

TRAKTORIAUS EKSPLOATACINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAI ARIMO DARBUOSE

INVESTIGATION OF TRACTOR PERFORMANCE DURING PLOWING OPERATION

Vidas Damanauskas, Algirdas Janulevičius, Vaclovas Kurkauskas,
Gediminas Pupinis

Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų 11, LT-53361, Akademija, Kauno r.
El. paštas: damvid@gmail.lt, algirdas.janulevicius@asu.lt,
vaclovas.kurkauskasa@asu.lt, gediminas.pupinis@asu.lt

Gauta 2013-03-21, pateikta spaudai 2013-06-12

Straipsnyje apžvelgiamos traktoriaus degalų sąnaudų ir varančiųjų ratų buksavimo mažinimo galimybės realiomis darbo sąlygomis. Nagrinėjami būdai ir priemonės traktorių buksavimui bei degalų sanaudoms mažinti atliekant arimo darbus. Dirvos fizinės ir mechaninės savybės yra labai įvairios ir nepastovios, todėl traktoriaus buksavimo bei degalų sąnaudų dydžius tenka nustatyti eksperimentiniu būdu. Nustatyta, kad sprendžiant šias problemas reikia žinoti varančiųjų ratų buksavimo priklausomybes darbo sąlygoms ir nustatyti jų įtaką traktorinio agregato degalų sanaudoms.

Straipsnyje pateikti varančiųjų ratų buksavimo ir degalų sąnaudų tyrimų rezultatai, atliekant arimą agregatu, sudarytu iš traktorių „FORD 8340“, ir plūgo „KONGSKILDE VARIANT VP – S“. Šie tyrimai buvo atlikti keičiant balastinių masių dydį traktoriaus priekyje (nuo 0 iki 520 kg) ir oro slėgį varančiųjų ratų padangose (nuo 2,5 iki 1,5 bar). Tyrimai atlikti traktoriui važiuojant 3H pavara, $1610 \pm 20 \text{ min}^{-1}$ variklio sūkais su įjungtu ir išjungtu traktoriaus priekiniu varančiuoju tiltu.

Pateikiami traktoriaus darbo rodiklių, oro slėgio varančiųjų ratų padangose ir balastinių masių traktoriaus priekyje dydžio priklausomybių sąsajos analizės rezultatai. Tyrimų rezultatais pagrįsti balastinės masės traktoriaus priekyje ir oro slėgio varančiųjų ratų padangose racionalūs dydžiai, kurie sąlygoja tinkamą varančiųjų ratų sukibimą atitinkantį 7–15 % buksavimą ir mažiausias degalų sąnaudas arimo metu.

Traktorius, buksavimas, degalų sąnaudos, balastinė masė, oro slėgis padangose, varantysis tiltas, arimas.

Įvadas

Žemės ūkio technika neigiamai veikia dirvą dėl ratų didelės apkrovos, buksavimo bei vėžių susiformavimo. Šių procesų pasekmė – dirvos suslėgimas, dirvo-

žemio struktūros ardyimas bei sąlygų vandens ir vėjo erozijai susidarymas. Dėl šių priežasčių mažėja derlius ir didėja energijos sąnaudos dirvai įdirbti [1, 2].

Vienas iš svarbiausių traktoriaus rodiklių yra jo darbo naudingumas, t.y. jo galios panaudojimas naudingam darbui atlikti. Minimalios atliktam darbui degalų sąnaudos daugumai traktorių gaunamos, dirbant 80 proc. vardinės galios ir 80 proc. vardinių sūkių režimu. Sukimo momentas, kurį išvysto variklis, yra tiesiai proporcingas traktoriaus traukos jėgai, o alkūninio veleno sukimosi greitis traktoriaus važiavimo greičiui. Tokiu būdu variklio darbo charakteristika tam tikru proporcingumu vaizduoja viso traktoriaus darbą [3, 4, 5]. Dirvos struktūros ir paviršiaus nelygumo kitimai įtakoja padargo pasipriešinimo ir traktoriaus traukos jėgos svyravimus. Traktoriuose su mechanine transmisija padidėjusį pasipriešinimą traukai padeda įveikti variklio sukimo momento atsarga. Siekiant, kad variklis nebūtų per daug perkrautas ir galėtų dirbti, – dirbama nepilna apkrova. Padidėjus traukos jėgai ir sumažėjus variklio sūkiams, jis dirba didesnio sukimo momento diapazone, ir taip užtikrinama didesnė traukos jėga net neperjungus pavaros. Galios atsarga žemės ūkio gamybos sąlygomis sudaro 6÷18 % pilnutinės variklio galios. Dauguma traktorių visą savo darbo laikotarpį veikia, esant 60–70 % apkrovai [5, 6].

Siekiant žemės ūkio technika atliekamų darbų maksimalaus ekonominio efektyvumo, tenka naudoti galimai didesnę traktorių traukos galią. Traukos galia nustatoma, traktoriaus greitį dauginant iš traukos jėgos. Tikrąjį traktoriaus greitį riboja galios nuostoliai, patiriami dėl varančiųjų ratų buksavimo ir riedėjimo pasipriešinimo [7, 8]. Didėjant traukos jėgai, didėja varančiųjų ratų buksavimas, todėl mažėja traktoriaus tikrasis greitis. Didėjant riedėjimo pasipriešinimui, mažėja traktoriaus traukos jėga [9, 10]. Didinant traukos jėgą išauga traktoriaus varančiųjų ratų buksavimas. Buksavimą galima mažinti naudojant platesnius, sudvigubintus ratus, mažo slėgio padangas, padangas su geresniu protektoriumi, mažinant oro slėgį padangose, bei didesne jėga varančiuosius ratus spaudžiant prie žemės [11, 12, 13]. Kad lauko sąlygomis efektyviai eksploatuoti traktorius (optimaliai buksuotų) reikia dažnai keisti slėgius padangose, balastinius svorius ir kt. [11, 12]

Priklausomai nuo balastinių svorių tvirtinimo vietos ir jų masės, traukos jėga gali būti padidinta iki 15 % [11, 14, 15]. Traktorių tyrėjų atliktų bandymų rezultatai rodo, kad balastiniai svoriai nėra geriausias sprendimas, leidžiantis sumažinti traktoriaus buksavimą. Šis būdas turi labai svarbų trūkumą - visuomet išlieka pavojus pernelyg daug suslėgti dirvą, pažeisti jos struktūrą dideliame gylyje (gerokai giliau negu ji purenama) ir sumažinti dirvos produktyvumą. Traktoriai su balastiniais svoriais daugiau slečia dirvą ir pažeidžia jos struktūrą, o gaunamas ekonominis efektas ne visada yra geriausias [15, 16].

Šiuo metu vis daugiau traktorių eksploatacinių savybių tyrėjų rekomenduoja mažinti oro slėgį padangose. Mažinant slėgį traktoriaus padangose, didėja padangų kontakto su dirva plotas [9, 15]. Tai reiškia, kad traktoriaus svoris pasiskirsto didesniame plote ir ratų slėgis į dirvą sumažėja. Varantieji ratai mažiau „grimzta“ į dirvą, sumažėja vėžių gylis ir traktoriaus pasipriešinimas judėjimui. Pavyzdžiui, 8–12 cm ratų vėžės gylis atitinka 10 % įkalnę. Didėjant padangų kontakto su dirva

plotui, gerėja jų sukibimas su dirva, todėl susidaro galimybė realizuoti didesnę traukos galią [10, 13].

Traktorių su pneumatinėmis padangomis išvystoma traukos jėga didėja, didėjant buksavimui ir didžiausia vertę pasiekia, esant buksavimui apie 20–25 % Daugiau buksuojant ji vėl pradeda mažėti [7, 8, 13]. Varančiųjų ratų buksavimas paprastai neturėtų viršyti 15 %, priešingu atveju intensyviai ardoma dirva. Vertinant ekonominiu požiūriu buksavimas turėtų būti ne didesnis kaip 15 % minkštoje, purioje dirvoje, o kietoje, nepurentoje (pvz., ražienoje) – 8÷10 %. [7, 13, 14]. Jei varomieji ratai dirvoje buksuoja mažai (mažiau kaip 6–8 %), taip pat negerai, nes neišnaudojama traukos galia, ir didėja energijos sąnaudos atlikto darbo vienetui. Buksavimas mažas – kai varomiesiems ratams tenka per didelė svorio jėga. Šiuo atveju, energija eikvojama pertekliniam svoriui pervežti bei dirvai slėgti, tad degalų sąnaudos gali padidėti iki 15 %. Degalų sąnaudos dėl perteklinio svorio vežimo ypatingai ženkliai didėja didinant dirbinį greitį [3, 6, 16, 17].

Traukos galia ir varančiųjų ratų buksavimas – tarpusavyje susiję veiksniai. Traktoriui važiuojant kietos dangos keliu pasipriešinimas riedėjimui mažesnis, kuo didesnis oro slėgis padangose. Važiuojant dirva, atvirkščiai, kuo mažesnis oro slėgis padangose, tuo seklesnės vėžės ir mažesnis pasipriešinimas riedėjimui. Traktoriui dirbant nedideliu greičiu (pvz., atliekant dirvos įdirbimo darbus), traukos jėgą riboja padangų kontakto su dirva plotas. Varantieji ratai negali perduoti visos variklio išvystomos galios dėl to, kad varančiųjų ratų sukibimas su dirva realizuoja mažesnio dydžio varančiąją jėgą [3, 9]. Norint padidinti varančiąją jėgą reikia gerinti varančiųjų ratų ir dirvos sukibimo sąlygas.

Visiškai kitokie rezultatai gaunami traktoriui dirbant didesniu greičiu. Pavyzdžiui, ražienoje dirbant didesniu kaip 15 km/val. greičiu, traktoriaus traukos galią riboja variklio galia. Tai reiškia, kad beveik visą traktoriaus variklio galią galima paversti į traukos galią [6, 17]. Remiantis bandymų rezultatais, traktoriui dirbant bepakopio greičio reguliavimo režimu, variklis gali būti apkrautas beveik 100 % [3]. Suprantama, kad tokiose sąlygose balastiniai svoriai nebeduoda papildomo efekto. Taigi, koks teigiamas efektas gaunamas naudojant balastinius svorius priklauso ir nuo traktoriaus darbinio greičio. Žemės dirbimo priemonių optimalus darbo greitis apibrėžtas (dažniausia ne didesnis kaip 10–15 km/val.). Pz. greičiau ariant smarkiai didėja dinaminis poveikis į dirvą, žemė stipriai sviedžiama ir papildomai eikvojama energija [6]. Traktoriaus variklio galia ekonomiškiau išnaudojama didinant ne greitį, bet plūgo darbinį plotį. Balastiniai svoriai ir slėgis padangose – du paprasčiausi būdai traukos galiai padidinti. Kokį balastinį svorį ir kokį slėgį padangose reikia nustatyti, priklauso dar ir nuo darbinio greičio [6, 8, 11, 12].

Jeigu traukos galia nepakankama dėl pernelyg mažo padangų ir dirvos kontaktinio ploto, tuomet reikia mažinti slėgį padangose ir didinti balastinį svorį. Tačiau negalima pamiršti apie pernelyg didelį dirvos suslėgimą (dėl balastinių svorių).

Jeigu traukos galią riboja variklio galia, pvz., esant didesniems darbiniais greičiams ir geresnio ratų sukibimo sąlygoms, tuomet reikia mažinti slėgį padangose. Tai leidžia sumažinti traktoriaus galios nuostolius riedėjimui [9, 11].

Traktoriaus darbo rodiklių balastinių masių dydžio, ir oro slėgio padangose sąsajos priklausomybių techninėje ir mokslinėje literatūroje beveik nesutinkama. Tuo tarpu, nesusietų tarpusavyje tyrimų rezultatų apie oro slėgio padangose, balastinių masių dydžio įtaką traktoriaus varančiųjų ratų buksavimui bei degalų sąnaudoms gana daug [2, 7, 13, 15].

Dirvos fizinės ir mechaninės savybės yra labai įvairios ir nepastovios, todėl traktorių darbo dinaminis bei ekonominius rodiklis tenka nustatyti eksperimentiniu būdu [7, 8, 11, 13].

Tyrimų tikslas – ištirti 4x4 ir 4x2 traktoriaus balastinių masių ir oro slėgio varančiųjų ratų padangose dydžių įtaką degalų sąnaudoms atliekant arimo darbus.

Tyrimų objektas ir metodika

Traktoriaus balastinių masių ir oro slėgio varančiųjų ratų padangose dydžių įtakos degalų sąnaudoms tyrimams buvo sudarytas agregatas iš: traktorius „FORD 8340“, keturių korpusų, vartomo plūgo KONGSKILDE VARIANT VP – S. Plūgas buvo nustatytas 1,75 m arimo pločiui ir 0,20 m arimo gyliui. Traktoriaus padangos: užpakalinės 16,8R38 „DNEPROSHINA“, priekinės – 13,6R28 „ALLIANCE“. Visi tyrimai buvo atliekami traktoriui važiuojant 3H pavara, vidutiniais variklio sūkiiais – $1610 \pm 20 \text{ min}^{-1}$. Tyrimai atlikti traktoriaus priekyje montuojant – 520, 360, 200 kg balastines mases ir be balastinių masių, esant oro slėgiams varančiųjų ratų padangose – 2,5; 2,0 ir 1,5 bar.

Tyrimai buvo atlikti kviečių ražienos priemolio lauke, kurio 10 cm gylyje dirvos drėgnis buvo $17 \pm 1,3 \%$, kietumas $1,14 \pm 0,06 \text{ MPa}$. Tyrimai buvo atliekami važiuojant pirmyn ir atgal ir iš gautų rezultatų vedamas vidurkis. Pakartojimų skaičius – 3.

Bandymų metu buvo matuojami variklio sūkiiai, degalų sąnaudos, traktoriaus tikrasis greitis, traukos jėgos sąlyginis rodiklis ir laikas. Matuojamų ir apskaičiuojamų rodiklių vidutinės reikšmės (15 s tarpsniais) buvo registruojamos laiko atžvilgiu ir užrašomos duomenų kaupiklyje. Duomenų kaupiklyje sukaupti duomenys skaitmenine forma buvo perkelti į kompiuterį, į Microsoft Excel programą (1 pav.).

1 paveiksle matyti, kad Microsoft Excel programos lange A stulpelyje pateikiami duomenų registracijos laiko, B ir C – atitinkamai, dešiniojo ir kairiojo traukos jėgos matavimo pirštų, D – faktinio greičio, G – degalų sąnaudų, H – variklio sūkių rodmenys. 956–969 eilutėse – arimo proceso duomenys viena važiavimo kryptimi. 970 – eilutėje viršuje pateikto važiavimo duomenų vidurkiai. 971–974 eilutėse – apsisukimas galulaukėje. 975-xxx eilutėse – arimo proceso duomenys kita važiavimo kryptimi. Taip, nepertraukiamai užrašomi viso tiriamo laikotarpio rodikliai.

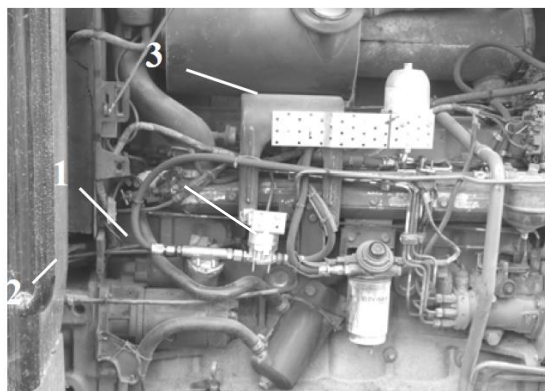
Tyrimų aparatūra. Duomenų registratorius – kaupiklis SKRT–21 Lite su elektroniniu laikrodžiu ir programine įranga SKRT–MANAGER. (Parametrų matavimo, vidutinių reikšmių apskaičiavimo ir išsaugojimo periodas programuojamas nuo 5 iki 180 sek. Atmintinės talpa, įrašant kas 60 sek., – vienas mėnuo.)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
954	13/09/11 17:26:13	74.9	59.4	3.1	4.8	905	13.8	4.93	37.06
955	13/09/11 17:26:28	72.2	41.7	5.3	7.2	1228	13.8	6.68	20.70
956	13/09/11 17:26:43	74.2	38.5	7.9	12	1580	13.9	8.60	8.13
957	13/09/11 17:26:58	74.2	38.4	7.7	13.2	1588	13.9	8.64	10.91
958	13/09/11 17:27:13	74	39.1	7.7	14.4	1580	13.9	8.60	10.46
959	13/09/11 17:27:28	73.9	39.1	7.7	13.2	1577	13.9	8.58	10.29
960	13/09/11 17:27:43	74.5	39	7.9	13.2	1602	13.9	8.72	9.39
961	13/09/11 17:27:58	74.7	38.5	8.2	13.2	1610	13.9	8.76	6.42
962	13/09/11 17:28:13	74.1	38.6	7.7	14.4	1605	13.9	8.74	11.85
963	13/09/11 17:28:28	74	38.9	7.9	13.2	1612	13.9	8.77	9.96
964	13/09/11 17:28:43	73.9	39	7.7	14.4	1613	13.9	8.78	12.29
965	13/09/11 17:28:58	74.5	38.2	7.9	14.4	1625	13.9	8.84	10.68
966	13/09/11 17:29:13	74.5	39	7.9	14.4	1628	13.9	8.86	10.84
967	13/09/11 17:29:28	73.4	39	7.9	13.2	1626	13.9	8.85	10.73
968	13/09/11 17:29:43	73.6	39.2	7.9	13.2	1628	13.9	8.86	10.84
969	13/09/11 17:29:58	74.5	38.3	7.9	14.4	1622	13.9	8.83	10.51
970		74.14	38.77	7.85	13.63	1607	13.90	8.75	10.24
971	13/09/11 17:30:13	79.3	63.1	3.1	4.8	798	13.9	4.34	28.62
972	13/09/11 17:30:28	85.2	65.2	3.1	3.6	763	13.9	4.15	25.35
973	13/09/11 17:30:43	71.5	53.7	5.3	6	1082	13.9	5.89	10.00
974	13/09/11 17:30:58	60.5	51.2	7.2	12	1518	13.9	8.26	12.85
975	13/09/11 17:31:13	60.8	51.6	7.9	14.4	1596	13.9	8.69	9.05
976	13/09/11 17:31:28	60.4	50.7	7.7	14.4	1595	13.9	8.68	11.30
977	13/09/11 17:31:43	59.3	50.7	7.7	14.4	1601	13.9	8.71	11.63
978	13/09/11 17:31:58	58.2	50.6	7.9	15.6	1628	13.9	8.86	10.84
979	13/09/11 17:32:13	57.6	50.7	8.2	14.4	1628	13.9	8.87	7.77

1 pav. Duomenų vaizdas į Microsoft Excel programoje.

Fig 1. The data view in to Microsoft Excel program (sample).

Degalų matavimui sumontuota: degalų matavimo skaitiklis – VZO 4, pagamintas Šveicarijoje (Aquametro), matavimo tikslumas $\pm 2\%$; degalų aušinimo radiatorius; oro separatorius; filtras; „Hansa-flex“ firmos hidraulinės žarnos ir jungtys prietaisų sujungimui (2 pav.).



2 pav. Įranga degalų matavimui: 1 – degalų matavimo skaitiklis; 2 – filtras; 3 – oro separatorius; 4 – degalų aušinimo radiatorius.

Fig 2. Measuring instruments of fuel: 1 – meter of fuel; 2 – filter of fuel; 3 – air separator; 4 – radiator to get cool of fuel.

Variklio sūkių ir važiavimo greičio matavimui panaudoti traktoriuje įrengti jutikliai. Traktoriaus tikrasis greitis buvo matuojamas gamykloje sumontuotu radaru. Jie buvo prijungti prie traktoriuje sumontuotos SKRT prietaisų sistemos. Visų prietaisų kalibravimas buvo atliktas pagal standartines metodikas. Paklaidos dydis neviršijo ± 2 %. Oro slėgis padangose matuojamas etaloniniu manometru MZM, kurio matavimo ribos nuo 0 iki 2,5 bar. Tikslumas 0,5 %.

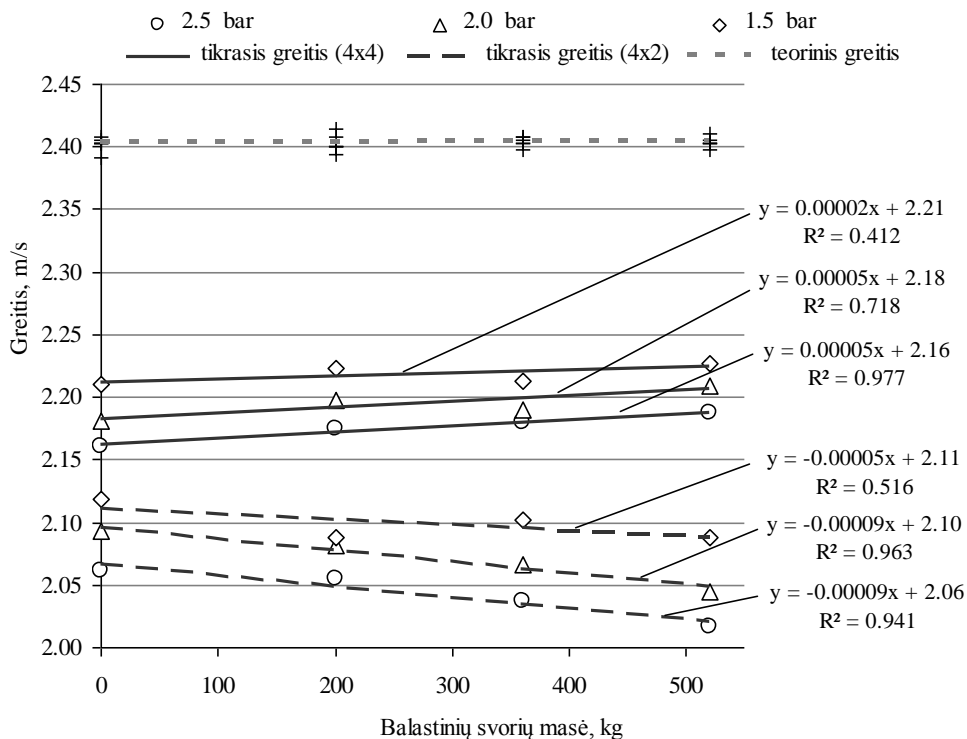
Dirvos kiečio matavimams naudotas prietaisas „PENETROLOGGER“ Zon-davimo strypas 80 cm, matavimo diapazonas 0-1000 N, tikslumas 1 N. Dirvos drėgnio matavimams naudotas drėgnio matuoklis ML2x-UM-1.21. Matavimo diapazonas 0 iki $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Tikslumas $\pm 0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, esant temperatūrai 0–40 °C.

Tyrimų rezultatai

Traktoriaus balastinių masių dydžių ir oro slėgio varančiųjų ratų padangose įtakos darbinio greičio kitimui rezultatai, atliekant arimą agregatu, sudarytu iš trakto-rius „FORD 8340“, ir plūgo „KONGSKILDE VARIANT VP – S“, patekti 3 pa-veiksle. Šie tyrimai buvo atlikti keičiant balastinių masių dydį (traktoriaus prieky-je) ir oro slėgį varančiųjų ratų padangose, traktoriui važiuojant 3H pavara, $1610 \pm 20 \text{ min}^{-1}$ variklio sūkais, ariant $0,20 \pm 0,012 \text{ m}$ gyliu. Tyrimai buvo atliekami su išjungtu ir įjungtu traktoriaus priekiniu varančiuoju tiltu, užblokuotais diferencია-lais. Traktoriaus teorinio greičio kitimas priklauso nuo variklio sūkių kitimo. Tyri-mų metu teorinis greitis buvo išlaikomas $2,40 \pm 0,01 \text{ m s}^{-1}$. Tikrasis greitis, priklausomai nuo oro slėgio varančiųjų ratų padangose bei balastinių masių dydžio, ariant su išjungtu priekiniu tiltu kito tarp $2,02$ – $2,12 \text{ m s}^{-1}$ (3 pav.). Ariant su įjungtu trak-toriaus priekiniu varančiuoju tiltu – $2,16$ – $2,23 \text{ m s}^{-1}$. Tikrasis greitis sumažėjo dėl traktoriaus buksavimo. Traktoriaus buksavimo priklausomybių nuo traktoriaus balastinių masių dydžio ir slėgio varančiųjų ratų padangose tyrimo rezultatai patek-ti 4 paveiksle.

Kaip matyti iš 4 paveikslo didinant balastinių masių dydį varančiųjų ratų buksavimas visais atvejais, ariant su įjungtu traktoriaus priekiniu varančiuoju tiltu, mažėjo, o ariant su išjungtu priekiniu tiltu – didėjo. Ariant su įjungtu priekiniu varančiuoju tiltu balastinės masės traktoriaus priekyje didinimas nuo 0 iki 520 kg buksavimą vidutiniškai sumažino apie 1 %. Esant oro slėgiui padan-gose 2,5 bar, keičiant balastinių masių dydį nuo 0 iki 520 kg buksavimas vidutiniškai sumažėjo nuo 9,9 iki 9,0 %. Kai oro slėgis padangose buvo 2,0 bar – buksavimas sumažėjo nuo 9,4 iki 8,0 %. Kai oro slėgis padangose buvo 1,5 barų – nuo 8,0 iki 6,9 %. Oro slėgio padangose sumažinimas nuo 2,5 bar iki 1,5 bar buksavimą vidutiniškai sumažino beveik 2 %.

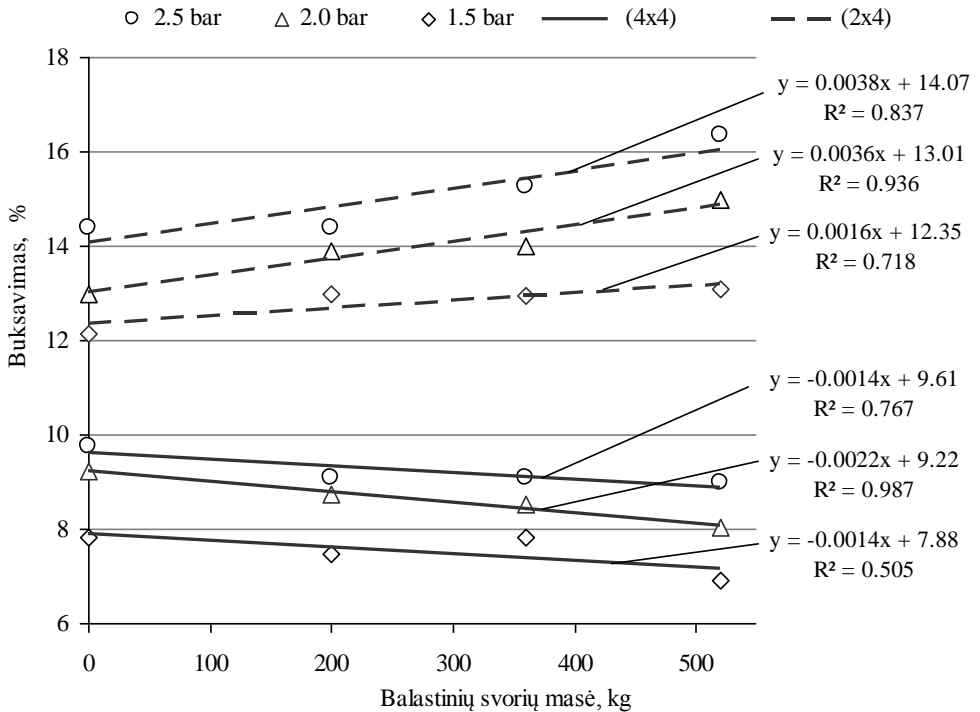
Iš 4 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad visų bandymų metu traktoriaus buksavimas kito tarp 7–16 %. Praktiškai neperžengė leistinos didžiausio buksavi-mo (15 %) ribos. Vidutinio drėgnumo ir kietumo priemolio ražienoje tokio dydžio buksavimas atitinka pakankamą varančiųjų ratų sukibimą su dirva [2, 7, 11].



3 pav. Traktoriaus tikrojo greičio kitimo priklausomybės nuo balastinių masių dydžio, esant įvairiems slėgiams padangose.

Fig. 3. Tractor actual speed dependence on extra weights at different air pressure in the tyres.

Ariant su išjungtu priekiniu varančiuoju tiltu balastinės masės traktoriaus priekyje didinimas nuo 0 iki 520 kg buksavimą vidutiniškai padidino 1–2 % (4 pav.). Esant oro slėgiui padangose 2,5 bar, keičiant balastinių masių dydį nuo 0 iki 520 kg buksavimas padidėjo nuo 14,0 iki 16,0 %. Kai oro slėgis padangose buvo 2,0 barai – buksavimas padidėjo nuo 12,9 iki 14,8 %. Kai oro slėgis padangose buvo 1,5 barų – nuo 12,4 iki 13,2 %. Oro slėgio padangose sumažinimas nuo 2,5 iki 1,5 bar buksavimą sumažino 1,8–3,0 %. Apie 1,8 % ariant be balastinės masės traktoriaus priekyje ir apie 3,0 % ariant su 520 kg masės balastiniais svoriais traktoriaus priekyje.



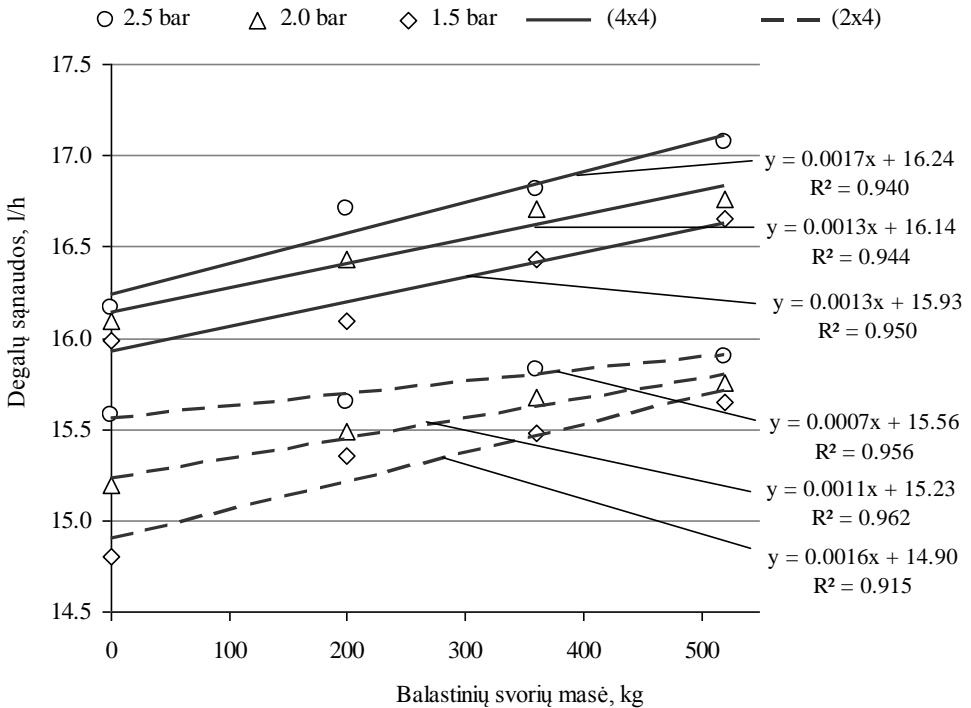
4 pav. Traktoriaus buksavimo priklausomybės nuo balastinių masių dydžio, esant įvairiems slėgiams padangose.

Fig.4. Tractor slippage dependence on extra weights at different air pressure in the tyres.

Valandinių degalų sąnaudų priklausomybių nuo balastinių masių dydžio traktoriaus priekyje ir oro slėgio varančiųjų ratų padangose tyrimo rezultatai patekti 5 paveiksle.

Kaip matyti iš 5 paveikslo, didinant balastinių masių dydį valandinės degalų sąnaudos didėja, ir mažėja mažinant slėgį padangose tiek su įjungtu ir išjungtu priekiniu varančiuoju tiltu. Esant oro slėgiui padangose 2,5 bar, keičiant balastinių masių dydį nuo 0 iki 520 kg valandinės degalų sąnaudos, esant įjungtam priekiniam varančiajam tiltui padidėjo beveik 1,0 l/h ir apie 0,3 l/h, esant išjungtam priekiniam tiltui. Kai oro slėgis padangose buvo 1,5 bar, esant įjungtam priekiniam varančiajam tiltui padidėjo apie 0,7 l/h ir apie 0,8 l/h, esant išjungtam priekiniam tiltui. Oro slėgio padangose sumažinimas nuo 2,5 iki 1,5 bar valandines degalų sąnaudas sumažino 0,3–0,75 l/h. Apie 0,3 l/h ariant be balastinės masės, esant įjungtam priekiniam tiltui ir esant išjungtam priekiniam tiltui sumontavus 520 kg balastines mases. Apie 0,75 l/h ariant be balastinės masės, esant išjungtam priekiniam tiltui. Traktoriaus valandinių degalų sąnaudų didėjimą, didėjant balastinių masių dydį ir slėgį padangose, galima susieti su paties traktoriaus pasipriešinimo judėjimui didėjimu, kadangi arimo proceso režimai tyrimų metu buvo nekeičiami

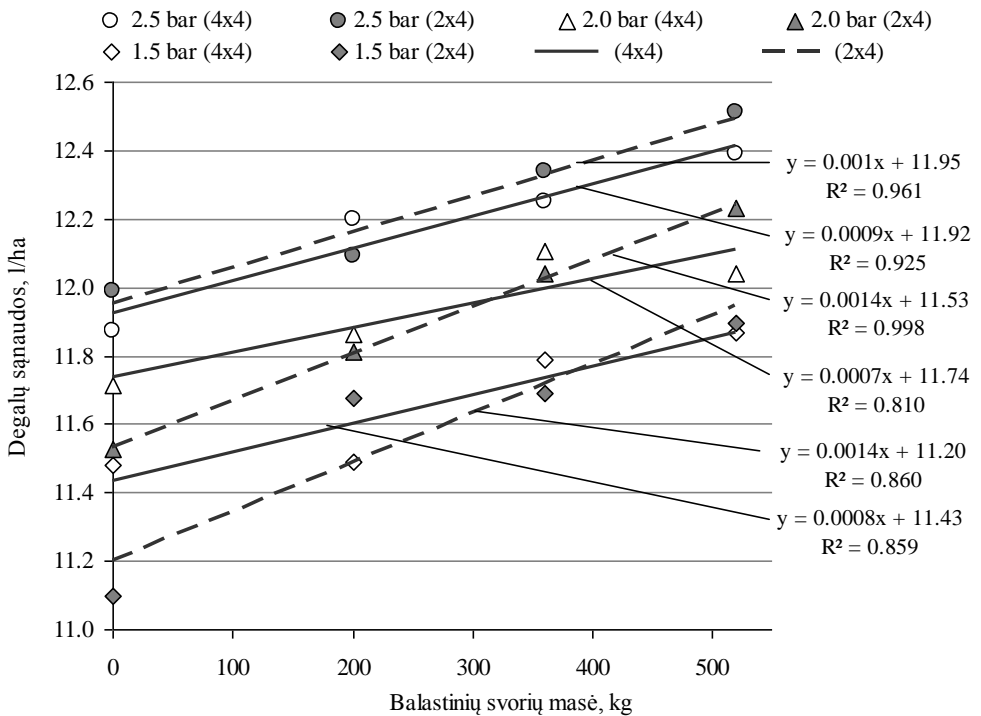
(pastovūs). 6 paveiksle pateiktos degalų sąnaudų hektarui priklausomybės nuo traktoriaus balastinių masių dydžio ir oro slėgio varančiųjų ratų padangose.



5 pav. Traktoriaus valandinių degalų sąnaudų priklausomybės nuo balastinių masių dydžio, esant įvairiems slėgiams padangose.

Fig.5. Hourly fuel consumption of tractor dependence on extra weights at different air pressure in the tyres.

Kaip matyti iš 6 paveikslo, didinant balastinių masių dydį degalų sąnaudos hektarui didėja, ir mažėja mažinant slėgį padangose tiek su įjungtu tiek su išjungtu priekiniu varančiuoju tiltu. Esant oro slėgiui padangose 2,5 bar, keičiant balastinių masių dydį nuo 0 iki 520 kg degalų sąnaudos hektarui padidėjo apie 0,5 l/ha, esant tiek įjungtam tiek išjungtam priekiniam varančiajam tiltui. Darbas su įjungtu priekiniu varančiuoju tiltu degalų sąnaudas hektarui sumažino vidutiniškai apie 0,1 l/ha. Esant mažesniems oro slėgiui padangose didinant balastinių masių dydį nuo 0 iki 520 kg degalų sąnaudos hektarui didėjo intensyviau. Esant oro slėgiui padangose 1,5 bar degalų sąnaudos hektarui padidėjo apie 0,4 l/ha (nuo 11,42 iki 11,85 l/ha), esant įjungtam priekiniam varančiajam tiltui ir apie 0,75 l/ha (nuo 11,2 iki 11,95 l/ha) esant išjungtam priekiniam tiltui. Oro slėgio padangose sumažinimas nuo 2,5 iki 1,5 bar degalų sąnaudas hektarui sumažino 0,5–0,75 l/ha. Apie 0,5 l/ha ariant su įjungtu priekiniu tiltu nepriklausomai nuo balastinės masės dydžio. O esant išjungtam priekiniam tiltui apie 0,75 l/ha ariant be balastinės masės, ir apie 0,5 l/ha sumontavus 520 kg balastines mases traktoriaus priekyje.



6 pav. Traktoriaus degalų sąnaudų hektarui priklausomybės nuo balastinių masių dydžio, esant įvairiems slėgiams padangose.

Fig.6. Hectare fuel consumption of tractor dependence on extra weights at different air pressure in the tyres.

Išanalizavus traktoriaus buksavimo tyrimų rezultatus pateiktus 4 paveiksle ir degalų sąnaudų hektarui – 6 paveiksle matyti, kad pakankamo sukibimo sąlygomis traktoriaus buksavimą mažina priekinio tilto įjungimas, oro slėgio varančiųjų ratų padangose mažinimas bei balastinių masių didinimas. Mažiausiai efektyvi priemonė – balastinių masių didinimas. Ekonominiu požiūriu efektyviausia priemonė yra oro slėgio varančiųjų ratų padangose mažinimas.

Išvados

1. Pakankamo sukibimo sąlygomis traktoriaus buksavimą mažina priekinio tilto įjungimas, oro slėgio varančiųjų ratų padangose mažinimas bei balastinių masių didinimas, tačiau priekinio tilto įjungimas bei balastinių masių didinimas kai kuriais atvejais gali padidinti degalų sąnaudas hektarui.

2. Ariant ražieną, kurios 10 cm gylyje dirvos drėgnis $17 \pm 1,3 \%$, kietumas $1,14 \pm 0,06$ MPa, traktoriui su įjungtu priekiniu varančiuoju tiltu buksuojant 7–10 %, balastinės masės traktoriaus priekyje didinimas nuo 0 iki 520 kg buksa-

vimą vidutiniškai sumažino apie 1,0 % ir degalų sąnaudos hektarui padidino 0,5 l/ha.

3. Ariant ražieną, kurios 10 cm gylyje dirvos drėgnis $17 \pm 1,3$ %, kietumas $1,14 \pm 0,06$ MPa, traktoriui su išjungtu priekiniu varančiuoju tiltu buksuojant 7–10 %, oro slėgio padangose sumažinimas nuo 2,5 iki 1,5 bar buksavimą vidutiniškai sumažino 2% ir degalų sąnaudas hektarui sumažino 0,5 l/ha.

4. Ariant ražieną, kurios 10 cm gylyje dirvos drėgnis $17 \pm 1,3$ %, kietumas $1,14 \pm 0,06$ MPa, traktoriui su išjungtu priekiniu varančiuoju tiltu buksuojant 12–17 %, balastinės masės traktoriaus priekyje didinimas nuo 0 iki 520 kg buksavimą vidutiniškai padidino 1–2 % ir degalų sąnaudos hektarui – 0,55–0,75 l/ha.

5. Ariant ražieną, kurios 10 cm gylyje dirvos drėgnis $17 \pm 1,3$ %, kietumas $1,14 \pm 0,06$ MPa, traktoriui su išjungtu priekiniu varančiuoju tiltu buksuojant 12–17 %, oro slėgio padangose sumažinimas nuo 2,5 iki 1,5 bar buksavimą vidutiniškai sumažino 2–3 % ir degalų sąnaudas hektarui – 0,5–0,75 l/ha.

6. Mažiausios arimo technologinio proceso degalų sąnaudos (5,55 l/ha), ariant ražieną, kurios 10 cm gylyje dirvos drėgnis $17 \pm 1,3$ %, kietumas $1,14 \pm 0,06$ MPa, yra traktoriui be balastinių masių su išjungtu priekiniu varančiuoju tiltu buksuojant 12–13 %, kai oro slėgio padangose yra sumažintas (1,5 bar).

Literatūros sąrašas

1. 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.
2. 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.
3. Molari, G., Bellentani, L., Guarnieri, A., Walker, M., Sedoni, E. Performance of an agricultural tractor fitted with rubber tracks. *Biosystems engineering*, 2012. 111, 57–63.
4. 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.
5. 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.
6. Peca, J. O., Serrano, J. M., Pinheiro, A., Carvalho, M., Nunes, M., Ribeiro, L., et al. Speed advice for power efficient drawbar work. *Journal of Terramechanics*, 2010. 47, 55–61.
7. 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.

8. Szente, M. Slip calculation and analysis for four-wheel drive tractors. *Járművek és Mobilgépek*, II.évf., 2009. 5, 404–424.
9. Beneš, L.; Kaloč, R.; Minar, L. A new approach to the analysis of the contact surfaces of rolling kinematic couple. *Transport*, 2010. 25(4), 382–386.
10. Sapragnonas, J.; Dargužis, A. Model of radial deformations of protector of vehicle tire. *Mechanika*, 2011. 17(1), 21–29.
11. Pranav, P. K.; Pandey, K. P. Computer simulation of ballast management for agricultural tractors, *Journal of Terramechanics*, 2008, 45(6), p. 193–200.
12. Janulevičius, A.; Giedra, K.. Tractor ballasting in field work. *Mechanika*, 2008, Nr. 5(73), p. 27–34.
13. Sumer, S. K.; Sabancı, A. Effects of different tire configurations on tractor performance. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2005. 29(6), 461–468.
14. Коваль, А. А.; Самородов, В. Б. Крюковая нагрузка и основные технико-экономические показатели колесного трактора, *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 2007. Nr. 6, с. 15–17.
15. Stoilov, S.; Kostadinov, G. D. Effect of weight distribution on the slip efficiency of a four-wheel-drive skidder. *Biosystems engineering*, 2009. 104, 486–492.
16. 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.
17. Putnieks, U. Consumption of fuel depending on automobile load, *Agricultural engineering*, 2010. 42(2-3), 214–221.

Vidas Damanauskas, Algirdas Janulevičius, Vaclovas Kurkauskas,
Gediminas Pupinis

INVESTIGATION OF TRACTOR PERFORMANCE DURING PLOUGHING OPERATION

Abstract

This paper provides an overview of possibility for reduction tractor’s fuel consumption and slippage of driving wheels in real operating conditions. Analysis of tractor slippage and fuel consumption reduction methods and tools were done during ploughing operation. A soil physical and mechanical property varies much, therefore value of driving wheels slippage and fuel consumption tractor has to be determined experimentally. Accredited, that dependence of driving wheel slippage must be taken in account for evaluation its influence on tractor aggregate fuel consumption at any work condition.

Driving wheel slippage and fuel consumption investigation results during ploughing operation applications were carried out using a tractor “FORD 8340” and plough „KONGSKILDE VARIANT VP – S“. During investigation the extra

weights (from 0 to 520 kg) at the front of the tractor and air pressure (from 2,5 to 1,5 bar) in the tyres driving wheels was changed. During investigation tractor ran turned on and off with the front drive axle in 3Hth gear and at $1610 \pm 20 \text{ min}^{-1}$ engine speed

Tractor work parameter, tyre air pressure in driving wheels and extra weights of front tractor dependence analysis results was presented. Experimentally reasoned optimal values of front tractor extra weight and tyre air pressure of driving wheels, which has an influence to suitable 7-15% slippage of driving wheels and minimum fuel consumption during the ploughing operation application.

Tractor, slippage, fuel consumption, extra weights, air pressure in the tyres, driving axle, ploughing.

Видас Даманаускас, Алгирдас Янулявичюс, Вацловас Куркаускас,
Гедиминас Пупинис

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРАКТОРА ПРИ ПАХОТНЫХ РАБОТАХ

В статье описывается эксплуатационные опыты в реальных условий труда. Изучается возможности уменьшения буксования трактора и потребления топлива при пахотных работах. Физические и механические свойства почвы очень разнообразны, поэтому исследование буксования трактора и расхода топлива при этих работах должны исследоваться экспериментально. Для решения этих проблем должны быть определены зависимости влияния буксования колес на расход топлива тракторного агрегата при пахотных работах.

В статье представлены результаты влияния буксования колес на расход топлива тракторного агрегата состоящего из трактора, Ford 8340, и плуга "KONGSKILDE ВАРИАНТ VP – С". Исследования проводились путем изменения масс тракторного балласта в передней части тракторного агрегата (от 0 до 520 кг), и давление воздуха в шинах (от 2,5 до 1,5 бар). Исследование проводились на 3Н передаче и при $1610 \pm 20 \text{ мин}^{-1}$ оборотах двигателя и при включенном и выключенном приводом переднего моста трактора. Представлены результаты анализа соотношения давление воздуха в шинах трактора и масс тракторного балласта передней части тракторного агрегата.

Результатами исследования обоснованы рациональные величины балластных масс в передней части тракторного агрегата и давление воздуха в шинах трактора, которые обуславливает оптимальное сцепление колес при 7-15% буксования ведущих колес и наименьший расход топлива при пахотных работах.

Трактор, буксования, расход топлива, балластные массы, давление воздуха в шинах, ведущий мост, вспашка.