubai ir tai neišvengiama, nes didesnis deguonies kiekis degaluose skatina degimą ir  $\text{NO}_x$  susidarymą.

6. Apibendrinus variklio darbo ir deginių emisijos rodiklius galima rekomenduoti naudoti benzino ir etanolio mišinį E10, o naudojant didesnės koncentracijos etanolio ir benzino mišinį E20, reikia atitinkamai sureguliuoti maitinimo sistemą.

## Literatūra

*Fuel Cycle Evaluations of Biomass-Ethanol and Reformulated Gasoline*. 1992. Prepared for U.S. Department of Energy. Golden, Colo.: National Renewable Energy Laboratory.  
[http://www.manoukis.lt/index.php?open=zurnalai&sub=straipsnis&nav=&st\\_id=602&lang=&zurnalo\\_id=29&ban\\_id=1](http://www.manoukis.lt/index.php?open=zurnalai&sub=straipsnis&nav=&st_id=602&lang=&zurnalo_id=29&ban_id=1)

- Janulis, P.; Makarevičienė, V. 2004. *Biodegalų ir bioalyvų naudojimas Lietuvoje*. Vilnius.
- 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* 47(13–14): 1954–1967.  
doi:10.1016/j.enconman.2005.09.003
- Labeckas, G.; Slavinskas, S. 1993. *Automobilių ir traktorių variklių bandymai*. Kaunas: Akademija. 41 p.
- Maxwell, T. T.; Jones, J. C. 1995. *Alternative fuels: Emissions, Economics and Performance*. Texas Tech. University.
- Šimėnas, J. 2003. Etanolis (naujas kuras šaliai ir piliečiams). Kaunas, UAB „Judex“. 46 p.
- Автомобильный справочник*. Пер. с англ. 1999. Москва: Изд. «За рулём». 896 с.
- Звонов, В. А. 1981. *Токсичность двигателей внутреннего сгорания*. Москва: Машиностроение. 160 с.
- Звонов, В. А.; Балакин, В. К.; Черных, В. И. 1988. *Исследование рабочего процесса автомобильного двигателя при использовании в качестве топлива продуктов газификации метанола*, Рукопись деп. в ЦПИИТЭИ тракторостроения 22.08.88. Яо1035-тс 88. 12 с.
- Звонов, В. А.; Козлов, А. В.; Кутенев, В. Ф. 2001. *Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле*. Москва: ПАМИ, 248 с.
- Звонов, В. А.; Кутенев, В. Ф.; Заиграев, Л. С.; Азарова, Ю. В.; Козлов, А. В. 1998. Методика сравнительной оценки эффективности применения различных методов снижения токсичности ДВС, в кн.: *Проблемы конструкции двигателей и экология: Сб. науч. тр. НАМИ*, 98–104.
- Круглов, М. Г. 1980. Ускорение технического прогресса в двигателестроении одно из важнейших направлений развития народного хозяйства, *Двигателестроение* 3: 5–8.
- Луканин, В. Н.; Трофименко, Ю. В. 2001. *Промышленно-транспортная экология*. Москва: Высшая школа. 273 с.
- Мехтиев, Р. И. 1981. Расчет температуры и динамики образования NO в двигателях с неоднородным составом, *Двигателестроение* JV 24: 18–20.
- Носач, В. Г. 1989. *Энергия топлива*. Киев: Наукова думка. 148 с.

## THE STUDY OF THE PERFORMANCE OF ENGINE OPERATING ON PETROLEUM AND ETHANOL BLENDS

M. Mažeika, J. Matijošius

Abstract

Test results indicate that a fully loaded engine, fed with 10 vol % ethanol and petrol blends, has power output reduced by 1.67–3.2% at 1400 and 1800 rev/min, while the specific fuel consumption can be slightly increased (up to 4%) at 1400 rev/min, and slightly decreased at 1800 rev/min.

Carbon monoxide CO emissions of the fully loaded engine running on biofuel blend E10 are reduced by about 0–50% compared to those observed when petrol is used.

To introduce ethanol and petrol blends with higher E20 concentration as an engine fuel, special adjustment of the fuel system is needed.

**Keywords:** engine, petrol, fuel consumption, emission, bioethanol.