



16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,**  
vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

## HONDA CIVIC EK4 B16A2 VIDAUS DEGIMO VARIKLIO EKSPLOATACINIŲ CHARAKTERISTIKŲ TYRIMAS PANAUDOJANT ALTERNATYVIUS DEGALUS – SUSKYSTINTAS NAFTOS DUJAS

Mikalojus Bogdanas<sup>1</sup>, Alfredas Rimkus<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>mikalojus.bogdanas@gmail.com, <sup>2</sup>alfredas.rimkus@vgtu.lt*

**Santrauka.** Mažėjantys naftos atsargų kiekiai, griežtėjantys ekologiniai reikalavimai, kylančios degalų kainos vis labiau skatina transporto priemonėse su vidaus degimo varikliais naudoti alternatyvius degalus: suskystintas naftos dujas (SND), suslėgtas gamtines dujas (SGD), vandenilį, metanolį, biodyzeliną ir kitus. Šiuo metu Lietuvoje labiausiai paplitęs alternatyvūs degalai yra SND. Šių degalų naudojimą Lietuvoje lemia pakankamai žema kaina bei palyginti nesudėtingas įrangos pritaikymas benzininiuose varikliuose. Populiarėjantis SND įrangos naudojimas labiau verčia nagrinėti šių alternatyvių degalų savybes ir jų panaudojimo specifiką. Straipsnyje yra nagrinėjama Honda Civic energetiniai ir ekologiniai rodikliai, varikliui dirbant alternatyviais SND degalais, keičiant SND sistemos valdymo bloko parametrus bei variklio uždegimo paskubos kampą. Gauti rezultatai yra lyginami su variklio, dirbančio benzine, pagal gamintojo nustatytą valdymo bloko programą, rodikliais, pateiktos SND sistemos eksploatavimo rekomendacijos.

**Reikšminiai žodžiai:** suskystintos naftos dujos, benzinai, vidaus degimo variklis, teršalai, variklio galia, uždegimo paskubos kampas.

### Įvadas

akivaizdų dvigubą skirtumą, ko pasakoje, daugelis vairuotojų susimąsto apie dujinę įrangą ir jos montavimą. SND įranga šiais laikais yra pakankamai patobulėjusi, tad daugelis tų senamadiškų gandų apie dujas tik viryklėms ar dujų keliamą žalą automobilio varikliui yra neteisingi. Šiuo metu populiariausia yra tiesioginio įpurškimo 4 kartos SND įranga. Dujinę įrangą vis dažniau galima pamatyti sportiniuose automobiliuose su turbinomis, tad tai tik patvirtina faktą, kad su dujomis gali važinėti daugelis automobilių.

SND naudojimas verčia detaliau nagrinėti šių alternatyvių degalų savybes bei jo panaudojimo specifiką, nes dauguma suskystintomis dujomis varomų automobilių yra suprojektuoti naudojant benziną. Dėl to, kyla daug sunkumų, kaip tinkamai suderinti naujai įdiegtą dujinę įrangos sistemą. Šiam klausimui yra skiriama nepakankamai mokslinių studijų, nėra sukurtų tikslų SND sistemos valdymo sistemos algoritmų.

Teigiama, kad SND yra visų pirma ekologiškas, mažiau gamtą teršiantys degalai. Dujos neturi sunkiųjų metalų todėl kur kas mažiau teršia gamtą (H.Г. Певнѐв *et al.* 2010). Vakarų valstybėse ir Lietuvoje yra teigiama, kad norint sumažinti vis didėjantį užterštumą, būtina naudoti suskystintas dujas, kaip pakaitalą įprastiems automobilių degalams (Kim C. *et al.* 2000). Tačiau objektyvių tyrimų šiuo klausimu yra nepakankamai, nes realybėje atlikti bandymai parodė visai priešingus rezultatus, dujomis varomi automobiliai daugumoje atveju aplinką teršia labiau, nei varomi įprastu benzine (Mockus 2007). Todėl tampa akivaizdu, kad SND dirbančiam varikliui reikia ne tik tinkamai parinkti dujinės įrangos sistemą, bet ir ją tinkamai suderinti konkrečiam automobilio varikliui.

Dujų degalinių tinklas yra išvystytas tiek mūsų šalyje, tiek daugelyje Europos šalių, todėl kelionės automobiliu po Europą važiuojant dujomis jau seniai nekelia jokių problemų, visose šalyse kaina yra maždaug du kartus

mažesnė nei benzino (Программа самообучения... 2009).

Šio darbo tikslas yra ištirti suskystintomis naftos dujomis veikiančio kibirkštinio uždegimo variklio energetinių ir ekologinių rodiklių gerinimo galimybes.

## 1. SND apžvalga

Pagrindiniai suskystintų automobilių dujų komponentai – propanas, butanas ir kai kurie jų homologai.

Vienas iš pagrindinių suskystintų automobilių dujų kokybės rodiklių – oktano skaičius. Nors norma yra ne mažiau kaip 89, dažniausiai šis rodiklis siekia 92-93 punktus ištyrus motoriniu metodu (BOSCH 2000).

Ribojamas ir nesočiųjų angliavandenilių, turinčių dvi dvigubas jungtis, t. y. linkusius polimerintis ir sudaryti dervingus junginius, kiekis. Šių junginių norma yra ne daugiau 0,5 molinių procentų dieninių angliavandenilių.

Normuojamas ir sieros junginių kiekis po odoravimo. Kadangi dujos yra bekvapės, tam, kad būtų galima nustatyti sistemos nesandarumus, į dujas papildomai dozuoja specialiujų medžiagų – merkaptanų. Tai pagal savo cheminę struktūrą panašios į alkoholių medžiagos, kurių bendra formulė R-SH. Šių medžiagų net labai nedidelius kiekius lengvai juntame dėl jų specifinio nemalonaus kvapo (Suskystintos naftos... 2013).

Suskystintoms automobilinems dujoms, kaip ir benzinas, nustatomas korozinis agresyvumas, t. y. kiek koroziskai agresyvūs dujose liekantys sieros junginiai. Tai standartinis testas, kai į produktą, pašildytą iki 40°C temperatūros, vienai valandai merkiama vario plokštelė. Pagal jos spalvos pasikeitimus ir sprendžiama apie korozinį aktyvumą (Suskystintos naftos... 2013).

Manometrinis garų slėgis ribojamas siekiant sumažinti sandėliavimo ir transportavimo pavojingumą. Dujos turi didelį plėtimosi koeficientą, automobiline dujos skystėja esant 16 atmosferų slėgiui, todėl kuo didesnis manometrinis slėgis, tuo griežtesni reikalavimai balionams ir cisternoms, skirtoms suskystintoms dujoms laikyti (Suskystintos naftos... 2013).

Būtent šiuo rodikliu ir skiriasi vasarinė ir žieminė dujų rūšys. Visų rūšių automobilinems suskystintoms dujoms ribojamas garų manometrinis slėgis, kuris negali būti didesnis kaip 1550 kPa esant 40°C temperatūrai. Žieminėms rūšims kaip eksploatacinis rodiklis ribojamas minimalus slėgis – esant ne didesnei kaip minus 10°C temperatūrai jis turi būti ne mažesnis kaip 150 kPa. Taip užtikrinama, kad būtų įmanoma užvesti variklį žiemos sąlygomis. Šį rodiklį užtikrina reikiamas propano kiekis dujų mišinyje (Suskystintos naftos... 2013).

**1 lentelė.** SND ir benzino fizikinės savybės (BOSCH 2000)

Rodiklis	Matavimo vienetas	Butanas	Propanas	Benzinas
Pagrindinių elementų sudėtis pagal svorį	%	83 C, 17 H	82 C, 18 H	86 C, 14 H
Degumo riba	%	1,5 – 8,5	2,1 –9,5	1,3 – 7,6
Savaiminio užsidegimo temperatūra	°C	365	470	400
Laminarinės liepsnos greitis	cm/s	46	46	33
Stechiometrinis oro – degalų santykis	% pagal tūrį	15,4	15,6	14,7
Liepsnos temperatūra ore	°C	2120	2110	2300
Oktaninis skaičius (tiriamuoju metodu)	RON	95	112	91-98

Analizuojant pateiktas savybes, reikia atkreipti dėmesį į savaiminio užsidegimo temperatūrą. Aukštesnė savaiminio užsidegimo temperatūra yra privalumas saugumo požiūriu. Platesnis degumo ribų intervalas užtikrina degimo stabilumą ir stabilų variklio darbą. Didesnė degimo sparta sutrumpina degimo proceso laiką, ir todėl pagerėja variklio terminis efektyvumas. Kita vertus, padidėjus degimo spartai, o kartu ir slėgiui cilindre, gali atsirasti detonacija, ir tada variklis dirbs netolygiai. Oktaninis skaičius atspindi degalų detonacijos savybes, pagal kurias didesniu suspaudimo laipsniu pravartu naudoti degalus, kurių oktaninis skaičius yra didesnis, o tada pageidautinas kuo didesnis oktaninis skaičius. Liepsnos temperatūra parodo degimo temperatūrą variklio cilindro viduje, ties liepsnos frontu.

## 2. SND įrangos parinkimas ir darbo metodika

**2 lentelė.** Automobilio „Honda Civic EK4“ variklio techniniai duomenys (Honda Motor...1996)

Rodiklis	Matavimo vienetas	Reikšmės
Nominali variklio galia	kW	118
Variklio apsukos prie nominalios galios	min <sup>-1</sup>	7600
Maksimalus sukimo momentas	Nm	150
Cilindro skersmuo	mm	81
Stūmoklio eiga	mm	77,4
Variklio litražas	l	1,595
Suspaudimo laipsnis	kartai	10.2:1
Cilindrų skaičius	vnt.	4
Vožtuvų skaičius cilindre	vnt.	4

Tyrimui naudojamas *Honda Civic* automobilis su 1,6 litro darbinio tūrio variklis, turintis VTEC dujų skirs-

tymo fazių reguliavimo sistemą (1 pav.). Eksperimentiniu tyrimu užfiksuota nominali variklio galia siekė 119 kW prie 8500 min<sup>-1</sup>. Į automobilį sumontuota itališka 6 kartos *BRC SEQUENT 24* dujų įpurškimo įranga.



1 pav. Automobilis Honda Civic

Kai kurie automobilių savininkai turi nuomonę, kad automobilyje sumontavus SND įranga gali būti pažeistas variklis, automobilis skleidžia nemalonų kvapą, menkinamas automobilio įvaizdis. Mano sprendimas naudoti SND yra paremtas mažesnėmis degalų išlaidomis, kurių skirtumas šiai dienai akivaizdus – suskystintų dujų vieno litro kaina yra apytiksliai dvigubai mažesnė už vieno litro benzino kainą.

6 kartos Honda Civic automobilis komplektuojamas su bet kokių gamintojo varikliu puikiai dirbs su tiesioginio įpurškimo dujų įranga, žinoma, jei pati įranga bus parinkta tinkama ir sumontuota kokybiškai.

Dar viena iš priežasčių kodėl į Honda Civic EK4 buvo sumontuota būtent BRC dujinė įranga yra ta, kad naujas SND valdymo blokas turi visai nesenai atsiradusią benzino tiekimo, naudojant SND, funkciją, kuri leidžia nustatyti tam tikrą benzinių purkštukų atidarymo procentą važiuojant tam tikrame sūkių diapazone. Paprasčiau šnekant, galima nustatyti, kad automobilis naudotų 5% benzino važiuojant apsučių diapazone nuo 3000 iki 6000 min<sup>-1</sup> (Dujinės įrangos... 2013). Tokiu atveju automobilio SND valdymo blokas važiuodamas retkarčiais įjungs benzino purkštukus, kurie šiek tiek prasiplaus bei kartu ir atvėsins degimo kameros temperatūrą, tad pridėję šią funkciją tikėtina, kad tikrai apsaugosime vožtuvų lizdus nuo intensyvesnio dilimo ir dažnesnio nei būtina vožtuvų šiluminio tarpelio reguliavimo.

Analizuojant benzino ir SND panaudojimą pritaikyta skaitinio modeliavimo programa „Diesel-RK“. Skaitinio modeliavimo ir praktinių tyrimų rezultatų

palyginimas rodo, kad ši programa pakankamai tiksliai modeliuoja vidaus degimo variklių darbo procesus.

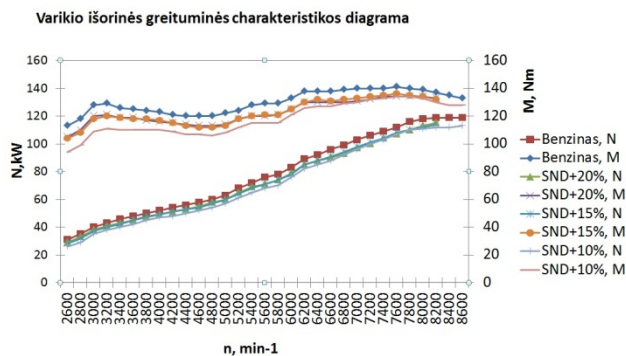
Modeliavimo pakete panaudotas dviejų zonų degimo modelis. Pirmą zoną sudaro nesudegęs degalų mišinys, o antrą zoną sudaro degimo produktai, kurie gali būti susimaišę su šviežiu oru patekusių iš pirmos zonos. Liepsnos frontas modeliuojamas kaip be galo plonas sluoksnis tarp abiejų zonų ir kuri neturi jokios masės (Stiesch 2010). Kiekvienos zonos šilumos mainai su cilindro sienele, disociacija, šilumos ir masės mainai tarp zonų programoje yra paskaičiuojami. Sferinio liepsnos fronto pagreitis nustatomas išsprendžiant sistemos energijos tvermės skaičiavimus naudojantis Wiebe šilumos atidavimo funkciją:

$$\frac{dx}{d\varphi} = 6,908 \frac{m_V + 1}{\varphi_Z} \left( \frac{\varphi}{\varphi_Z} \right)^{m_V} \exp \left[ -6,908 \left( \frac{\varphi}{\varphi_Z} \right)^{m_V + 1} \right], \quad (1)$$

čia:  $\varphi$  - alkūninio veleno pasisukimo kampas nuo degimo pradžios, laipsn.;  $\varphi_Z$  - degimo trukmė, laipsn.;  $m_V$  - degimo intensyvumas.

### 3. Eksperimentinių tyrimų rezultatai

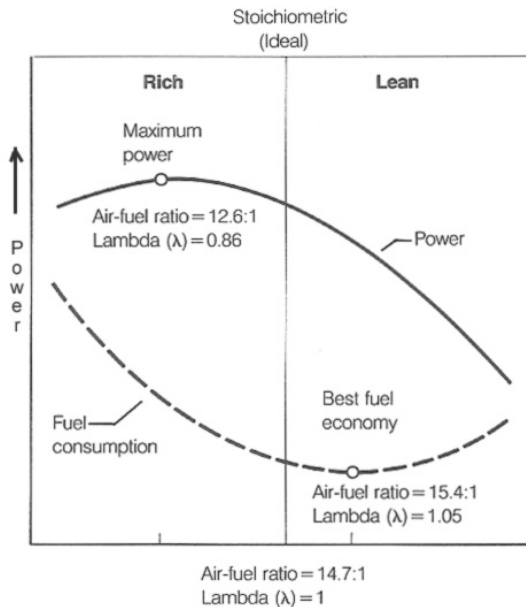
Sumontavus SND įrangos bei atlikus BRC dujinės sistemos *SEQUENT24* valdymo bloko algoritmo kruopštų konfigūravimą, panaudojant derinimo programą *Sequent plug & drive version 3.07*, palaikant optimalų vidaus degimo variklio galingumą ir tuo pačiu išlaikant ekologinius reikalavimus, atlikti automobilio stendiniai bandymai. Bandymų rezultatai pateikti 2 pav.



2 pav. Variklio išorinės greitininės charakteristikos, naudojant skirtingus degalus

Eksperimentinio bandymo metu buvo nustatoma maksimali variklio galia, tiekiant SND degalus ir atsižvelgiant į tai, kad variklio maksimalus galingumas išvystomas esant tinkamam oro ir degalų kiekiui (3 pav.). Kitais atvejais, kai mišinys būna per daug riebus arba per liesas – variklio maksimalaus sukimo momento

reikšmė pradeda mažėti. Kreivė LPG+10% parodo bazinį degalų sistemos valdymo algoritmą, kuris yra parenkamas pagal derinimo programą (Sequent plug...2008). +10% reikšmė parodo mišinio riebumą, kuomet šis skaičius didesnis – tuo degusis mišinys riebesnis.



3 pav. Variklio galios priklausomybė nuo oro ir degalų kiekio santykio (The SRF Air-Fuel...2013)

Atlikus 3 bandymus ant galios stendo MAHA LPS 3000, naudojant SND, buvo nustatyta maksimali variklio galios reikšmė (115,0 kW ties 8300 min<sup>-1</sup>), nes paskutiniuoju bandymu riebinant degųjų mišinį, variklio išvystoma galia vietomis pradėjo mažėti (3 lentelė), iš to daroma išvada, kad maksimalus išvystomas galingumas jau yra pasiektas. Visi bandymų rezultatai gauti, kai pasirinktas gamintojo rekomenduojamas uždegimo paskubos kampas 16°, tuščioje variklio eigoje.

Atliekant eksperimentinius variklio galios matavimo bandymus, taip pat, buvo atliekami ir teršalų koncentracijos išmetamosiose dujose matavimai. Varikliui dirbant laisva eiga, be apkrovos, buvo nustatinėjami SND valdymo bloko parametrai, atsižvelgiant į optimalias deginių CO, CH koncentracijas (Air Fuel Ratios...2013). Rezultatai pateikiami 4 lentelėje.

3 lentelė. Variklio galios ir sukimo momento priklausomybė nuo variklio sūkių, esant skirtingai degiojo mišinio sudėčiai.

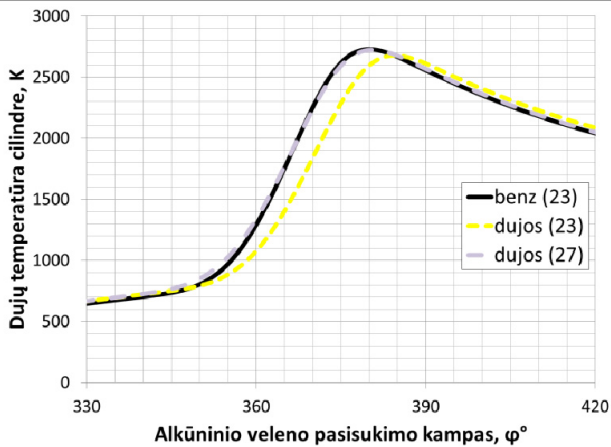
min-1	benzinas	benzinas	SND+20%	SND+20%	SND+15%	SND+15%	SND+10%	SND+10%
2600	31.000	113.000	29.000	105.000	28.000	104.000	26.000	94.000
2800	35.000	118.000	33.000	110.000	32.000	108.000	29.000	99.000
3000	40.000	128.000	38.000	120.000	37.000	118.000	35.000	109.000
3200	43.000	129.000	41.000	121.000	40.000	120.000	38.000	111.000
3400	46.000	126.000	43.000	119.000	42.000	119.000	40.000	110.000
3600	48.000	125.000	45.000	119.000	45.000	118.000	42.000	110.000
3800	50.000	124.000	47.000	117.000	48.000	118.000	45.000	110.000
4000	52.000	123.000	49.000	116.000	49.000	117.000	47.000	110.000
4200	54.000	121.000	51.000	115.000	51.000	115.000	48.000	109.000
4400	56.000	120.000	53.000	114.000	53.000	113.000	50.000	107.000
4600	58.000	120.000	55.000	113.000	54.000	112.000	52.000	107.000
4800	60.000	120.000	58.000	113.000	57.000	112.000	54.000	106.000
5000	63.000	122.000	60.000	114.000	60.000	113.000	57.000	108.000
5200	68.000	124.000	65.000	118.000	64.000	118.000	61.000	112.000
5400	72.000	128.000	69.000	120.000	68.000	120.000	65.000	115.000
5600	76.000	129.000	71.000	120.000	71.000	121.000	68.000	115.000
5800	78.000	129.000	74.000	121.000	74.000	121.000	70.000	115.000
6000	83.000	133.000	79.000	125.000	78.000	125.000	76.000	121.000
6200	89.000	138.000	85.000	130.000	85.000	130.000	82.000	126.000
6400	92.000	138.000	88.000	130.000	88.000	132.000	85.000	127.000
6600	96.000	138.000	90.000	130.000	91.000	131.000	88.000	127.000
6800	99.000	139.000	93.000	130.000	94.000	132.000	92.000	129.000
7000	103.000	140.000	97.000	131.000	98.000	133.000	96.000	130.000
7200	106.000	140.000	100.000	132.000	101.000	134.000	100.000	132.000
7400	109.000	140.000	104.000	134.000	104.000	135.000	103.000	133.000
7600	112.000	141.000	107.000	134.000	108.000	136.000	107.000	134.000
7800	116.000	140.000	110.000	134.000	110.000	135.000	110.000	134.000
8000	118.000	139.000	113.000	134.000	112.000	134.000	111.000	133.000
8200	119.000	137.000	115.000	133.000	114.000	132.000	112.000	130.000
8400	119.000	135.000					112.000	128.000
8600	119.000	133.000					113.000	128.000

4 lentelė. Išmetamųjų dujų analizatoriaus MAHA MGT5 parodymai varikliui dirbant benzinu ir SND skirtingais variklio sūkais be apkrovos (žiemos laikotarpiu).

	Ben- zinas	SND	Ben- zinas	SND	Ben- zinas	SND
$n, \text{min}^{-1}$	750	750	2000	2000	3000	3000
CO <sub>2</sub> , %	0,59	0,57	0,84	0,64	0,70	0,79
CH <sub>4</sub> , ppm	315	342	125	124	55	53
Lambda	1,039	1,031	1,025	1,021	1,016	1,003
CO <sub>2</sub> , %	13,8	12,6	13,9	12,8	14,1	12,9
O <sub>2</sub> , %	1,45	1,25	1,18	0,91	0,83	0,61
CO <sub>kor</sub> , %	0,62	0,65	0,85	0,71	0,71	0,87

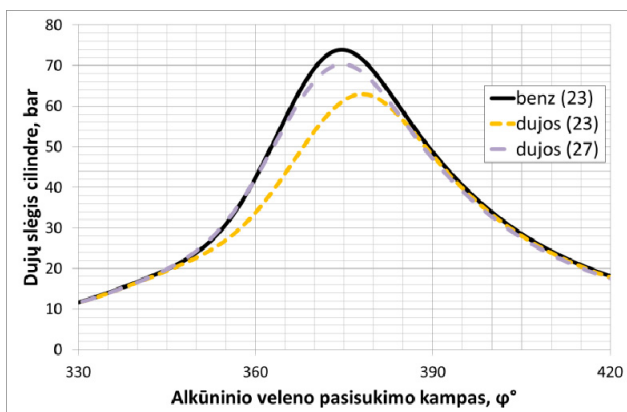
Gauti rezultatai parodo, kad varikliui dirbant laisva eiga, naudojant SND, išmetamosiose dujose yra fiksuojama didesnė koncentracija angliavandenilių, tačiau varikliui pradėdamas dirbti didesniais sūkais angliavandenilių koncentracija tampa mažesnė nei varikliui dirbant benzinu.

Norint išgauti dar geresnes eksploatacines charakteristikas, naudojant SND, taip pat būtina koreguoti ir uždegimo paskubos kampą, nes suskystintos naftos dujos dega lėčiau. Tiksliam paskubos degimo kampui nustatyti buvo naudojama DIESEK RK skaitinio modeliavimo programa.



4 pav. Dujų temperatūros cilindre priklausomybė nuo įpurškiamo dujų kiekio ir veleno pasisukimo kampo

Dujų temperatūros ir slėgio cilindre priklausomybė nuo variklio alkūninio veleno pasisukimo kampo  $\varphi$  nustatyta naudojant skaitinio modeliavimo programą DIESEL RK. Modeliavimas atliktas esant maksimaliai variklio apkrovai, 23° ir 27° uždegimo paskubos kampams ir įvertinus darbinio mišinio sudėtį ir jo savybes. Nustatyta, kad esant uždegimo paskubos kampui 23°, naudojant benzina, cilindre pasiekama maksimali 2720 K temperatūra prie  $\varphi = 380^\circ$ , o naudojant SND – 2680 K prie  $\varphi = 384^\circ$  (4 pav.). Dėl žemesnės dujų degimo temperatūros ir mažesnio degimo greičio, darbinio mišinio degimas lėtėja, užsitęsia ir cilindre mažėja maksimali dujų temperatūra, tačiau sudegusių dujų temperatūra tampa aukštesnė, nei naudojant benzina. Esant uždegimo paskubos kampui 27°, naudojant SND, cilindre pasiekama maksimali – 2710 K prie  $\varphi = 380^\circ$ , o sudegusių dujų temperatūra tampa mažesnė.



5 pav. Dujų slėgio cilindre priklausomybė nuo įpurškiamo dujų kiekio ir veleno pasisukimo kampo

Skaitiniu modeliavimu nustatyta, kad esant uždegimo paskubos kampui 23°, naudojant benzina, cilindre pasiekiamas maksimalus 74,1 MPa slėgis prie  $\varphi = 374^\circ$ , o naudojant SND – 63,3MPa prie  $\varphi = 378^\circ$  (5 pav.). Dėl lėtesnio SND degimo maksimalus dujų slėgis cilindre mažėja, pasiekiamas vėliau nei 15° VRT ir mažiau efektyviai paverčiamas į mechaninį darbą. Siekiant padidinti variklio darbo efektyvumą, priklausomai nuo degalų sudėties reikia reguliuoti uždegimo paskubos kampą. Esant uždegimo paskubos kampui 27°, naudojant SND, cilindre pasiekiamas maksimalus 70,4 MPa slėgis prie  $\varphi = 374^\circ$ .

#### 4. Išvados

Norint išgauti optimalius variklio energetinius ir ekologinius rodiklius, atsižvelgiant į keičiamus variklio komponentus, SND valdymo bloką reikia perprogramuoti. Tai galima atlikti neribotą kartų kiekį.

Naudojant SND, stendiniais bandymais variklio maksimalus galingumas gautas 4% mažesnis, nei varikliui dirbant benzina. Naudojant DIESEL RK skaitinio modeliavimo programą, nustatyta, kad SND variklyje dega lėčiau ir norint išgauti geresnes dinamines variklio savybes būtina uždegimo paskubos kampą ankstinti 4-5°.

DIESEL RK programa nustatyta, kad naudojant SND, išmetamųjų dujų temperatūra yra ~50K didesnė nei varikliui dirbant benzina. Tai suteikia papildoma šilumine apkrovą išmetimo vožtuvams. Nustačius optimalų uždegimo kampą, SND deginių temperatūra sumažėja iki benzina dirbančio variklio deginių temperatūros.

Pastebėta, kad varikliui dirbant suskystintomis naftos dujomis, jo išmetamųjų dujų ekologiniai rodikliai pasižymi dideliu inertiškumu, kuris yra 5-10 kartų didesnis nei varikliui dirbant benzina.

#### Literatūra

- Bosch, R. GmbH. *Автомобильный справочник*. Москва: За рулём, 2000.
- Honda Motor CO., LTD. 1996. *Service publication Office*. Honda Civic 1996-2000 m. Service Manual.
- Kim, C.; Bae, C. 2000. Speciated hydrocarbon emissions from gas fueled SI Engine with various operating parameters. *Automobile engineering*. Vol 214 NoD7. ISSN 0954-4070: 795-808 p.
- Mockus, S. 2007. *Dujinio kuro įtaka automobilių variklių charakteristikoms*. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, transporto inžinerija (03T).
- Sequent plug & drive 3/3 software handbook, 2008.
- Stiesch, G. 2010. *Modeling Engine spray and combustion processes*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-05629-1: 282 p.
- Massimo, M. 2012. Experimental analysis on a spark ignition petrol engine fuelled with LPG. *Energy* 41: 252–260.

- Программа самообучения 427. 2009. Газобаллонная установка на сжиженном газе. Устройство и работа.
- Певнёв, Н. Г.; Князев, И. М. 2010. Повышение эффективности эксплуатации газобаллонных автомобилей с комбинированным впрыском топлива. *Международный научно-технический журнал Автогазо заправочный комплекс* Nr. 1 (49)/2010: 6–9.
- Air Fuel Ratios and stoichiometry*. 2013. [žiūrēta 2013-03-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.endtuning.com/afr.html>>
- Dujinės įrangos montavimo, remonto, reguliavimo paslaugos*. 2013. [žiūrēta 2013-03-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.automobiliuremontas.lt>>
- Suskystintos naftos dujos*. 2013. [žiūrēta 2013-03-01]. Prieiga per internetą: <[http://www.orlenlietuva.lt/lt/main/our\\_offer/products/lpg](http://www.orlenlietuva.lt/lt/main/our_offer/products/lpg)>
- The SRF Air-Fuel Curve and Air-Fuel Ratio*. 2013. [žiūrēta 2013-03-01]. Prieiga per internetą: <[http://www.mummbrothers.com/SRF\\_Stuff/Secrets/Driveline/Air\\_Fuel.htm](http://www.mummbrothers.com/SRF_Stuff/Secrets/Driveline/Air_Fuel.htm)>