

TRAKTORIAUS VARIKLIO APKROVOS IR DEGALŲ ŠAUNAUDŲ TYRIMAI SĖJOS DARBUOSE

INVESTIGATION OF TRACTOR ENGINE LOAD AND FUEL CONSUMPTION DURING SEEDING PROCESS

Antanas Juostas, Algirdas Janulevičius, Gediminas Pupinis

Lietuvos žemės ūkio universitetas, Studentų 11, LT-53361, Akademija, Kauno r.

El. paštas: algirdas.janulevicius@lzuu.lt,

Gauta 2010-05-24, pateikta spaudai 2010-09-06

Traktorinio agregato darbo efektyvumas priklauso nuo traktoriaus variklio galios panaudojimo technologiniam darbui nustatyta kokybe atlikti. Straipsnyje analizuojamas variklio racionalaus darbo režimo apibendrinimo kriterijus: variklio apkrovos koeficientas, kuris nustatomas sukimo momento panaudojimo laipsniu. Analizuojamos traktorių elektroniniuose valdymo blokuose kaupiamos duomenų bazės panaudojimo galimybės variklių apkrovos koeficiento ir degalų sąnaudų analizei atlikti. Pateikta traktorių „Massey Ferguson“ apkrovos histogramų „ECU Load Profile“, kuriose darbo laikas eksploataciniu periodu sumuotas pagal variklio sūkius ir ciklinį degalų padavimą, analizės metodika. Pateikta variklio sukimo momento, sūkių ir ciklinio degalų padavimo priklausomybių empirinė lygtis.

Straipsnyje pateikti agregato sudaryto iš traktorių „Massey Ferguson MF 6499“ ir sėjamosios „Vaderstad Rapid“ variklio apkrova ir degalų sąnaudų tyrimai traktoriaus elektroniniuose valdymo blokuose kaupiamos duomenų bazės panaudojimo pagrindu. Tyrimai buvo atlikti palaikant pastovų agregato greitį, keičiant kontroliuojamus traktoriaus darbo parametrus: variklio sūkius, transmisijos perdavimo santykis ir ciklinį degalų padavimą. Pateikta agregato darbo trukmė, degalų sąnaudos ir variklio apkrova sūkių ir ciklinio degalų padavimo režimuose. Pateikti degalų sąnaudų ir variklio apkrovos dydžiai trijuose (pastovaus traktoriaus teorinio greičio) darbo režimuose.

Traktorinis agregatas, traktorius, variklis, apkrova, apkrovos histograma, sūkiiai, ciklinis degalų padavimas, degalų sąnaudos, sukimo momentas, kontroliuojami parametrai.

[vadas

Viena iš traktorinio agregato darbo efektyvumo padidinimo krypčių yra didesnis energetinių galimybių realizavimas atliekant numatytus žemės ūkio darbus su nustatyta kokybe [1, 2]. Pagrindinis eksploatacinis rodiklis, įvertinantis atliktų darbų apimtį yra traktorinio agregato našumas. Tačiau, rezervai eksploatacijos metu, užtikrinantys traktorinio agregato efektyvumo padidėjimą, tame tarpe

pasirenkant racionaliausią variklio darbo režimą įvertinant darbo sąlygas, išnaudojami nepakankamai [1, 3, 4]. Mūsų nuomone, priežastis yra nepakankama teorinė bazė ir trūkumas techninių priemonių kontroliuojančių variklio apkrovos lygį darbo metu.

Traktorinio agregato darbo efektyvumas labai priklauso nuo traktoriaus variklio galios panaudojimo technologiniam darbui nustatyta kokybe atlikti. Traktorinio variklio racionalaus darbo režimo parinkimui, būtinas apibendrinimo kriterijus (įvertinimo rodiklis). Traktorinio agregato vertinimui kaip valdomai sistemai būtina išskirti parametru grupes [1, 5, 6]:

- kontroliuojami parametrai, kuriuos keičiant operatorius nustato agregato darbo režimus;
- nekontroliuojami parametrai (taikoma daugiausia dirvos dirbimo agregatams – lyginamasis darbo mašinos pasipriešinimas, suminis galios sąnaudos važiavimui ir kt.).

Eksplotacijos metu, kontroliuojami parametrai yra degalų padavimas ir traktoriaus transmisijos perdavimo santykis [1, 6, 7].

Šiandieniniuose traktoriuose nemažai elektronikos įrangos, kuri valdo darbo procesus bei kaupia duomenis. Specialia testavimo įranga ir programa mikroprocesoriuose sukauptus duomenis galima peržiūrėti, perkelti į kompiuterį ir atspausdinti. Tokios duomenų bazės sudaro galimybes traktorių darbų režimų analizei atlikti [3, 8]. Ištyrus traktorių variklių apkrovos rodiklius eksploatacijos periodu būtų galima įvertinti, kiek racionaliai ir ekonomiškai buvo eksploatuojami traktoriai. Paaiškėtų traktorių eksploatacijos gerinimo, degalų sąnaudų mažinimo galimos kryptys.

Tyrimų tikslas – ištirti gamyboje dirbančio traktorinio agregato variklio greitinio ir apkrovos režimų rodiklius bei degalų naudojimo ekonomiškumą.

Tyrimų objektas ir metodika

Traktorinio variklio racionalaus darbo režimo parinkimui, būtinas apibendrinimo kriterijus (įvertinimo rodiklis). Tokiu kriterijumi yra variklio apkrova, kuri nustatoma sukimo momento (galios) panaudojimo laipsniu [1, 9, 10]:

$$k_a = M/M_e , \quad (1)$$

čia: k_a – variklio apkrovos koeficientas pagal sukimo momentą;

M – variklio sukimo momentas darbo metu, Nm;

M_e – variklio sukimo momentas atitinkantis nominalų darbo režimą (maksimalios galios režimas), Nm.

Traktorinio agregato darbo efektyvumo vertinimo pagrindiniai rodikliai yra darbo našumas ir ekonomiškumas. Darbo našumas W žemės ūkio darbams skirto traktorinio agregato gali būti išreikštas lygtimi [1]:

$$W = \frac{C_v n_e (1 - \delta) \tau (M_e i_{tr} \eta_{tr} \eta_{vz} - F_f r_r)}{K_{sl} i_{tr}}, \quad (2)$$

čia: C_v – proporcingumo koeficientas, įvertinantis lygtyje esančių rodiklių matavimo vienetų skirtumus;

n_e – variklio alkūninio veleno sukimosi dažnis, min^{-1} ;

δ – traktoriaus buksavimo koeficientas;

τ – agregato darbo laiko naudingo išnaudojimo koeficientas;

M_e – efektyvus variklio sukimo momentas, Nm;

η_{tr} – transmisijos naudingumo koeficientas;

η_{vz} – važiuoklės naudingumo koeficientas;

F_f – traktorinio agregato riedėjimo pasipriešinimo jėga, N;

r_r – varančiųjų ratų riedėjimo spindulys, m;

K_{sl} – technologinio proceso lyginamasis pasipriešinimas, N/m;

i_{tr} – transmisijos perdavimo skaičius.

Eksploatacijos metu, kontroliuojami parametrai yra degalų padavimas, traktoriaus transmisijos perdavimo santykis bei variklio sūkliai. Kadangi, lygtyje (2) kontroliuojamo parametro (degalų padavimas) nėra, pasinaudojame priklausomybe, nustatančia ryšį tarp indikatorinio variklio sukimo momento M_i ir ciklinio degalų padavimo q_c [1, 11];

$$M_i = \frac{10^3 \eta_i i_d H_i q_c}{\pi \tau_d}, \quad (3)$$

čia: η_i – variklio indikatorinis naudingo veiksmo koeficientas;

i_d – cilindrų skaičius;

H_i – degalų degimo žemutinis šilumingumas, J/kg;

τ_d – taktų skaičius.

Iš vidaus degimo variklių teorijos yra žinoma, kad efektyvus variklio sukimo momentas yra nustatomas skirtumu tarp indikatorinio sukimo momento M_i ir mechaninių nuostolių momento M_{mn} , kuris charakterizuojamas priklausomybe [11]

$$M_{mn} = \frac{V_h i_d (0,08 + 0,005 \pi r_{kp} n_e)}{(30 \pi \tau_d)}, \quad (4)$$

čia: V_h – vieno cilindro darbinis tūris, m^3 ;

r_{kp} – variklio alkūninio veleno spindulys, m.

Tuomet:

$$M = \frac{10^3 \eta_i i_d H_i q_c}{\pi \tau_d} - \frac{V_h i_d (0,08 + 0,005 \pi r_{kp} n_e)}{30 \pi \tau_d}, \quad (5)$$

Variklio apkrovos koeficientas k_a nustatoma sukimo momento panaudojimo laipsniu:

$$k_a = \frac{10^3 \eta_i i_d H_i q_c}{\pi \tau_d M_e} - \frac{V_h i_d (0,08 + 0,005 \pi r_{kp} n_e)}{30 \pi \tau_d M_e}, \quad (6)$$

Tuomet, iš 6 lygties galima nustatyti ryšį tarp variklio apkrovos koeficiento ir kontroliuojamų parametrų. Analizuojant šią lygtį reikia pastebėti, kad ciklinis degalų padavimas yra vienas pagrindinių parametrų variklio apkrovos keitimui. Tokiu būdu gauta lygtis charakterizuoja kontroliuojamų ir nekontroliuojamų parametrų įtaką traktorinio agregato našumui eksploatacijos metu, kas leidžia pagrįsti racionalius variklio darbo režimus [10, 12, 13].

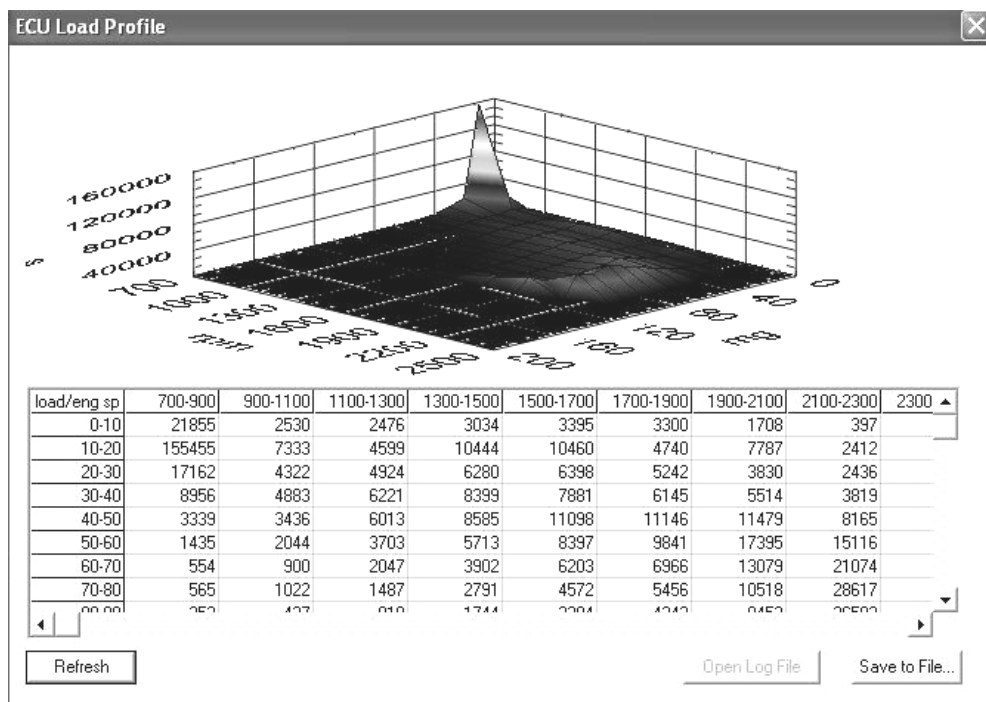
Žinant ciklinį degalų padavimą, galima išskaičiuoti eksploatacinius traktorinio agregato ekonomiškumo rodiklius – valandines degalų sąnaudas B_d ir hektaro įdirbimo degalų sąnaudas B_{ha} [1, 10, 14]:

$$B_d = 30 \cdot 10^{-3} n_e i_d q_c, \quad (7)$$

$$B_{ha} = B_d / W, \quad (8)$$

Traktorių apkrovos ir degalų sąnaudų tyrimams buvo pasirinktas traktorius *Massey Ferguson MF 6499*. Traktorių apkrovos ir degalų sąnaudų tyrimams iš traktorių elektroninių valdymo blokų užrašomos variklių apkrovos histogramos „ECU Load Profile“ (1 pav.) Jos užrašomos nešiojamuoju kompiuteriu taikant specialią *Massey Ferguson* jungtį bei programą.

Histogramoje matome traktoriaus eksploatacijos trukmę (sekundėmis) apkrovos ir greitiniuose variklio darbo režimuose. Histogramoje variklio darbo režimai suskirstyti pagal variklio sūkius (n) ir ciklinį degalų tiekimą (q_c). Joje užrašyta, kiek laiko traktorius dirbo 0–10, 10–20, 20–30 ir 190–200 mg cikliniu degalų tiekimu. Histogramoje ir jos lentelėje taip pat galima matyti, kiek laiko traktoriaus variklis dirbo 700–900, 900–1100, 1100–1300, 1300–1500, 1500–1700, 1700–1900, 1900–2100, ir 2100–2300 min^{-1} sūkais. Darbo metu variklio sūkių nustatyti akceleratoriaus pedalu (svirtimi), kuris nustato reguliatoriui greitinių režimą, o pastarasis, priklausomai nuo variklio apkrovos, (sukimo momento) reguliuoja įpurškiamų degalų kiekį.



1 pav. Traktoriaus *Massey Ferguson MF 6499* apkrovos eksploataciniu periodu histograma

Fig. 1. Load profile of *Massey Ferguson tractor MF 6499* during working period

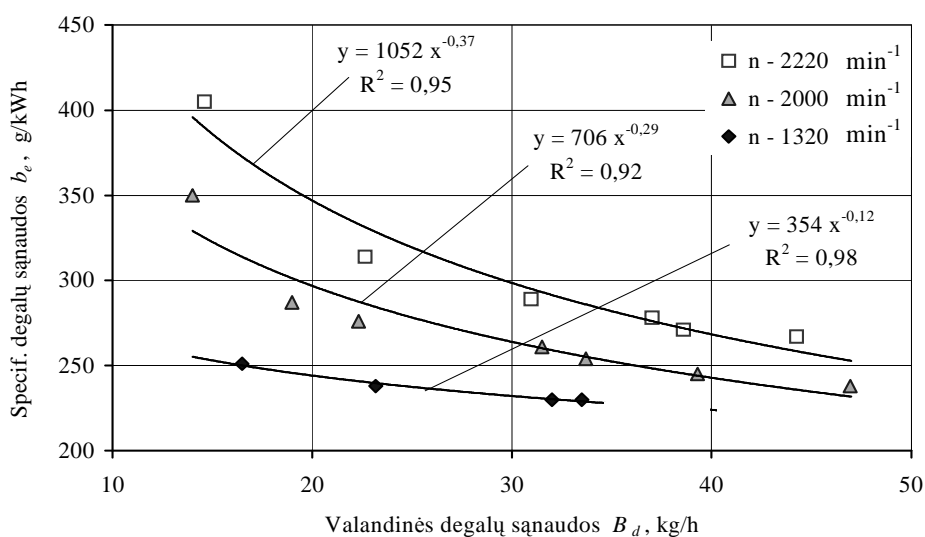
Bandant variklius nustatomos valandinės degalų sąnaudos B_d . Jos priklauso nuo variklio išvystomos galios [2, 11, 12, 13]. Efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos b_e (g/kWh) parodo, kiek degalų sunaudojama efektyviajam variklio darbo vienetui gauti:

$$b_e = \frac{1000 B_d}{P_e} = \frac{9554 B_d}{M_e n} \quad (9)$$

Iš 7 ir 9 lygčių gauta variklio sukimo momento ir degalų sąnaudų priklausomybių lygtis:

$$M_e = 287 i_d \frac{q_c}{b_e}. \quad (10)$$

Iš gautos lygties galima pastebėti, kad žinant ciklinį degalų tiekimą, efektyviausias lyginamasis degalų sąnaudas galima apskaičiuoti to darbo režimo variklio sukimo momentą. Iš traktoriaus *Massey Ferguson MF 6499* variklio charakteristikų [15] sudarome specifinių degalų sąnaudų priklausomybes nuo valandinių degalų sąnaudų (2 pav.).



2 pav. Specifinių degalų sąnaudų priklausomybės nuo valandinių degalų sąnaudų įvairiuose greitiniuose variklio darbo režimuose

Fig. 2. Specific fuel consumption dependence on hourly fuel consumption at different engine operation conditions

Iš šio paveikslo matyti, kad efektyviųjų lyginamųjų degalų sąnaudų kitimas nuo valandinių degalų sąnaudų nagrinėjamuose variklio greitiniuose darbo režimuose vyksta pagal lygtį:

$$b_e = k_1 (B_d)^{-k_2}, \quad (11)$$

čia: k_1 ir k_2 koeficientai, priklausantys nuo variklio apkrovos ir sūkių.

Į 10 lygtį įrašę b_e ir B_d matematinės išraiškas, gauname variklio sukimo momento, sūkių ir ciklinio degalų tiekimo priklausomybės lygtį:

$$M_e = 287 i_d \frac{q_c}{k_1 (30 \cdot 10^{-3} n i_d q_c)^{-k_2}} \quad (12)$$

Iš gautos lygties matyti, kad variklio sukimo momentui apskaičiuoti pakanka žinoti variklio to darbo režimo (greitinio) ciklinį degalų tiekimą ir sąryšio koeficientus k_1 ir k_2 .

Traktoriaus apkrovą ir degalų sąnaudas tirsime eksploatacinių histogramų (variklio darbo laiko pagal variklio sūkius ir ciklinį degalų tiekimą) ir priklausomybių lygties (12) pagrindu. Traktorių apkrovos ir degalų sąnaudų tyrimams sėjos darbuose buvo pasirinktas sėjos agregatas, sudarytas iš traktorių *Massey Ferguson MF 6499* ir sėjamosios *Vaderstad Rapid*. Traktoriaus komplektavimas – bazinis, eksploatacijoje išdirbęs 3700 valandas. Traktoriaus padangos: GOOD YEAR DT 812; užpakalinės – 620/70R42, priekinės – 480/70R30. Sėjamosios darbinis plotis – 4 m, masė – 3200 kg.

Traktorių apkrovos ir degalų sąnaudų tyrimams iš traktorių elektroninių valdymo blokų užrašomos variklių apkrovos histogramos „ECU Load Profile“ (1 pav.) Jos užrašomos nešiojamoju kompiuteriu taikant specialią *Massey Ferguson* jungtį bei programą [8,16]. Tyrimams sėjos darbuose užrašomos tyrimų pradžios ir tyrimų pabaigos „ECU Load Profile“ histogramos. Histogramų skirtumas aprašo tirto periodo sudedamąsias laiko dalis sekundėmis visuose traktoriaus variklio darbo režimuose (pagal variklio sūkius ir ciklinį degalų tiekimą). Tyrimai buvo atlikti agregatui dirbant įprastu ūkyje darbo (sėjos) režimu bei didesne pavara ir sumažintais variklio sūkiiais.

Tyrimų rezultatai

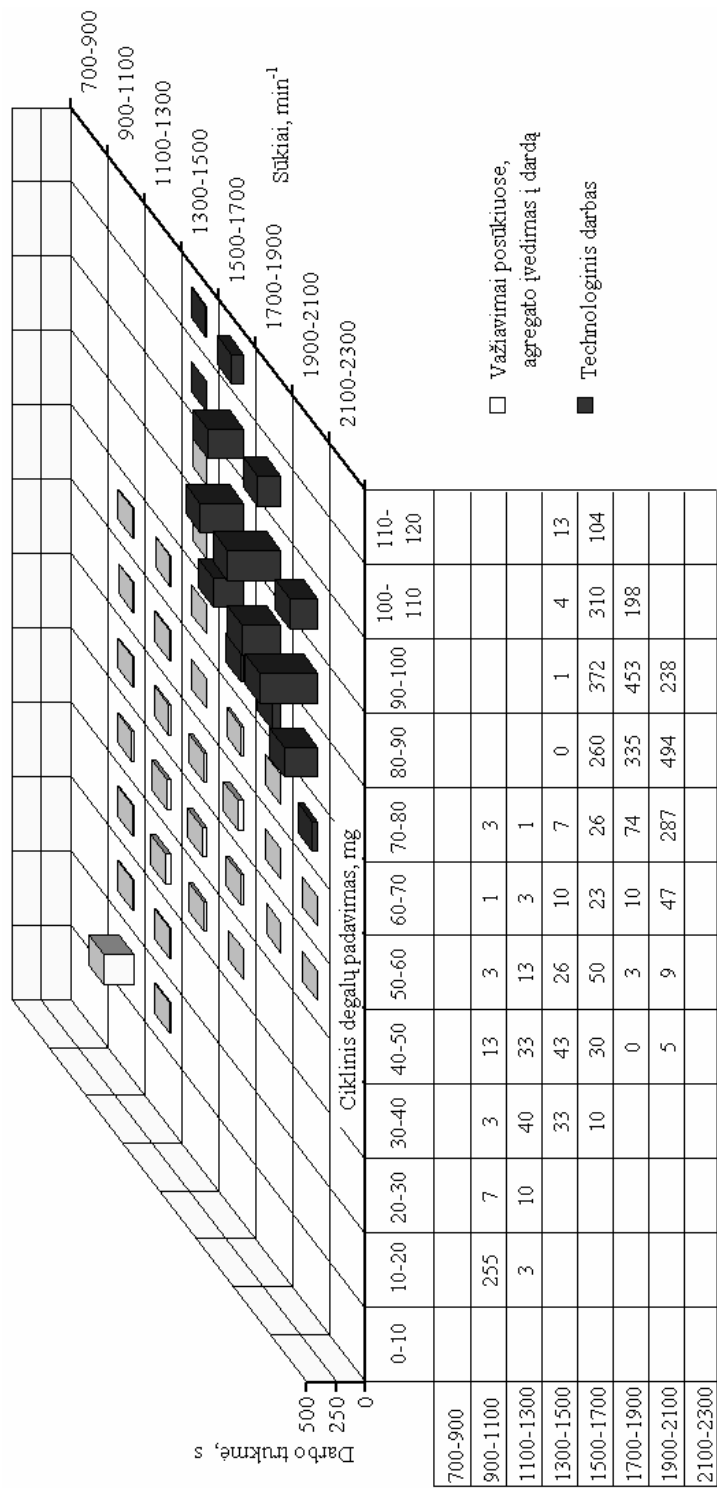
Agregato sudaryto iš traktorių *Massey Ferguson MF 6499* ir sėjamosios *Vaderstad Rapid* variklio apkrovos režimų bei degalų sąnaudų tyrimai buvo atlikti išlaikant $3,5 \pm 0,13$ m/s teorinį traktoriaus važiavimo greitį. Varikliui dirbant 2000 min^{-1} sūkiiais buvo įjungta 1d pavara; -1800 min^{-1} sūkiiais – 2a pavara; -1600 min^{-1} sūkiiais – 2b pavara. Tyrimų metu traktoriaus varančiųjų ratų buksavimas kito $7 \div 11\%$ ribose. Tyrimų rezultatai patekti 3 ir 4 paveiksluose. 3 paveiksle pateiktas agregato darbo trukmės (3867 s laikotarpio) pasiskirstymas variklio sūkių ir ciklinio degalų padavimo režimuose. Šiame paveiksle išskirti agregato technologinio darbo bei darbo galulaukėse (atliekant posūkius) režimai ir jų trukmės. Posūkių darbo režimuose akivaizdžiai didelė eksploatacinio laiko dalis koncentruojasi mažų sūkių ($900-1100 \text{ min}^{-1}$) mažo ciklinio degalų padavimo (10–20 mg) režime. Šis režimas užima apie 35% visos darbo trukmės galulaukėse, kuri sudarė apie 6,6 % viso darbo laiko. Agregato darbo laiko naudingo naudojimo koeficientas $\tau = 0,824$, darbo našumas W – vidutiniškai apie 4 ha/h. Užduotų variklio sūkių ir traktoriaus teorinio važiavimo greičio

palaikymui kontroliuojamas parametras yra degalų padavimas. Atliekant sėjos technologinį procesą $3,5 \pm 0,13$ m/s teorinis traktoriaus greitį buvo gautas varikliui dirbant 2000 min^{-1} sūkiiais įjungtus 1d pavara; -1800 min^{-1} sūkiiais įjungtus 2a pavara; -1600 min^{-1} sūkiiais įjungtus 2b pavara. Atliekant sėjos technologinį procesą traktoriaus variklio darbas kito 70–120 mg ciklinio degalų padavimo režimuose. Mažinant variklio sūkius ir atitinkamai transmisijos perdavimo skaičių, kad gauti nustatytą darbinį greitį, ciklinis degalų padavimas nežymiai didėjo. Technologinio sėjos proceso trukmė visuose tirtuose, trijuose režimuose vidutiniškai po 1060 s.

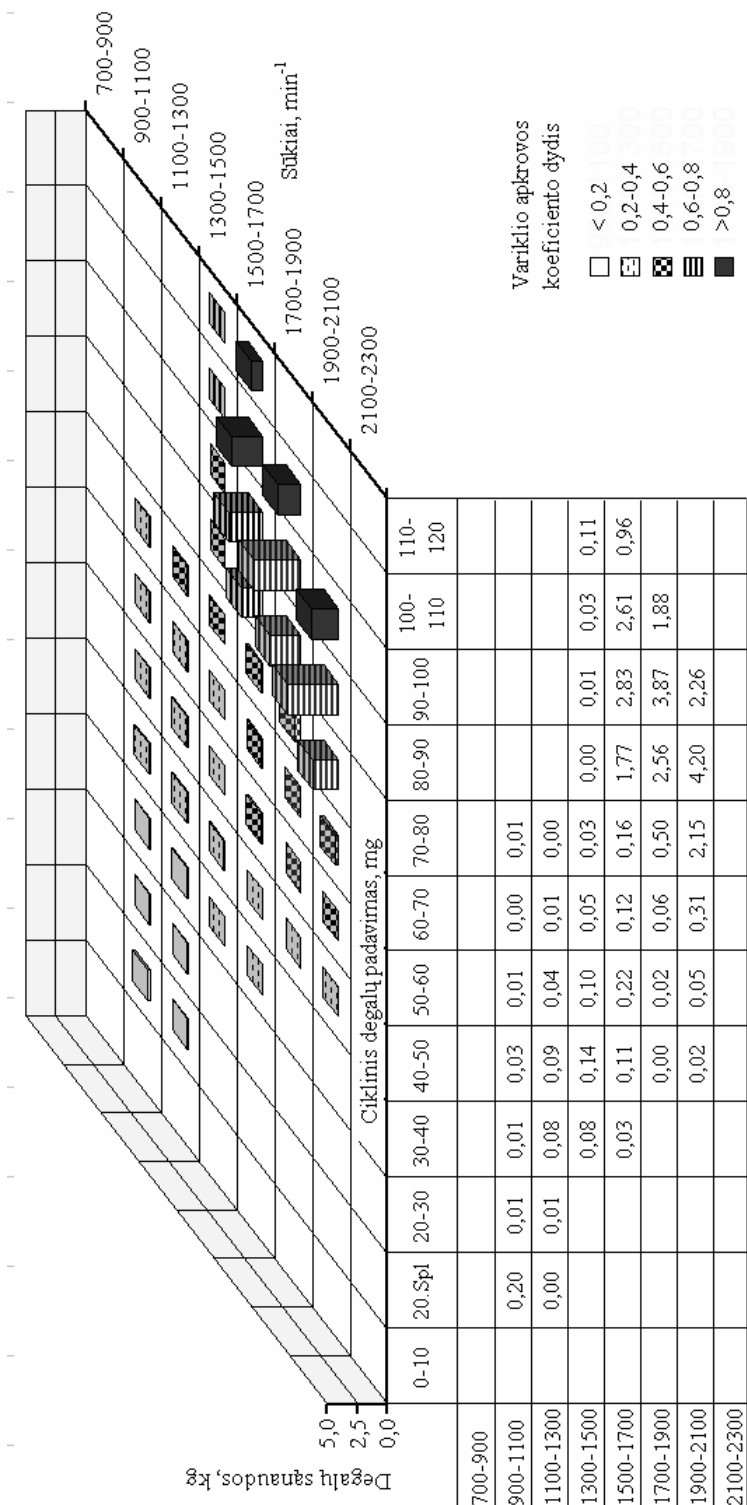
4 paveiksle pateiktos agregato (traktorius *Massey Ferguson MF 6499* su sėjamąja *Vaderstad Rapid*) degalų sąnaudos tyrimų metu, t.y. 3867 s laikotarpio degalų sąnaudos.

Pateiktos degalų sąnaudos detalizuotos variklio sūkių ir ciklinio degalų padavimo režimuose. Degalų sąnaudos variklio sūkių ir ciklinio degalų padavimo režime, santykinai, atspindi variklio galią ir darbo trukmė tame režime. Atliekant sėjos technologinį procesą 2000 min^{-1} variklio sūkiiais 1d pavara per 1066 s sunaudota 8,97 kg degalų. Šio režimo valandinės degalų sąnaudos – 30,3 kg/h. Atliekant analogišką technologinį procesą 1800 min^{-1} variklio sūkiiais 2a pavara per 1060 s sunaudota 8,81 kg degalų. Šio režimo valandinės degalų sąnaudos – 29,9 kg/h. Atliekant sėjos technologinį procesą 1600 min^{-1} variklio sūkiiais 2b pavara per 1060 s sunaudota 8,27 kg degalų. Šio režimo valandinės degalų sąnaudos – 28,1 kg/h. Galulaukių darbo procese per 723 s sunaudota 2,01 kg degalų. Galulaukių darbo režimo valandinės degalų sąnaudos – 10,0 kg/h.

4 paveiksle pateikta variklio apkrova variklio sūkių ir ciklinio degalų padavimo režimuose. Variklio apkrova nustatyta sukimo momento panaudojimo laipsniu. Sėjos technologiniame procese, kai traktoriaus variklio sūkiiais 2000 min^{-1} ir įjungta 1d pavara variklio apkrovos koeficientas $>0,8$ buvo 22% to režimo darbo trukmės ir 78% darbo trukmės sudarė $0,6 \div 0,8$. Kai traktoriaus variklio sūkiiais 1800 min^{-1} ir įjungta 2a pavara variklio apkrovos koeficientas $>0,8$ buvo 19% to režimo darbo trukmės ir 81% darbo trukmės sudarė $0,6 \div 0,8$. O kai traktoriaus variklio sūkiiais 1600 min^{-1} ir įjungta 2b pavara variklio apkrovos koeficientas $>0,8$ buvo 39% to režimo darbo trukmės ir 61% darbo trukmės sudarė $0,6 \div 0,8$.



3 pav. Agregato darbo trukmės (3867 s laikotarpio) pasiskirstymas variklio sūkių ir ciklinio degalų padavimo režimuose
Fig. 3. Aggregate work time (3867 sec.) distribution in different engine speed and cyclic fuel supply modes



4 pav. Agregato 3867 s darbo trukmes degalų sąnaudų ir variklio apkrovos pasiskirstymas variklio sūkių ir ciklinio degalų padavimo režimuose

Fig. 4. Fuel consumption and engine load, during 3867 sec. work time, distribution in different engine speed and cyclic fuel supply modes

Mažiausios degalų sąnaudos ir didžiausia variklio apkrova gauta dirbant 1600 min^{-1} variklio sūkiiais įjungus 2b pavara (4 paveikslas). Galulaukių darbo procese apie pusę laiko variklio apkrovos koeficientas buvo mažesnis už 0,2 ir apie pusę laiko tarp $0,2 \div 0,4$.

Išvados

1. Atliekant sėjos technologinį procesą agregatu (traktorius *Massey Ferguson MF 6499* su sėjama *Vaderstad Rapid*) 2000 min^{-1} variklio sūkiiais 1d pavara; -1800 min^{-1} sūkiiais 2a pavara; -1600 min^{-1} sūkiiais 2b pavara gautas $3,5 \pm 0,13 \text{ m/s}$ traktoriaus teorinis greitis $70\text{--}120 \text{ mg}$ ciklinio degalų padavimo režimuose, esant $7 \div 11\%$ varančiųjų ratų buksavimui. Esant mažesniems variklio sūkius ir atitinkamai transmisijos perdavimo skaičių ciklinis degalų padavimas – nežymiai didesnis.
2. Atliekant sėjos technologinį procesą 2000 min^{-1} variklio sūkiiais 1d pavara valandinės degalų sąnaudos – $30,3 \text{ kg/h}$; 1800 min^{-1} variklio sūkiiais 2a pavara valandinės degalų sąnaudos – $29,9 \text{ kg/h}$; 1600 min^{-1} variklio sūkiiais 2b pavara valandinės degalų sąnaudos – $28,1 \text{ kg/h}$. Galulaukių darbo režimo valandinės degalų sąnaudos – $10,0 \text{ kg/h}$.
3. Sėjos technologiniame procese $60 \div 80\%$ darbo trukmės variklio apkrovos koeficientas kito $0,6 \div 0,8$ ribose, o likusią laiko dalį buvo $> 0,8$. Galulaukių darbo procese apie pusę laiko variklio apkrovos koeficientas buvo mažesnis už 0,2 ir apie pusę laiko tarp $0,2 \div 0,4$.
4. Mažiausios degalų sąnaudos ir didžiausia variklio apkrova sėjos technologiniame procese gauta dirbant 1600 min^{-1} variklio sūkiiais įjungus 2b pavara.
5. Traktorių variklių apkrovos bei degalų naudojimo rodiklius galima vertinti panaudojant elektroniniuose valdymo blokuose kaupiamą darbo laiko (pagal variklio sūkius ir ciklinį degalų padavimą) informaciją.

Literatūra

1. Уханов, А. П.; Стрельцов, С. В.; Мустякимов, Р. Н. Режимы работы двигателя энергосредства с учетом эксплуатационных показателей МТА, *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 2009, № 11, с. 20–22.
2. Itoh, H.; Matsuo, K.; Oida, A.; Nakashima, N.; Miyasaka, J.; Izumi, T. Aggregate size measurement by machine vision, *Journal of Terramechanics* 2008, 45(4), p. 137–145.
3. Juostas, A.; Janulevičius, A. Evaluating working quality of tractors by their harmful impact on the environment, *Journal of environmental engineering and landscape management*, 2009, 17(2): 106–113.

4. Коваль А. А., Самородов В. Б. Крюковая нагрузка и основные технико-экономические показатели колесного трактора, *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 2007. № 6, с. 15 – 17.
5. Городецкий, К. И.; Титов, А. И. Предпосылки формирования рабочих скоростей сельскохозяйственных тракторов, *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 2008, № 11, с. 30–33.
6. Знагиев, А. А. и др. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – Москва, Колос, 2007, 278 с.
7. Горин, Г. С.; Захаров, А. В.; Ващула, А. В.; Влияние малых взаимных перемещений трактора и навесного сельхозорудия на тяговую и общую динамику их взаимодействия, *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*, 2009, № 4, с. 97–107.
8. Juostas, A.; Janulevičius, A. Investigation of interaction between tractor load and data collected in their modules, in *Proceedings of the 8th International Conference “Engineering for rural development”*, 2009, 113–117.
9. Махмудов М. М., Хафизов К. А. Оптимизация параметров колесного движителя, *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 2004, № 2, с. 20 – 21.
10. Коваль А. А., Самородов В. Б. Пространственно–топологический подход при определении основных технико-экономических показателей колесных тракторов. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 2008. № 3, с. 20 – 23.
11. Крутов, В. И. Двигатель внутреннего сгорания, как регулируемый объект. – Москва, Машиностроение, 1978, 281 с.
12. Самородов, В. Б.; Лебедев, А. Т.; Митропан, Д. М.; Сергиенко, Н. Е. Рациональное агрегатирование тракторов на вспашке, *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 2004, № 11, с. 19–22.
13. Janulevičius, A., Juostas, A. The interaction between pulling power and fuel consumption of the tractor during draft mode applications.–*Mechanika* 2007. –Kaunas: Technologija, 2007, p. 96–101.
14. Janulevičius, Algirdas; Giedra, Kazimieras. The slippage of the driving wheels of a tractor in a cultivated soil and stubble.– *Transport*. Vilnius : Technika. 2009, T. 24, Nr. 1, p. 14-20.
15. OECD performance test of an agricultural tractor. – Test report Nr. 15588. –Cemagref, 14 January 2008.
16. Janulevičius, A.; Juostas, A. Traktoriaus apkrovos ir degalų sąnaudų tyrimai sėjose darbuose, *Žemės ūkio inžinerija*, 2008, 40(3-4): 26–39.

Antanas Juostas, Algirdas Janulevičius, Gediminas Pupinis

INVESTIGATION OF TRACTOR ENGINE LOAD AND FUEL CONSUMPTION DURING SEEDING PROCESS

Abstract

Productivity of the tractor aggregate depends on utilization of tractor engine power for certain technological processes at set quality. Article analyzes summarized criteria's of reasonable engine work modes: engine load rate determined by torque utilization rate. Study analyzes possibility of using database collected in tractor digital microprocessors for the engine load rate and fuel consumption analysis. Introduced load profiles of „Massey Ferguson“ tractors, where its working hours, during its working period, summarized under engine speed and cyclical fuel injection methodology. Empirical equation dependence of the engine torque, engine speed and cyclic fuel supply is presented.

Article presents engine load and fuel consumption of “Massey Ferguson MF 6499” tractor and seeder “Vaderstad Rapid” aggregate study results taken from the database collected in digital microprocessors. Study performed at steady driving speed but changing the monitored tractor working parameters: engine speed, transmission ratio, and cyclic fuel supply. Aggregate work term, fuel consumption and engine load at different engine speed and cyclic fuel supply modes is presented. Fuel consumption and engine load results at three different work modes is presented.

Tractor aggregate, tractor, engine, load, load profile, engine speed, cyclic fuel supply, fuel consumption, torque, check parameter.

Антанас Юостас, Алгирдас Янулявичюс, Гедиминас Пупинис

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА И РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ ПОСЕВОЧНОЙ РАБОТЕ

Резюме

Эффективность работы тракторного двигателя зависит от использования мощности тракторного двигателя, для исполнения технологической работы требуемом качестве. В статье анализируются рациональные критерии описывающие работу двигателя: коэффициент нагрузки двигателя, который определяется степенью крутящего момента двигателя. Анализируются данные из электронных блоков памяти и возможность их использования для анализа нагрузки тракторного двигателя и расхода топлива при работе тракторного агрегата. В статье представлена методика анализа гистограммы „ECU Load Profile“, нагрузки трактора „Massey Ferguson“ в которых работа тракторного агрегата суммирована по оборотам двигателя и цикличной подачей топлива. Представлена

эмпирическое уравнение взаимодействия таких параметров двигателя как крутящий момент двигателя, цикличная подача топлива и обороты двигателя.

В статье представлены исследования тракторного агрегата „Massey Ferguson MF 6499“ и сеялки „Vaderstad Rapid“. Для исследования использованы данные скоплены в электронных блоках трактора „Massey Ferguson MF 6499“(нагрузка двигателя и расход топлива). Опыты проводились при постоянной скорости тракторного агрегата только изменяя контролируемые параметры: обороты двигателя, передаточное число трансмиссии и цикличную подачу топлива. Представлена продолжительность работы тракторного агрегата, расход топлива, нагрузка двигателя, цикличная подача топлива в взаимодействии от оборотов. Представлены данные: расход топлива и нагрузка двигателя в трёх режимах.

Тракторный агрегат, трактор, двигатель, нагрузка, гистограмма нагрузки, обороты, цикличная подача топлива, расход топлива, крутящий момент двигателя, контролируемые параметры.