

BIODEGALŲ ĮTAKOS BENZINO TIESIOGINIO ĮPURŠKIMO CHARAKTERISTIKOMS TYRIMAS

Paulius BRUŽIKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: paulius.bruzikas@vdu.lt

Santrauka

Siekiant mažinti transporto priemonių išmetamų šiltnamio efektą skatinančių dujų kiekį, vis daugiau mineralinių degalų keičiama biodegalais. Tačiau šių degalų fizikinės ir cheminės savybės dažniausiai ženkliai skiriasi nuo tradicinių degalų savybių, o tai atsiliepia transporto priemonių variklių eksploatacinėms savybėms ir deginių emisijai. Variklių darbo rodiklius iš dalies lemia degiojo mišinio paruošimas. Tai ypač aktualu varikliams su tiesioginiu benzino įpurškimu, kurių naudojimas automobiliams sparčiai didėja.

Darbo tikslas buvo ištirti biodegalų įtaką benzino tiesioginio įpurškimo sistemos charakteristikoms. Tyrimai atlikti įpurškiant tris skirtingus degalus: benzina, 85 % bioetanolio ir 15% benzino mišinį (E85), 85 % biobutanolio ir 15% benzino mišinį. Įpurškimo charakteristikos buvo registruojamos „Bosch“ metodu. Degalai buvo purškiami 10,0 MPa, 17,5 MPa ir 25,0 MPa slėgiais, purkštuvu valdymo impulso trukmę keičiant nuo 0,25 iki 1,2 ms.

Tyrimais nustatyta, kad degalus įpurškiant 10 MPa slėgiu, E85 atveju maksimalus degalų debitas buvo 5,07 % mažesnis nei įpurškiant benzina. O tuo pačiu slėgiu įpurškiant B85 degalus, debitas buvo 13,7 % didesnis. Įpurškimo slėgį padidinus iki 17,5 MPa įpurškiamų E85 degalų debitas buvo 6,1 % didesnis, o įpurškiant B85 degalus – 11,3 % didesnis nei įpurškiant benzina. Degalus įpurškiant 25 MPa slėgiu, E85 ir B85 degalų debitas buvo 19,03 % didesnis nei įpurškiant benzina. Visais atvejais tikroji įpurškimo trukmė buvo ilgesnė už purkštuvu valdymo impulso trukmę.

Reikšminiai žodžiai: bioetanolis, biobutanolis, benzinas, įpurškimo charakteristika, benzino tiesioginis įpurškimas.

Įvadas

Siekiant mažinti transporto priemonių išmetamų šiltnamio efektą skatinančių dujų kiekį, vis daugiau mineralinių degalų keičiama biodegalais. Tačiau šių degalų fizikinės ir cheminės savybės dažniausiai ženkliai skiriasi nuo tradicinių degalų savybių, o tai atsiliepia transporto priemonių variklių eksploatacinėms savybėms ir deginių emisijai. Variklių darbo rodiklius iš dalies lemia degiojo mišinio paruošimas, kuriam esminės įtakos turi degalų įpurškimo procesas. Tai ypač aktualu varikliams su tiesioginiu benzino įpurškimu.

Chuepeng atliko tyrimą, kurio tikslas buvo ištirti benzino purkštuvu debito pokytį vietoje tradicinių degalų naudojant pašildytą etanolį, kai įpurškiamų degalų temperatūra kinta nuo 40 iki 80°C. Tyrimo rezultatai parodė, kad esant pastoviai degalų temperatūrai purkštuvu debitas yra didesnis įpurškiant etanolį nei benzina. Nustatyta, kad etanolio pašildymas iki 60 °C temperatūros buvo efektyviausias (Chuepeng, 2016).

Shang ir kt. atliko tyrimą, kurio tikslas buvo ištirti, kokią įtaką 5 skirtingi butanolio ir benzino mišiniai daro kenksmingų emisijų kiekiui ir slėgio kitimui degimo kameroje įpurškiant degalus dviem skirtingais įpurškimo būdais. Rezultatai parodė, kad degalus įpurškiant tiesiai į degimo kamerą, maksimalus slėgis degimo kameroje būna vidutiniškai 5,58 % didesnis, nei degalus įpurškiant į įsiurbimo kolektorių. Panaši tendencija atsispindi ir kenksmingų emisijų kiekyje. Visais atvejais tiesioginis įpurškimas į degimo kamerą gerokai sumažino HC (angliavandenilių) ir CO (anglies oksidų) emisijų kiekį, bet NOx (azoto oksidų) kiekis padidėjo (Shang et. al., 2020).

Wang ir kt. atliko tyrimą, kurio tikslas buvo ištirti, kokią įtaką vidaus degimo variklio su tiesiogine benzino įpurškimo sistema degimo procesui ir į aplinką išmetamų kenksmingų emisijų kiekiui daro skirtingi metanolio ir benzino mišiniai. Nustatyta, kad didinant metanolio kiekį benzine, didėja detonacijos, didesnio šilumos išsiskyrimo greičio ir mažesnio išmetamų kenksmingų emisijų kiekio tikimybė. Optimaliausias vidaus degimo variklio eksploatacinių savybių balansas pasiektas įpurškiant gryną metanolį 35 MPa slėgiu ir 30 % atidarytu išmetamųjų dujų recirkuliacijos vožtuvu (Wang et. al., 2024).

X. Li ir kt. atliko tyrimą, kurio tikslas buvo ištirti, kokią įtaką tiesioginio benzino įpurškimo sistemos purkštuvu atskirų čiurkšlių formavimuisi daro etanolis, lyginant jį benzina. Tyrimo rezultatai parodė, kad didinant įpurškiamų degalų slėgį nuo 10 iki 50 MPa pastebima vis daugiau susidarančių atskirų lašelių čiurkšlės pradžioje, o tai gerina oro ir degalų susimaišymą degimo kameroje bei mažina emisijų kiekį. Taip pat nustatyta, kad įpurškiant benzina tikimybė susidaryti sąlyginai didesniems lašeliams yra gerokai mažesnė, lyginant su etanoliumi (Li et. al. 2023).

Payri ir kt. atliko tyrimą, kurio tikslas buvo ištirti, kokią įtaką benzino tiesioginio įpurškimo 2 skirtingų purkštuvų hidraulinėms charakteristikoms daro 3 skirtingi benzino priedai ir 2 skirtingi etanolio ir benzino mišiniai. Rezultatai parodė, kad visais atvejais degalų įpurškimo charakteristikos buvo panašios, išskyrus etanolio mišinius. Etanolio mišiniai parodė didesnę įpurškiamų degalų debitą, bet tuo pačiu ir padidėjusį purkštuvu hidraulinį vėlavimą (Payri et. al., 2023).

Informacijos šaltinių analizė parodė, kad atlikta nemažai variklio darbo biodegalais tyrimų. Tačiau daugumoje jų tiriama biodegalų įtaka degimo procesui ir deginių emisijai. Daug mažiau yra darbų, kuriuose būtų tiriami degiojo mišinio sudarymo ypatumai naudojant biodegalus, tokius kaip etanolis ir butanolis. Būtent degiojo mišinio kokybė lemia ir degimo proceso kokybę, variklio darbo rodiklius ir deginių emisiją. Todėl pagrindinis tyrimo tikslas yra ištirti, kokią įtaką vidaus degimo variklių su tiesiogine benzino įpurškimo sistema charakteristikoms daro biodegalai ir jų kiekis benzine.

Tyrimo tikslas – ištirti biodegalų (etanolio, butanolio) kiekio benzine įtaką tiesioginio įpurškimo sistemos įpurškimo charakteristikoms.

Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atlikti informacijos šaltinių analizę tyrimų tematika.
2. Parengti eksperimentinių tyrimų metodiką.
3. Atlikti biodegalų – etanolio ir butanolio – įtakos įpurškimo charakteristikoms tyrimus.
4. Atlikti degalų slėgio įtakos įpurškimo charakteristikoms tyrimus.

Tyrimų objektas ir metodai

Įpurškimo charakteristikų tyrimo įranga ir metodika

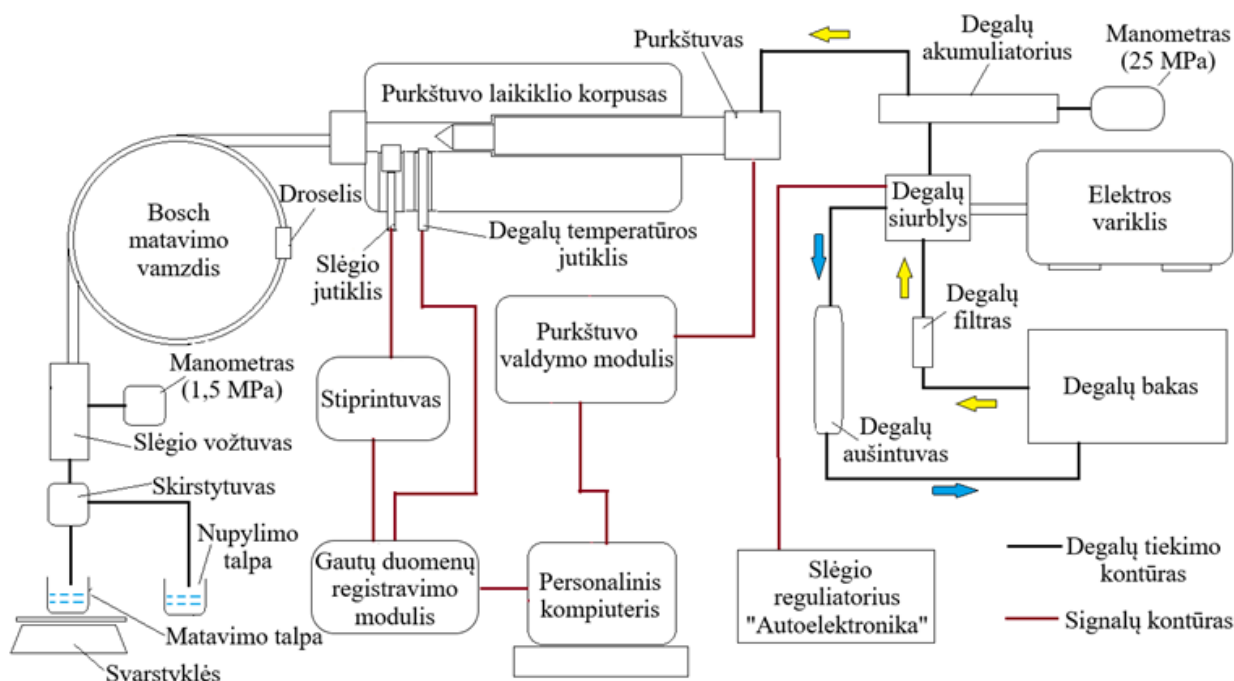
Degalų įpurškimo charakteristikoms sudaryti degalų įpurškimo greitis buvo matuojamas „Bosch“ metodu. Šio metodo esmė – dinaminio slėgio didėjimo, generuojamo įpurškiant degalus į vamzdelį užpildytą degalais, matavimas. Degalų įpurškimo charakteristikų tyrimų stendą sudaro du kontūrai: signalų kontūras ir degalų tiekimo kontūras (žr. 1 pav.). Degalų tiekimo kontūrą sudaro degalų bakas, degalų filtras, degalų siurblys, degalų aušintuvas, degalų akumuliatorius, elektromagnetinis „Bosch“ purkštuvus, matavimo vamzdelis, droselis, slopinimo vamzdelis, slėgio vožtuvas ir skirstytuvus. Signalų kontūras susideda iš elementų, kurie tyrimo metu padeda valdyti procesus bei registruoti gautus duomenis. Jį sudaro Kistler 6052C tipo slėgio jutiklis, Pt100 degalų temperatūros jutiklis, degalų siurblio slėgio reguliatorius „Autoelektronika“, purkštuvų valdymo modulis „National instruments NI PXIe-10620“, stiprintuvas „Kistler 5247“, gautų duomenų registravimo modulis „AVL indi modul“ bei personalinis kompiuteris. Įpurškiamų degalų debitas proporcingas slėgio kitimui matavimo vamzdelyje:

$$\dot{m} = \frac{A}{a} \cdot p(t) \quad (1)$$

$p(t)$ – slėgio kitimas, Pa;

A – matavimo vamzdelio skersplotis, m²;

a – slėgio bangos greitis degaluose, m/s.



1 pav. Įpurškimo charakteristikų tyrimų stendo principinė schema.

Fig. 1. Schematic of the fuel injection rate experimental setup.

Tyrimė naudoti degalai

Biodegalų įtakos benzino tiesioginio įpurškimo charakteristikoms tyrimai buvo atliekami naudojant tris skirtingas degalų rūšis:

- Benzina (vėliau – Bn95).
- 85 % bioetanolio ir 15% benzino mišinį (vėliau – E85).
- 85 % biobutanolio ir 15% benzino mišinį (vėliau – B85).

3 lentelėje yra pateikiama pagrindinės degalų (benzino, bioetanolio, biobutanolio) savybės.

3 Lentelė. Pagrindinių degalų savybių lentelė. [6-8]

Table 3. Table of properties of the main fuels. [6-8]

Degalų tipas	Benzinas	Bioetanolis (E85)	Biobutanolis (B85)
Tankis prie 15 °C (kg m ⁻³)	750	795	810
Klampa prie 20 °C (mm ² *s ⁻¹)	0,4-0,8	1,52	3,64
Žemutinis šilumingumas (MJ*kg ⁻¹)	43,3	26,4	32,5
Oktaninis skaičius	95	108	96
Virimo temperatūra (°C)	30-190	78	118
Garų slėgis pagal Reidą (kPa)	75	16,5	18,6
Deguonies kiekis (%)	< 2,7	34,7	21,6

Tyrimo sąlygos

Tyrimo metu degalai į matavimo vamzdelį buvo įpurškiami 10,0, 17,5 ir 25,0 MPa slėgiais. Matavimo vamzdyje slėgio reguliavimo vožtuvas palaikė 0,8 MPa slėgį, atitinkantį vidutiniam slėgiui variklio degimo kameroje degalų įpurškimo metu. Purkštuvo valdymo impulso trukmė buvo keičiama nuo 0,25 ms iki 1,2 ms. Visi bandymai buvo kartojami 3 kartus ir išvedamas bendras pakartojimų vidurkis. Kiekvieno bandymo metu buvo užrašomi 300 įpurškimo ciklų duomenys ir tolimesnei analizei imamas jų vidurkis. Ciklinis įpurškiamų degalų kiekis buvo apskaičiuojamas iš 1000 įpurškimų, įpurkštų degalų kiekį sveriant elektroninėmis svarstyklėmis „Kern 572“. Analizuojant gautus duomenis buvo nustatomi įpurškimo proceso rodikliai: įpurškimo charakteristikos, ciklinis degalų kiekis, įpurškimo gaities periodas bei įpurškimo trukmė.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

2 pav. pavaizduotas ciklinio įpurškiamų degalų kiekio kitimas, priklausomai nuo purkštuvo valdymo impulso trukmės. Kaip matyti iš grafikų, kai valdymo impulso trukmė lygi 0,4 ms ir daugiau, visiems degalams gaunamos tiesinės ciklinio degalų kiekio charakteristikos. Esant trumpesniai valdymo impulsui, ciklinio degalų kiekio priklausomybė neturi aiškaus dėsningumo. Šioje, taip vadinamoje „balistinėje“, zonoje įpurškimo metu purkštuvo adata nepasiekia atramos, todėl įpurškiamų degalų kiekis kinta nežymiai.

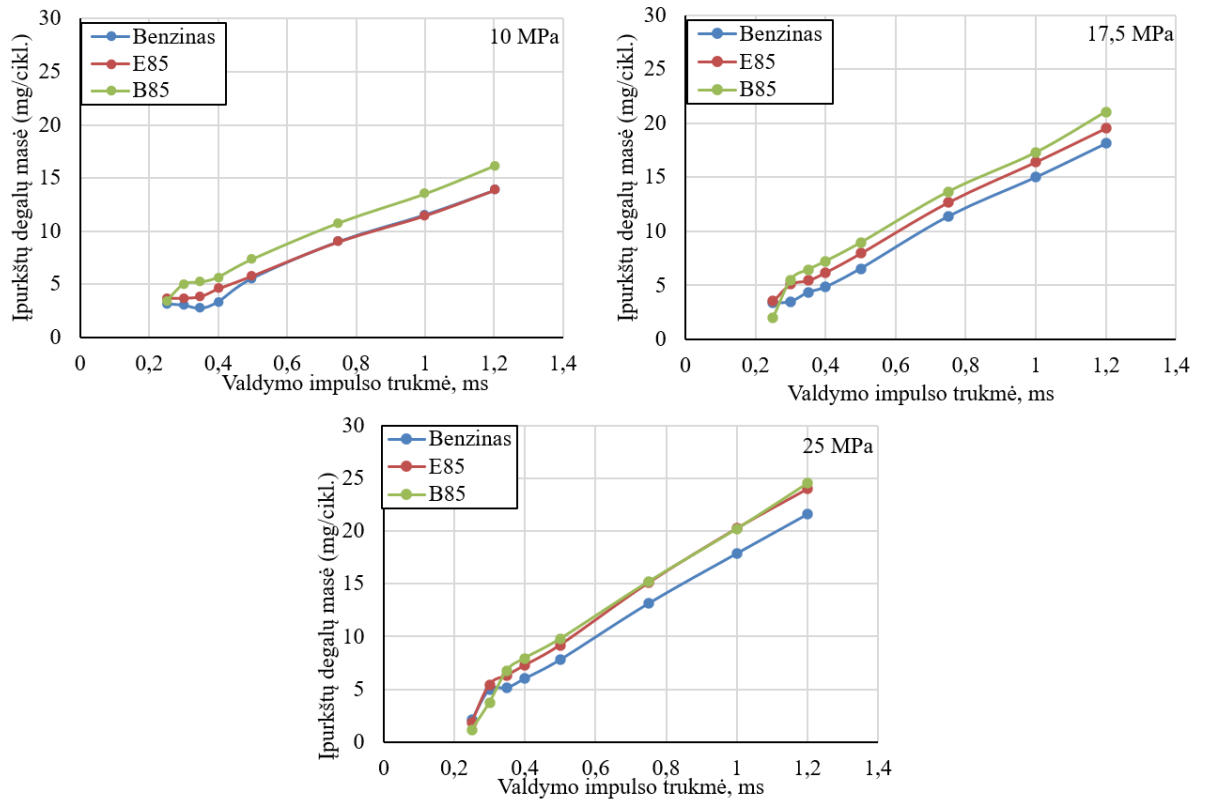
Kaip matyti 2 pav., B85 degalų ciklinis kiekis vidutiniškai buvo 28,8 %, 22,3 % ir 13,6 % didesnis nei benzino, įpurškiant degalus atitinkamai 10, 17,5 ir 25 MPa slėgiais. E85 degalų ciklinis kiekis, įpurškiant 10 MPa slėgiu, praktiškai buvo lygus benzino cikliniam kiekiui. Įpurškimo slėgį padidinus iki 17,5 MPa, E85 degalų ciklinis kiekis 7,6 % viršijo benzino ciklinį kiekį. Įpurškiant degalus dar didesniu – 25 MPa slėgiu, E85 degalų ciklinis kiekis susilygino su B85 degalų cikliniu kiekiu.

3 pav. pavaizduotos diferencialinės degalų įpurškimo charakteristikos, t. y. įpurškiamų degalų debito kitimas įpurškimo metu, kai purkštuvo valdymo impulso trukmė 0,25 ms, o įpurškiamų degalų slėgis yra 10 MPa, 17,5 MPa ir 25 MPa. Iš grafiko, kai įpurškiamų degalų slėgis yra 10 MPa, galima spręsti, kad mažiausias debitas yra įpurškiant benzina – 9,99 mg/ms. Prie tų pačių slėgio ir įpurškimo trukmės įpurškiant E85 degalus, įpurškiamų degalų debitas yra 11,15 mg/ms, t. y. 11,56 % didesnis nei benzino. Įpurškiant B85 mišinį, įpurškiamų degalų debitas tomis pačiomis sąlygomis yra 12,12 mg/ms, t. y. 21,25 % didesnis nei įpurškiant benzina. Toliau analizuojant diferencialines įpurškimo charakteristikas matoma, kad įpurškiant benzina debito didėjimo greitis įpurškimo pradžioje yra mažesnis nei E85 ar B85 degalų mišinių. Taip pat reikia pastebėti, kad E85 ir B85 degalų mišiniai pradedami įpurškėti beveik 0,03 ms vėliau, bet per tą patį laiko tarpą yra įpurškiamas didesnis degalų kiekis. Taip pat pastebėta, kad E85 ir B85 degalų mišinių įpurškimo charakteristikos pradžios kilimas yra santykinai vienodas ir gerokai greitesnis už benzino įpurškimo charakteristikos. Taip yra dėl degalų tankių skirtumų. E85 ir B85 degalų mišiniai yra gerokai lagesni ir jų tankis didesnis už benzino tankį. Benzino tankis lygus 0,745 g/cm³, E85 degalų mišinio tankis – 0,780 g/cm³, B85 degalų mišinio tankis – 0,801 g/cm³.

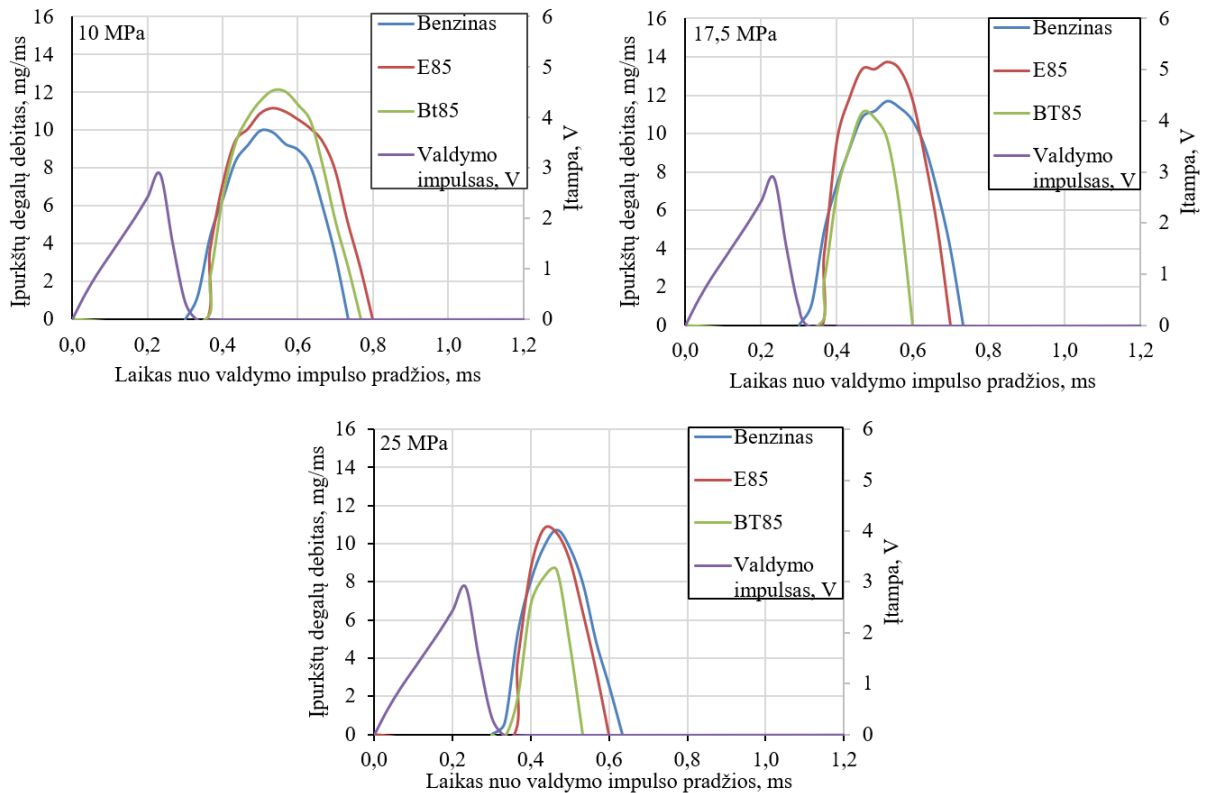
Padidinus įpurškimo slėgį iki 17,5 MPa matomi kitokie rezultatai, lyginant su ankstesnėmis įpurškimo charakteristikomis įpurškiant degalus 10 MPa slėgiu prie 0,25 ms valdymo impulso trukmės. Benzino debitas šiuo atveju buvo lygus 11,67 mg/ms, E85 degalų mišinio – 13,78 mg/ms, t. y. 18,08 % didesnis nei benzino, o B85 degalų mišinio – 11,08 mg/ms, t. y. 5,06 % mažesnis, lyginant su benzinu. Įpurškimo vėlavimas, pradžios ir pabaigos dinamikos dėsningumai išlieka tokie pat, kaip ir anksčiau analizuotos įpurškimo charakteristikos prie 10 MPa slėgio ir tos pačios valdymo impulso trukmės.

Tikėtina, kad didėjant slėgiui ir esant labai trumpam valdymo impulsui įpurškimo charakteristikoms gali būti nedėsningos ir kintančios. Taip yra dėl to, kad esant labai trumpam valdymo impulsui, purkštuvui nespėjus pilnai atsідaryti jis jau turi užsidarinėti.

Padidinus degalų įpurškimo slėgį iki 25,0 MPa, benzino debitas buvo lygus 10,74 mg/ms, E85 degalų mišinio – 10,75 mg/ms, t. y. 0,09 % didesnis už benzino, o B85 degalų mišinio – 8,60 mg/ms, t. y. 19,93 % mažesnis už benzino.



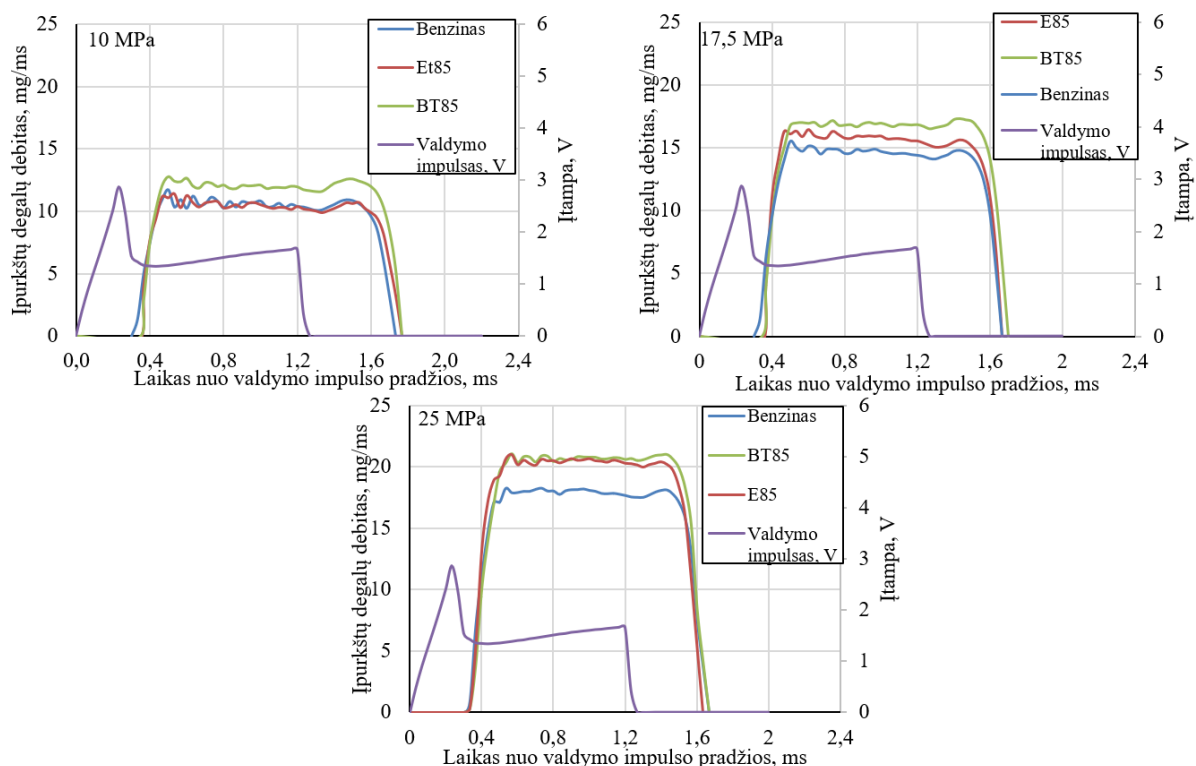
2 pav. Ipurkštų degalų masės priklausomybė nuo purkštovo valdymo impulso trukmės.
Fig. 2 Dependency of the injected fuel mass on the injector energizing duration.



3 pav. Biodegalų įtaka įpurškimo charakteristikoms ($t_{ij}=0,25$ ms) prie skirtingų įpurškimo slėgių.
Fig.3. The effect of biofuels on the fuel injection rates ($t_{ij}=0,25$ ms) at different injection pressures.

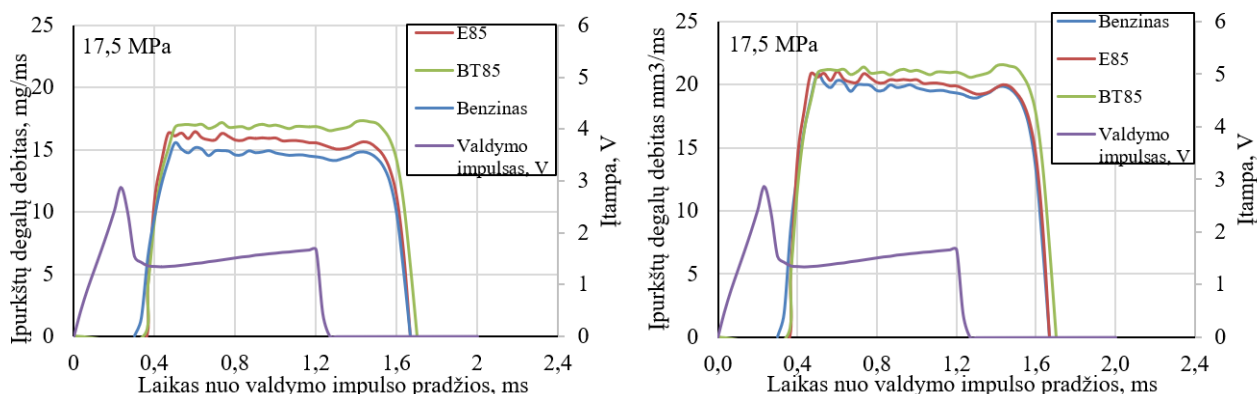
4 pav. yra pavaizduotas įpurškiamų degalų debito kitimas įpurškimo metu, kai įpurškiamų degalų valdymo impulso trukmė padidinta iki 1,2 ms. Iš grafikų matyti, kad įpurškiant degalus 10 MPa slėgiu, benzino debitas buvo lygus 11,76 mg/ms, E85 degalų – 11,25 mg/ms, t. y. 4,34 % mažesnis už benzino, o B85 degalų debitas siekė 12,78 mg/ms, t. y. buvo 8,67 % didesnis už benzino debitą. Padidinus degalų įpurškimo slėgį iki 17,5 MPa, esant tai pačiai purkštovo valdymo

impulso trukmei, įpurškiamo benzino debitas padidėjo iki 15,54 mg/ms, E85 degalų debitas – iki 16,33 mg/ms, t. y. buvo 5,08 % didesnis už benzino, o B85 degalų debitas siekė 17,19 mg/ms, t. y. buvo 10,62 % didesnis už benzino. Padidinus degalų slėgį iki 25 MPa, įpurškiamo benzino debitas buvo lygus 18,28 mg/ms, E85 degalų – 20,60 mg/ms, t. y. 12,69 % didesnis už benzino, o B85 degalų debitas buvo lygus 20,89 mg/ms, t. y. 14,28 % didesnis už benzino. E85 ir B85 degalų debito reikšmės tarpusavyje skyrėsi tik 1,59 %.



4 pav. Biodegalų įtaka įpurškimo charakteristikoms ($t_{ip}=1,2$ ms) prie skirtingų įpurškimo slėgių.
 Fig.4. The effect of biofuels on the fuel injection rates ($t_{inj}=1,2$ ms) at different injection pressures.

5 pav. pavaizduotas degalų debitas išreikštas masės vienetais ir tūrio vienetais, juos įpurškiant 17,5 MPa slėgiu, kai valdymo impulso trukmė yra 1,2 ms. Iš grafikų matyti, kad benzino debito išreikšto tūrio vienetais reikšmės siekia 20,85 mm³/ms, E85 degalų debitas siekia 21,07 mm³/ms, t. y. 1,06 % didesnis nei benzino, o B85 degalų siekia 21,26 mm³/ms, t. y. 1,97 % didesnis nei benzino. Matyti, kad skirtingų degalų debito reikšmės, išreikštos tūrio vienetais, skiriasi mažiau nei debito reikšmės, išreikštos masės vienetais. To priežastis – skirtingas degalų tankis.

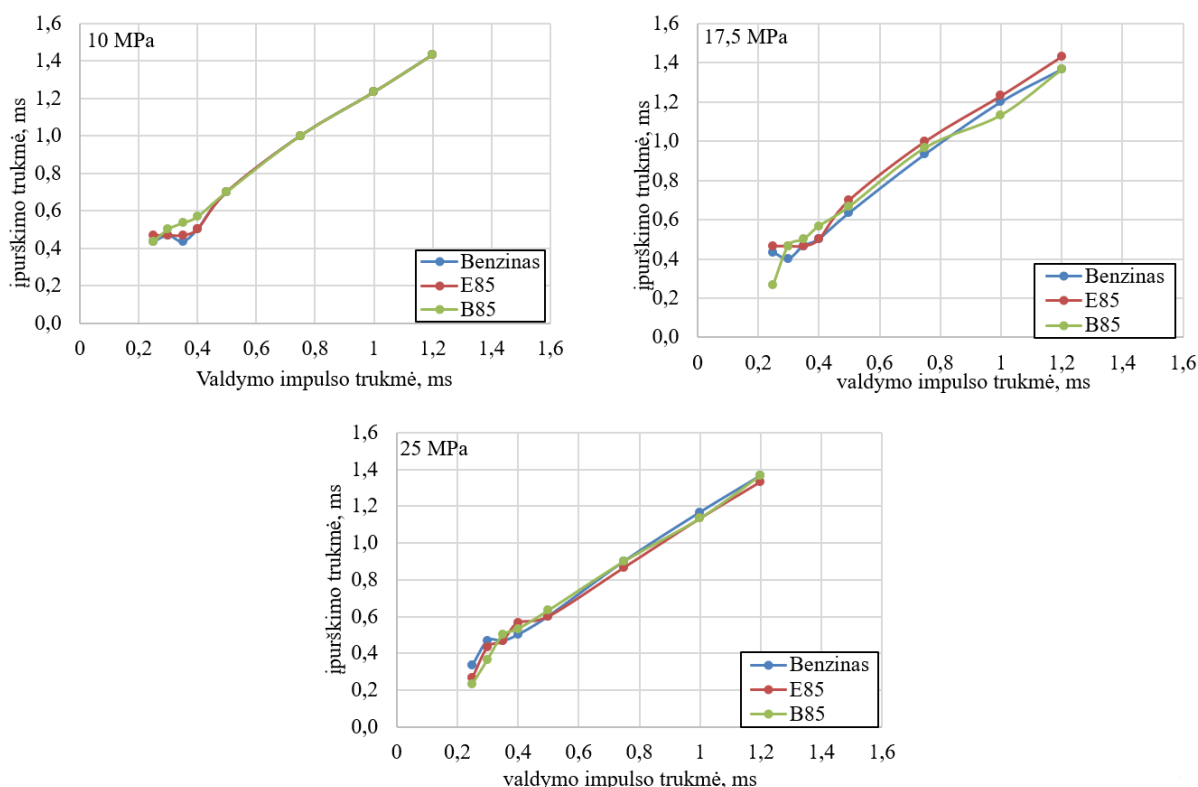


5 pav. Degalų įpurškimo charakteristikos, išreikštos masės vienetais (kairėje) ir išreikštos tūrio vienetais (dešinėje), kai degalų įpurškimo slėgis lygus 17,5 MPa

Fig.5. Fuel mass flow rate (left) and volume flow rate (right) at fuel injection pressure of 17,5 MPa

Nustatyta, kad tikroji degalų įpurškimo trukmė visada būna ilgesnė už purkštuvų valdymo impulso trukmę (žr. 6 pav.). Kaip matyti iš grafikų, stabilios įpurškimo zonoje purškiant degalus 10 MPa slėgiu skirtumas tarp purkštuvų valdymo impulso trukmės ir tikrosios įpurškimo trukmės buvo lygus ~0,45 ms, nepriklausomai nuo degalų rūšies. Didėjant įpurškimo slėgiui, šis skirtumas mažėjo. Padidinus įpurškiamų degalų slėgį iki 17,5 MPa ir esant vienodai

valdymo impulso trukmei, benzino įpurškimo trukmė buvo mažiausia. Degalus įpurškiant 25 MPa slėgiu skirtumai tarp atskirų degalų įpurškimo trukmių buvo minimalūs.



6 pav. Tikrosios degalų įpurškimo trukmės priklausomybė nuo purkštuvo valdymo impulso trukmės.
Fig.6. The dependence of the actual fuel injection duration on the duration of the injector control pulse.

Išvados

1. Esant toms pačioms purkštuvo valdymo impulso trukmėms, įpurškiamų B85 degalų ciklinis kiekis buvo vidutiniškai 28,8 %, 22,3 % ir 13,60 % didesnis nei benzino, įpurškiant degalus atitinkamai 10, 17,5 ir 25 MPa slėgiais. E85 degalų ciklinis kiekis, įpurškiant 10 MPa slėgiu, praktiškai buvo lygus benzino cikliniam kiekiui. Įpurškimo slėgi padidinus iki 17,5 MPa, E85 degalų ciklinis kiekis 7,58 % viršijo benzino ciklinį kiekį. Įpurškiant degalus dar didesniu – 25 MPa slėgiu, E85 degalų ciklinis kiekis susilygino su B85 degalų cikliniu kiekiu.

2. Įpurškiant degalus 10 MPa slėgiu, maksimalus E85 degalų debitas gautas 4,34 % mažesnis, o B85 degalų – 8,67 % didesnis už benzino debitą. Padidinus įpurškimo slėgį iki 17,5 MPa, maksimalus E85 degalų debitas buvo 5,08 % didesnis, o B85 – 10,62 % didesnis už benzino. Įpurškiant degalus 25 MPa slėgiu, įpurškiamų E85 degalų maksimalus debitas gautas 12,69 % didesnis, o B85 degalų – 14,28 % didesnis už benzino. E85 ir B85 degalų debito reikšmės tarpusavyje skyrėsi tik 1,59 %.

3. Tikroji degalų įpurškimo trukmė visais atvejais buvo ilgesnė už purkštuvo valdymo impulso trukmę.

4. Degalų įpurškimo charakteristikoms didžiausią įtaką turi skirtingas biodegalų tankis ir klampa.

Literatūra

1. Chuepeng, S. 2016. Effects of heated ethanol on retrofit single-hole gasoline injector performance. *Case Studies in Thermal Engineering*, Vol. 8, p. 245-249 <https://doi.org/10.1016/j.csite.2016.08.003>.
2. Hromádko, J., Hromádko, J., Miler, P., Hönl, V., Štěrba, P. 2011. Use of bioethanol in combustion engines. *Chemická listy*, Vol. 105(2), p. 122-128.
3. Li, X., Zhang, X., Ni, P., Weerasinghe, R., Pei, Y., Peng Z. 2023. Insights into the spray impingement process from a gasoline direct injection fuel system fueled with gasoline and ethanol. *Journal of the Energy Institute*, Vol. 110. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2023.101331>.
4. Mužíková, Z., Káňa, I., Pospíšil, M., & Šebor, G. 2009. Physic-chemical properties of butanol gasoline blends. *Conference APROCHEM 2009, Odpadove forum*, p. 1434-1440.
5. Payri, R., Gimeno, J., Marti-Aldaravi, P., Alvarez, M. V. 2022. Study of the hydraulic characteristics of two injectors fed with different fuel in a GDI system. *Fuel*, Vol. 317, 123196. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2023.101331>.

6. Shang, Z., Yu, X., Ren, L., Wei, G., Li, G., Li, D., Li, Y., 2020. Comparative study on effects of injection mode on combustion and emission characteristics of a combined injection n-butanol/gasoline Si engine with hydrogen direct injection. *Energy*, Vol. 213, p. 424–432. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118903>.
7. Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J. 2006. Technical and economic analysis of suitable alternative transport fuels, research report prepared for the Ministry of Transport, *ICHT Prague, June 2006*. prieiga per internetą: http://www.mdcz.cz/cs/Strategie/Zivotni_prostredi/ (žiūrėta 2023 06 04).
8. Wang, X., Liu, Y., Han, L., Gong, Y., Xie, F., Su, Y., Li, X., Zhao, J. 2024. The influence of exhaust gas recirculation and emission characteristics of engine fueled with methanol-gasoline blends. *Fuel processing technology*, Vol. 255. <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.vdu.lt:2443/science/article/pii/S0378382024000183>

STUDY ON THE INFLUENCE OF BIOFUELS ON THE CHARACTERISTICS OF THE GASOLINE DIRECT INJECTION

Summary

In order to reduce the amount of greenhouse gases emitted by vehicles, more and more mineral fuels are replaced by biofuels. However, the physical and chemical properties of biofuels are usually significantly different from traditional fuels, which affects the performance of vehicle engines and fuel emissions. Engine performance is partly determined by the preparation of the combustible mixture. This is especially important for engines with direct gasoline injection, which use is increasing in cars rapidly.

The aim of the work was to study the influence of biofuels on the characteristics of the gasoline direct injection system. Tests were performed by injecting three different fuels: gasoline, a mixture of 85% bioethanol and 15% gasoline (E85), a mixture of 85% biobutanol and 15% gasoline. Injection characteristics were recorded using the Bosch method. The fuel was injected at pressures of 10,0 MPa, 17,5 MPa and 25 MPa, with the injector control pulse duration varying from 0,25 to 1,2 ms.

Research has shown that when fuel flow rate for E85 is 5,07 % lower than when gasoline is injected. When B85 fuel was injected at the same pressure, the flow rate was 13,7% higher. When the injection pressure was increased to 17,5 MPa, the flow rate was 6,1% higher for E85 fuel injection and 11,3% higher for B85 fuel injection than for gasoline injection. When fuel pressure was increased to 25 MPa, E85 and B85 fuel flow rate was 19,03% higher than gasoline injection. In all cases the actual injection duration was longer than the injector control pulse duration.

Keywords: bioethanol, biobutanol, gasoline, injection rate, gasoline direct injection.