



21-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2018 m. gegužės 4-5 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 21th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 4-5 May 2018, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 21-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 4-5 мая 2018 г., Вильнюс, Литва

AUTOMOBILIŲ, NAUDOJANČIŲ SUSKYSTINTAS NAFTOS DUJAS (SND) IR BENZINĄ, ENERGETINIŲ IR EKOLOGINIŲ PARAMETRŲ PALYGINAMASIS TYRIMAS

Gytis Kleiza, Vilius Bartulis

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas,
Mobiliųjų mašinų ir geležinkelių transporto katedra,*

E-mail: gytis.kleiza@stud.vgtu.lt; vilius.bartulis@vgtu.lt

Santrauka. Šiame straipsnyje pristatomi automobilio, varomo benzinu ir suskystintomis naftos dujomis, energetinių, ekologinių ir ekonominių parametrų tyrimo rezultatai. Apžvelgiami automobilių energijos šaltiniai, jų privalumai ir trūkumai. Darbe pateikiami eksperimentinio tyrimo metu gauti automobilio palyginamieji rezultatai. Išanalizavus rezultatus nustatomi pagrindiniai veiksniai turintys įtakos energetinių ir ekologinių parametrų skirtumams. Apskaičiuojama ekonominė nauda naudojant skirtingas kuro rūšis Lietuvoje. Remiantis eksperimento rezultatais pateikiamos išvados.

Reikšminiai žodžiai: vidaus degimo variklis, benzinas, suskystintos naftos dujos, energetiniai parametrai, teršalų emisija, variklio galia

Įvadas

Alternatyvius degalus naudojančios transporto priemonės kuriamos ir plėtojamos jau daugiau šimtmetį. Tačiau tik pastaruoju laikotarpiu jos tampa masinio susidomėjimo reiškiniu dėl staigiai mažėjančių naftos resursų ir didėjančios atmosferos taršos. Turimi naftos ištekliai Lietuvos teritorijoje nėra gausūs, todėl daugiau kaip 95 % naftos Lietuva importuoja (Katinas *et al.* 2012). Taigi mažiau naudojant naftos degalų transporte būtų taupomi mūsų šalies energijos resursai.

Pastaruoju metu jaučiamas dyzelinių automobilių keitimo į alternatyvius degalus naudojančius automobilius augimas. Automobiliai su dyzelinu varomais varikliais artimiausiu metu bus uždrausti naudoti Vakarų Europos didžiuosiuose miestuose. Vokietijos teismo sprendimu 2018 m. suteikta teisė įvesti dyzelinių automobilių draudimus siekiant kovoti su oro tarša (*Baltic news service*, 2018). Dauguma ES valstybių įveda įvairius mokesčių, draudimų ir skatinimo priemonių paketus (*ES transporto politikos Baltoji knyga*, 2011). Kol kas lengvųjų automobilių tarša nėra apmokestinta tik dviejose ES šalyse – Lietuvoje ir Estijoje, todėl norima įvesti papildomus taršos mokesčius. Taip pat reikėtų pabrėžti, jog benzinas ar suskystintos naftos dujos nėra visiška alternatyva dyzelinui. Manoma, kad jau po 15 ar 20 metų transporto priemonės, varomos elektros energija arba vandeniliu, sudarys

pagrindą mūsų keliuose (Aškerceva 2007). Tačiau matant esamą situaciją reikia stengtis, kad tarša būtų mažinama jau dabar paprastais kasdieniniais būdais. Ateities nežinojimas pabrėžia temos aktualumą šiandien. Ši situacija paskatino ištirti to paties automobilio energetinius ir ekologinius skirtumus, naudojant skirtingas kuro rūšis, nustatyti automobilio degalų sąnaudas per tam tikrą laiko tarpą.

Tyrimo objektas – vidaus degimo variklis, skirtas dirbti benzinu ir kuriame sumontuota maitinimo suskystintomis naftos dujomis sistema. Lietuvoje, ir ne tik, važinėja tūkstančiai taip maitinamų automobilių. Tyrimo tikslas – eksperimentiškai nustatyti ir palyginti automobilio variklio energetinius, ekologinius ir ekonominius parametrus dirbant benzinu ir dirbant suskystintomis naftos dujomis.

Suskystintos naftos dujos

Suskystintos naftos dujos buvo pradėtos naudoti 1930 metais (Narbutis 2004). Šiuo ankstyvuoju automobilių istorijos laikotarpiu benzinas buvo brangus ir pardavinėjamas pintomis (0,47 l) vaistinėse. Tik pradėjus taikyti naujas naftos perdirbimo technologijas (terminis ir katalitinis krekingas) benzinas tapo pagrindiniais vidaus degimo variklių (VDV) degalais.

Ši kuro rūšis pasižymėjo dideliu šilumingumu ir nedidele kaina, lyginant su benzinu ir dyzelinu. Tačiau riboti naftos ištekliai nuolatos mažėja, naftinės kilmės degalų

degimo produktuose daug teršalų, o transportas yra pagrindinis atmosferos teršėjas. Taigi būtina naudoti ekologišką kurą, modernias deginių nukenksminimo sistemas, pažangius VDV. Alternatyvūs degalai iš atsinaujinančių augalinių resursų yra ekologiškesni, kadangi jie chemiškai paprastesni ir sudega kokybiškiau. Suskystintos naftos dujos, naudojamos šiuolaikiniuose moderniuose VDV, kuriuose įdiegta efektyvi deginių neutralizavimo sistema, sudega kokybiškiau nei įprastiniai naftinės kilmės degalai (KME, 2017), t.y. susidaro mažiau nevisiško degimo produktų (CO ir CH).

Suskystintų naftos dujų degimo produktuose mažai kietųjų dalelių ir sieros junginių. Mažesnis CO, NO_x ir angliavandenilių (CH) išmetimas, lyginant su benzininių VDV deginiais. Pvz., Kalifornijoje autobusuose buvo įmontuoti varikliai „Cummins L10“, kurie naudojo suskystintas naftos dujas, metanolį ir suslėgtas gamtines dujas (William 2009). Tyrimai parodė, jog suskystintomis naftos dujomis veikiančio variklio deginiai buvo mažiausiai kenksmingi ir susidarė mažiausiai teršalų. Suskystintos naftos dujos yra trečias kuras po benzino ir dyzelino. Be to, suskystintų naftos dujų sąnaudos (l/km) yra mažiausios lyginant su kitais alternatyviais degalais. Suskystintos naftos dujos neteršia gruntinių vandenų. Kadangi suskystintos naftos dujos sunkesnės už orą 1,5 karto, tai jos susikaupia prie žemės. Dujos bespalvės ir bekvapės, todėl norint nustatyti dujų nutekėjimą, dedama specialių kvapiųjų medžiagų.

Tyrimo metodika

Bandymai buvo atlikti naudojant dvi skirtingas degalų rūšis: benziną ir suskystintas naftos dujas. Jais siekta nustatyti automobilio galios ir deginių sudėties skirtumus. Buvo pasirinktas variklio sūkių diapazonas, kuriame variklis dažniausiai dirba važiuojant mieste – nuo 1500 iki 3500 aps./min., ir sūkių keitimo žingsnis – 500 aps./min. Taigi, visi bandymai buvo atliekami su tokiais sūkiiais: 1500 aps./min.; 2000 aps./min.; 2500 aps./min.; 3000 aps./min.; 3500 aps./min.

Naudota matavimo įranga. Siekiant įvertinti energitinį efektyvumą, buvo matuojama maksimali variklio išvystoma efektyvioji galia, momentinė galia, perduodama į ratus, ir sukimo momentas. Ekologinis aspektas buvo vertinamas pagal deginių sudėtyje esančių CO, CO₂, HC, NO_x koncentracijas ir oro pertekliaus koeficientą λ. Ekonomiškumui įvertinti buvo registruojamos ir apskaičiuojamos degalų ir kitos eksploatacinės sąnaudos.

Galios ir sukimo momentas buvo matuojami traukos stendu MAHA LPS 3000 (1 lentelė).

1 lentelė. Traukos stendo MAHA LPS 3000 techniniai duomenys

Parametras	Reikšmė
Būgnų matmenys (ilgis/plotis/aukštis), mm	3345/1100/520
Ritinių skersmuo, mm	318
Didžiausias bandymo greitis, km/h	260
Traukos galia, kW	260
Stabdymas sukūrinėmis srovėmis, kW	260
Traukos jėga, kN	6
Apkrova, kg	2 500

Stendas turi: elektromagnetinius stabdžius, specialią kompiuterinę programą, variklio sūkių reguliatorių, aušintuvą–ventiliatorių, jungtį automobiliui ir kita. Šie prietaisai leidžia sukurti realias sąlygas laboratorijoje ir išmatuoti parametrus norimais greičiais, sūkiiais, sukurti norimą pasipriešinimo jėgą. MAHA LPS 3000 stendas yra universalus, skirtas automobiliams su vienu varančiuoju tiltu, tinkamas naudoti tiek dyzelinu, benzinu, tiek suskystintomis dujomis ar elektra varomiems automobiliams.

Teršalų emisija buvo matuojama deginių analizatoriumi AVL DiCom 4000 (2 lentelė). Jis parodo teršalų CO, CO₂, HC, NO_x koncentracijas išmetamosiose dujose ir oro pertekliaus koeficientą λ, išvesdamas jų reikšmes į ekraną. Panaudojant analizatoriaus duomenis yra nubraižomi grafikai, kuriuose matyti išmetamųjų deginių priklausomybė nuo variklio veikimo režimų, uždegimo paskubos kampo, degalų ir pan.

2 lentelė Deginių analizatoriaus OPUS 40D matuojami parametrai

Išmetamųjų dujų rūšis	Matavimo ribos	Tikslumas
Anglies monoksidas (CO)	0...10 %	± 0,01 %
Anglies dioksidas (CO ₂)	0...20 %	± 0,1 %
Angliavandeniliai (HC)	0..20 000 ppm	± 1 ppm
Azoto oksidai (NO _x)	0...5 000 ppm	± 1 ppm
Degūonis (O ₂)	0...25 %	± 0,01 %

Tyrimai buvo atliekami VGTU Transporto inžinerijos ir logistikos laboratorijos Automobilių eksploatavimo sektoriuje. Eksploatacinės sąnaudos buvo registruojamos metų bėgyje, rida registruojama pagal odometro parodymus. Bandymams naudojamas automobilis Volvo S80 (1999 m.), variklis skirtas darbui benzinu, darbinis tūris 2,435 cm³ (1 pav.).

Tyrimų eiga. Pirmajame etape atliekami matavimai, kai variklis dirba benzinu, kitas analogiškas ciklas – kai variklis dirba suskystintomis naftos dujomis.

Eksperto eiga. Automobilis įtvirtinamas ant traukos stendo MAHA LPS 3000, jo varantieji ratai užvaromi ant traukos stendo būgnų, automobilis pritvirtinamas (1 pav.). Priešais automobilį įjungiamas ventiliatorius, kuris pučia orą ir apsaugo automobilį nuo perkaitimo. Variklio deginių teršalams matuoti, išmetamajame vamzdyje prieš katalizatorių įmontuojamas analizatoriaus teršalų jutiklis, perduodantis duomenis į kompiuterinę įrangą.



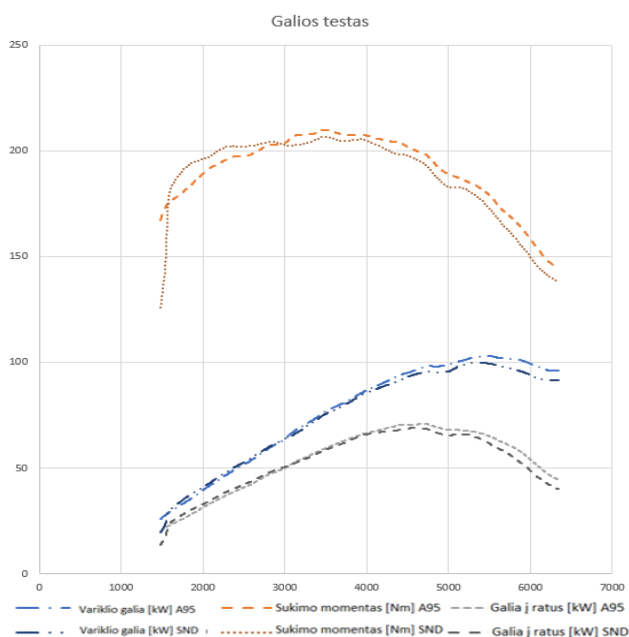
1 pav. Automobilis ant traukos stendo, prijungtas prie ventiliatoriaus, deginių analizatoriaus bei kitos įrangos

Atliekant bandymus, pirmoje eksperimento dalyje buvo išmatuota maksimali variklio galia, momentinė galia perduodama į ratus ir sukimo momentas. Bandymas atliktas du kartus pradžioje benzinu, po to suskystintomis naftos dujomis.

Antra eksperimento dalis – deginiuose esančių teršalų matavimas nustatytais fiksuotomis apskukomis.

Gautų rezultatų analizė

Atlikus bandymus, gauti palyginamieji automobilio variklio dirbant benzinu ir suskystintomis naftos dujomis parametrai. Sudaryti galios grafikai, kurie parodo variklio galios, momentinės galios, perduodamos į ratus ir sukimo momento skirtumus (2 pav.)

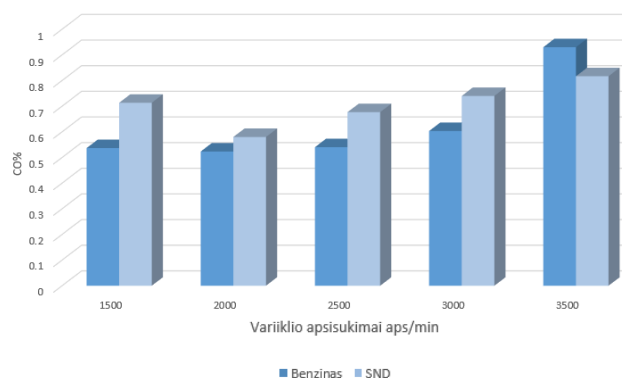


2 pav. Variklio išvystomos maksimalios galios, momentinės galios ir sukimo momento priklausomybė nuo sūkių dirbant benzinu A95 ir suskystintomis naftos dujomis (SND)

Galime konstatuoti, kad naudojant benzininius (A95) degalus, bandomo automobilio galingumas ir sukimo momentas yra didesnis nei naudojant suskystintas naftos dujas (SND). Maksimali galia naudojant benziną 103,3 kW, o suskystintas naftos dujas 100 kW, variklio galios skirtumas naudojant IV kartos dujų įrangą (KME, 2013), tik 3,3%. Gautas sukimo momento skirtumas yra 2,1 Nm arba 1,5%.

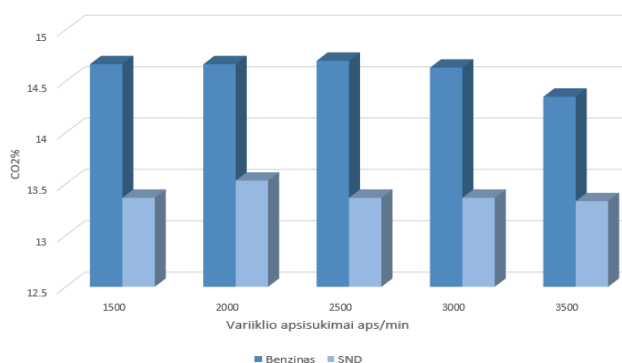
Antroje eksperimento dalyje pagal deginių analizatoriaus duomenis yra nubraižomos diagramos, kuriuose matyti išmetamųjų deginių priklausomybė nuo variklio veikimo režimų, degalų rūšies ir pan. Eksperimentai atliekami po 2 kartus, siekiant panaikinti atsitiktines paklaidas rezultatai sumuojami, išvedamas vidurkis. CO – anglies monoksido rezultatų palyginimas (3 pav.).

Matome jog, varikliui dirbant žemomis apskukomis, išmetamųjų CO dujų kiekis (3 pav.), skirtumas svyruoja 11%-17% ribose, smalkių daugiau išsiskiria iš dujinių degalų pasikeitimas matomas prie 3500 aps./min. varikliui dirbant tokiomis apskukomis benzinu CO išmetama daugiau.



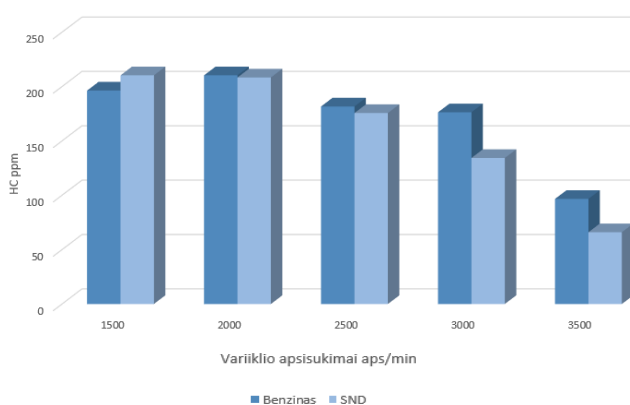
3 pav. Palyginamieji išmetamųjų CO – anglies monoksido dujų rezultatai varikliui veikiant benzinu ir suskystintomis naftos dujomis

Analizuojant CO₂ (4 pav.) taršos priklausomybes, fiksuojama panaši tendencija, didelio skirtumo varikliui veikiant skirtingais sūkiu nėra. Lyginant darbą benzinu ir SND, skirtumas yra vidutiniškai 6,4%, iš to matome, kad dirbant dujomis automobilis išmeta mažiau CO₂.

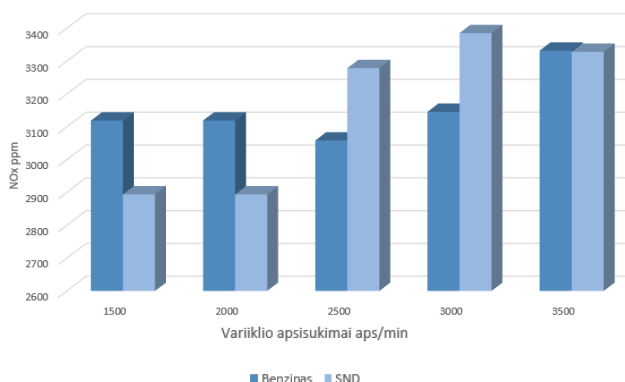


4 pav. Palyginamieji išmetamųjų CO₂ – anglies dioksido dujų rezultatai varikliui veikiant benzinu ir suskystintomis naftos dujomis

Pastebėta, jog angliavandenilių dujų HC (5 pav.) teršalų kiekis mažėja tendencingai kartu su didėjančiais sūkiu, skirtumai žemesnėmis apskukomis nėra dideli tik nuo 3000 aps./min. matome ženklėsius skirtumus, ties 3000 aps./min. ir 3500 aps./min. skirtumas yra apie 20 procentų.



5 pav. Palyginamieji išmetamųjų HC – angliavandenilių dujų rezultatai varikliui veikiant benzinu ir suskystintomis naftos dujomis



6 pav. Palyginamieji išmetamųjų NO_x – azoto oksidų dujų rezultatai varikliui veikiant benzinu ir suskystintomis naftos dujomis

NO_x – azoto oksidų rezultatai (6 pav.) rodo, kad NO_x teršalų kiekis svyruoja į abi puses bet naudojant suskystintas naftos dujas NO_x teršalų kiekio vidurkis yra didesnis lyginant su benzinu. Tačiau prie 3500 aps./min., NO_x teršalų kiekis tiek benzinu, tiek suskystintomis naftos dujomis yra vienodas.

Išvados

Atlikus lengvojo automobilio variklio eksperimentinius tyrimus, siekiant atkartoti realias važiavimo sąlygas, formuluojamos šios išvados:

Literatūra

- Aškerceva, A. 2007. Exhaust emissions and fuel consumption of passenger car. *Slovenia Transportation Research*. Part D 15, p. 134-143.
- Baltic news service. 2018. Prieiga per internetą: <https://www.lzinios.lt/lzinios/pasaulis/berlynas-oro-tarsa-galima-sumazinti-ir-be-dyzeliniu-automobiliu-draudimo/260799>
- Europos Komisija. Baltoji knyga. 2011. *Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyvių išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas*. Briuselis.
- KME 4 kartos dujų įranga. 2017. Prieiga per internetą: <http://www.kme.lt/lt/paslaugos/4-kartos-duju-montavimas>.
- Narbutis, B. 2004. *Deginių dujų savybės ir degimo principai*. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 109 p.
- Katinas, V., Savickas, J., Tamašauskienė, M. 2010. Alternatyvių degalų gamybos ir vartojimo galimybių šalies transporte analizė. *Lietuvos žemės ūkio universiteto mokslo darbai* 65 –72.
- Keese, W. J. 2009. ABCs of AFVs: A Guide to Alternative Fuel Vehicles. Guidebook. *California energy comission*.

1. Tyrimo rezultatai rodo kad variklis veikdamas benzinu išvysto 3,3% didesnę galią negu veikdamas suskystintomis naftos dujomis;
2. Sukimo momentas didesnis naudojant benzina didesnis 1,5% negu naudojant suskystintas naftos dujas;
3. Deginių sudėties matavimai atlikti bandymo metu rodo kad:
 - CO teršalų kiekis varikliui veikiant suskystintomis naftos dujomis, 11-17% didesnis už benzino teršalų kiekį, dėl netinkamos lambda reikšmės – prie 3500 aps./min. CO teršalų kiekis didesnis benzinu;
 - CO₂ teršalų kiekis nepriklausomai nuo apskuk dirbant suskystintomis naftos dujos vidutiniškai 6,4% mažesnis lyginant su benzinu;
 - HC kiekis palyginus skiriasi vidutiniškai 6,06% suskystintomis naftos dujomis išmetama mažiau;
 - NO_x skirtumas vidutiniškai, naudojant suskystintas naftos dujas 12,06% didesnis lyginant su benzinu.