

TRAKTORIAUS „4x4“ VARANČIŪJŲ RATŲ SĄVEIKOS SU KELIO PAVIRŠIUMI TYRIMAI

INVESTIGATION OF INTERACTION ROAD SURFACE WITH DRIVE WHEELS OF THE TRACTOR "4x4"

Vaclovas Kurkauskas, Vidas Damanauskas, Algirdas Janulevičius,
Gediminas Pupinis

Aleksandro Stulginskio universitetas Studentų 11, LT-53361, Akademija, Kauno r.
El. paštas: vaclovas.kurkauskas@gmail.com, damvid@gmail.com,
algirdas.januleviciu@asu.lt, pupinis@zebra.lt

Gauta 2012-06-30, pateikta spaudai 2012-08-07

Straipsnyje analizuojami traktorių 4x4 varančiųjų ratų sąveikos su kelio paviršiumi ypatumai. Apžvelgiama ratų vertikalios apkrovos ir oro slėgio padangose įtaka buksavimui bei traukos jėgai. Nagrinėjami traktoriaus „4x4“ priekinių ir užpakalinių varančiųjų ratų teoriniai greičiai, jų įtaka varančiųjų ratų sąveikai su kelio paviršiumi.

Straipsnyje pagrindžiama, kad traktoriaus „4x4“ varantysis momentas transmisijoje turėtų būti paskirstomas abiem varantiems tiltams proporcingai jų ratų kibumo koeficiento, vertikaliosios apkrovos ir riedėjimo spindulio sandaugoms.

Pateikiami traktoriaus „4x4“ eksploatuojamo su frontiniu krautuvu varančiųjų ratų sąveikos su kelio paviršiumi priklausomybių nuo ratų vertikalių apkrovų ir oro slėgio padangose eksperimentinių tyrimų rezultatai. Nustatyti ir pateikti optimalus oro slėgių užpakalinėse ir priekinėse padangose dydžiai traktoriui „4x4“ eksploatuojamam su frontiniu krautuvu.

Traktorius, varantieji ratai, buksavimas, slydimas, oro slėgis padangose ratų apkrova, frontinis krautuvai.

Įvadas

Traktorių (4x4) visi keturi ratai yra varantieji. Traktoriai su dviem varančiaisiais tiltais yra pranašesni lauko darbuose, dirbant puriose, drėgnose, užmirkusiose vietovėse, kadangi yra pravažesni, bet esant sausai kelio dangai nemažai energijos išekvojama priekinio varančiojo tilto pavaroje [1, 2].

Atliekant žemės ūkio darbus, ratiniai traktoriai intensyviai naudojami ištisus metus. Atsižvelgiant į darbo sąlygas, galima išskirti tris atskiras darbų grupes: darbai laukuose kai traktorių apkrautas didele traukos jėga (arimas, kultivavimas, sėja ir kt.), darbai pakankamo sukibimo sąlygomis didesniais

greičiais (transporto darbai) ir darbai, kai traktoriaus ratai apkraunami neproporcingomis, įvairiomis vertikaliomis apkrovomis (darbai su frontalinio krautuvu ir kt.) [3, 4, 5].

Dauguma 4x4 (su keturiais varančiaisiais ratais) traktorių pagaminti taip, kad užpakaliniams ratams statinėje būsenoje tektų 55–60 % visos traktoriaus masės. Traktorių bandytojai rekomenduoja išlaikyti tokio proporcingumo krūvio pasiskirstymą ir darbo metu. Jei tai nepavyksta, rekomenduojama siekti, kad priekinių/užpakalinių ratų vertikalių apkrovų proporcingumas nepakistų daugiau kaip 10 %. Be to, traktorių ratų vertikalių apkrovų turi užtikrinti gerą jų valdymą ir saugų darbą. Bet kuriuo metu traktoriaus priekinių ratų apkrova turi sudaryti ne mažiau kaip 20 % traktoriaus svorio jėgos [3, 6, 7].

Traktoriaus apkrauto traukos jėga varantieji ratai visuomet buksuoja, tik svarbiausia – kiek? Todėl tikrasis traktoriaus greitis v būna mažesnis už teorinį greitį v_r . Greičio nuostoliai įvertinami buksavimo dydžiu δ , % .

Buksavimą galima mažinti naudojant platesnius, sudvigubintus ratus, mažinant oro slėgį padangose ir didesne jėga varančiuosius ratus spaudžiant prie žemės. Mažinant slėgį padangose varančiųjų ratų atraminį plotą ir išvystomą traukos jėgą galima padidinti iki 20 % [8, 9, 10]. Kai kada galvojama, kad kuo mažesnis slėgis padangose, tuo didesnė traukos jėga. Tai teisinga tik dirbant puriose, šlapiose dirvose ir smėlynuose, kur dėl didesnio kontakto ploto, sumažėja padangos įgrimzdimas į gruntą, padidėja pravažumas ir traukos jėga. Esant didesniam slėgiui padangose, jos giliau klimpsta į dirvą. Pavyzdžiui, 10 cm ratų vėžės gylis atitinka 10 proc. įkalnę [10, 11, 12].

Padangų tarnavimo laikas, ekonomiškumas ir traktoriaus traukos jėga priklauso nuo oro slėgio padangose. Važiuojant keliu, slėgį padangose reikėtų padidinti. Važiuojant keliu didesniu greičiu slėgis padangose turėtų būti apie 1,4 – 1,6 baro [8, 11].

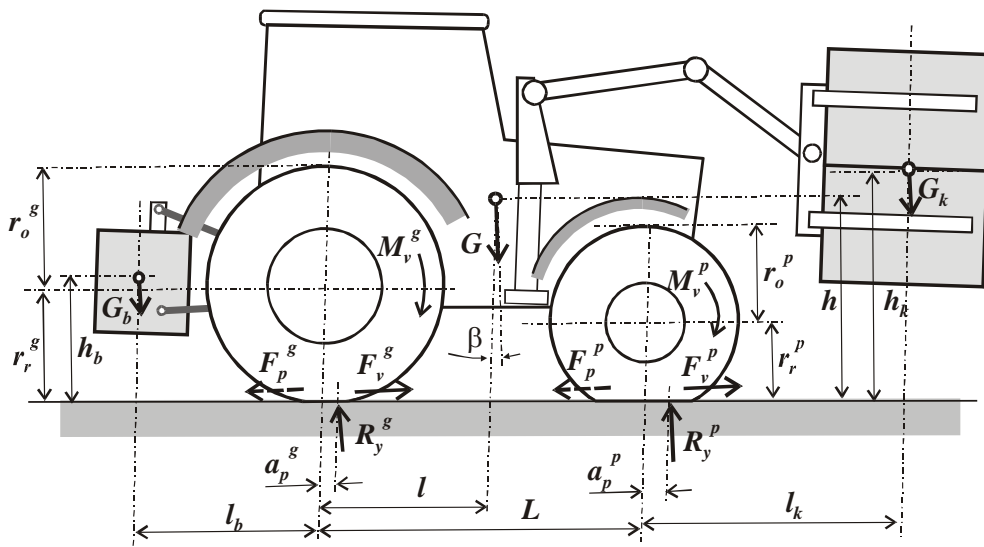
Yra nustatyta, kad teisingai parinktas slėgis mažina galios nuostolius susijusius su kontaktu, tarp kelio paviršiaus bei padangos, taip kontroliuojant slėgį padangose padidinamas sukibimas su kelio paviršiumi, todėl padidėja transporto priemonės varančioji jėga [5, 11]. Varijuojant slėgiais padangos kontakto plotą su kelio paviršiumi galima padidinti ar sumažinti iki dviejų kartų [1, 11]. Tačiau, deformuojantis padangoms keičiasi ratų riedėjimo spinduliai ir teoriniai greičiai. Neproporcingai vertikaliomis apkrovomis apkrauto traktoriaus „4x4“ priekinių ir užpakalinių ratų teoriniai greičiai būna skirtingi. Nors ratų teoriniai greičiai nevienodi, bet jie priversti judėti vienodu greičiu, lygiu traktoriaus darbo greičiui, nes tiltai tvirtai sujungti su traktoriaus liemeniu. Dėl šios priežasties traktoriaus priekiniai ir užpakaliniai ratai priversti buksuoti nevienodai, vieni jų gali netgi slysti. Dažnai tai pasireiškia traktoriaus „4x4“, dirbant su frontalinio krautuvu.

Tiltas, kurio ratų teorinis greitis didesnis, vadinamas skubančiuoju, kurio mažesnis – atsiliekančiuoju. Skubančiojo tilto ratai buksuoja daugiau negu atsiliekančiojo, kurie gali ir slysti. Nepalankiausias atvejis yra tada, kai atsiliekantieji ratai ne buksuoja, o slysta. Slystantys ratai nesukuria varančiosios jėgos, o priešinasi traktoriaus judesiui [1, 4, 13, 14].

Darbo tikslas: ištirti traktoriaus „4x4“ dirbančio su frontaliu krautuvu varančiųjų ratų sąveikos su kelio paviršiumi priklausomybes nuo ratų vertikalių apkrovų ir oro slėgio padangose.

Teorinė analizė

Traktoriaus „4x4“ dirbančio su frontaliu krautuvu varančiųjų ratų vertikalios apkrovos dažniausiai nėra proporcingos jų dydžiui, todėl sukimo momentai nevienodai pasiskirsto abiemis tiltams. Sakykim, traktorius „4x4“ dirba su frontaliu krautuvu lygioje vietovėje pastoviu greičiu (1 pav.).



1 pav. Traktorių veikiančių jėgų schema: G , G_b ir G_k bei h , l ; h_k , l_k ; h_b , l_b – traktoriaus, krovinio ir balasto masės svorių jėgos bei jų pridėjimo taškų koordinatės; R_y^p ir R_y^g – traktoriaus priekinių ir užpakalinių ratų atraminės reakcijos jėgos; F_v^p ir F_v^g – varančiosios jėgos; F_p^p ir F_p^g – pasipriešinimo judėjimui jėgos; M_v^p ir M_v^g – traktoriaus priekinių ir užpakalinių ratų varantieji momentai; r_o^p , r_o^g ir r_r^p , r_r^g – priekinių, užpakalinių ratų konstrukciniai ir riedėjimo spinduliai; a_p^p ir a_p^g – atstumai nuo rato ašies iki atraminės reakcijos jėgų; L – traktoriaus ratų bazė; β – traktoriaus poskyrio kampas dėl neproporcingos padangų deformacijos.

Fig. 1. Forces distribution scheme of the tractor.

Varantieji tiltai gauna pavarą nuo skirstymo dėžės. Užpakaliniams ir priekiniams ratams tenka sukimo momentai M_v^g ir M_v^p , kurių poveikyje šie ratai išvysto varančiąsias jėgas F_v^g ir F_v^p , kurios savo ruožtu lygios ratų pasipriešinimų judėjimui jėgoms F_p^g ir F_p^p [2, 14]. Užrašome jėgų balanso lygtį:

$$F_v^g + F_v^p = F_p^g + F_p^p, \quad (1)$$

Varančioji jėga gali būti apskaičiuota pagal lygtį: $F_v = M_e i_{tr} \eta_{tr} / r_r$. Tuo remiantis, jėgų balanso lygtį (1) galima užrašyti sekančiai:

$$M_e \left(i_{tr}^g \eta_{tr}^g / r_r^g + i_{tr}^p \eta_{tr}^p / r_r^p \right) = F_p^g + F_p^p, \quad (2)$$

čia M_e – variklio sukimo momentas; i_{tr}^g ir i_{tr}^p – transmisijos perdavimo skaičiai užpakaliniams ir priekiniams ratams; η_{tr}^g ir η_{tr}^p – transmisijos naudingumo koeficientai užpakaliniams ir priekiniams ratams; r_r^g ir r_r^p – užpakalinių ir priekinių ratų riedėjimo spinduliai.

Maksimalūs priekinio ir užpakalinio tiltų varančiųjų jėgų dydžiai priklauso nuo ratų sukibimo su dirva arba kelio dangą, o sukibimo jėgos priklauso nuo statmenųjų reakcijų į priekinius ir užpakalinius ratus R_y^g ir R_y^p dydžių [2, 13, 14].

Atsižvelgiant į maksimalias varančiąsias jėgas apskaičiuojama, kaip varantiesiems tiltams padalinti sukimo momentą [2, 3, 13, 14]. Maksimalūs šiuos tiltus veikiantieji momentai išreiškiami tokiomis lygtimis:

$$M_v^g = F_v^g r_r^g = \varphi^g R_y^g r_r^g, \quad (3)$$

$$M_v^p = F_v^p r_r^p = \varphi^p R_y^p r_r^p, \quad (4)$$

o jų santykis yra toks

$$M_v^g / M_v^p = \varphi^g R_y^g r_r^g / \varphi^p R_y^p r_r^p. \quad (5)$$

Taigi nustatėme, kad variklio sukurtas varantysis momentas traktoriaus „4x4“ transmisijoje turėtų būti paskirstomas abiemis tiltams proporcingai jų ratų kibumo koeficiento, vertikaliosios apkrovos ir riedėjimo spindulio sandaugoms. Tuomet abiejų tiltų ratai buksuotų vienodai, o ratų sukibimui būtų išnaudojama visa traktoriaus svorio jėga. Tačiau ne visomis sąlygomis tai galima pasiekti, todėl dažnai varantysis momentas paskirstomas abiemis tiltams pagal realų šiomis sąlygomis jiems tenkantį pasipriešinimą [2, 6, 13, 14]. Traktoriaus „4x4“, dirbančio su frontaliu krautuvu, vertikalios ratų apkrovos paprastai kinta neproporcingai. To pasekoje, nevienodai deformuojasi padangos ir priekinių bei užpakalinių varančiųjų ratų teoriniai greičiai būna skirtingi. Kai teoriniai greičiai yra skirtingi, tikrieji priekinių ir užpakalinių ratų greičiai gali suvienodėti, tik esant nevienodam jų ratų buksavimui. Galima parašyti tokią greičio lygtį [2, 4]:

$$v = v_t^g (1 - \delta^g) = v_t^p (1 - \delta^p) \quad (6)$$

Prisiminus, kad rato teorinis greitis yra lygus jo riedėjimo spindulio ir kampinio greičio sandaugai 10 lygtį galima perrašyti sekančiai:

$$r_r^g \omega^g (1 - \delta^g) = r_r^p \omega^p (1 - \delta^p) \quad (7)$$

Iš gautos (11) lygties galima matyti, kad traktoriui „4x4“ važiuojant nebus slystančių ratų, kai užpakalinių ir priekinių ratų riedėjimo spindulių santykis bus lygus transmisijos perdavimo iš priekinių į užpakalinius ratus skaičiui, $r_r^g / r_r^p = i_{tr}^{p \rightarrow g}$.

Tyrimų objektas ir metodika

Traktoriaus varančiųjų ratų sąveikos su keliu tyrimams atlikti buvo naudotas traktorius New Holland T 5060 su padangomis: priekinėmis – Contract AC 70 T / 380/70R24 / 125 A8; užpakalinėmis – Contract AC 70 T / 480/70R34 / 143 A8. Ant traktoriaus buvo sumontuotas frontalinis krautuvas MX 10 ir 500 kg balastinė masė ant užpakalinio hidraulinio keltuvo. Traktorius apkrovos schema pateikta 1 paveiksle.

Bandymai buvo atliekami kietos dangos horizontaliame, tiesiame kelyje. Traktoriaus apkrovimui, per frontalinį krautuva, buvo naudojami į plėvelę suvynioti šienainio rulonai. Jie buvo parinkti 500±10kg svorio. Bandymai atlikti sudarant slėgių (0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5 barai) visus derinius (kombinacijas) traktoriaus priekinėse – galinėse padangose. Su visais (dvidešimt penkiais) priekinių – užpakalinių padangų slėgių deriniais bandymai atlikti važiuojant be krovinio, transportuojant 500 kg (vieną šienainio ruloną) bei 1000 kg (du rulonus) masės krovinius. Krovinio padėtis traktoriaus atžvilgiu kito 10 cm ribose. Atstumas tarp krovinio masės centro ir traktoriaus galinės ašies – 5,4 m ($L+l_k = 5.4$ m, žr. 1 pav.), o atstumas tarp balastinės masės centro ir traktoriaus užpakalinės ašies – 1,0 m ($l_k = 1.0$ m, žr. 1 pav.). Visi bandymai buvo atlikti su įjungtu ir su išjungtu priekiniu tiltu, važiuojant tame pačiame kelio ruože, ta pačia kryptimi. Siekiant užtikrinti gautų rezultatų patikimumą buvo atliekami visų bandymų keturi važiavimai (pakartojimai).

Bandymų metu buvo matuojami atstumai, kuriuos nurieda priekiniai ir užpakaliniai traktoriaus ratai per 10 apsisukimus.

Atstumų matavimui buvo naudojamas lazerinis matuoklis Bosch PLR 50, kurio matavimo paklaida ± 2mm. Traktoriaus ratų vertikali apkrova buvo nustatoma elektroninėmis ašies svarstyklėmis WPD-2, paklaida 1 kg.

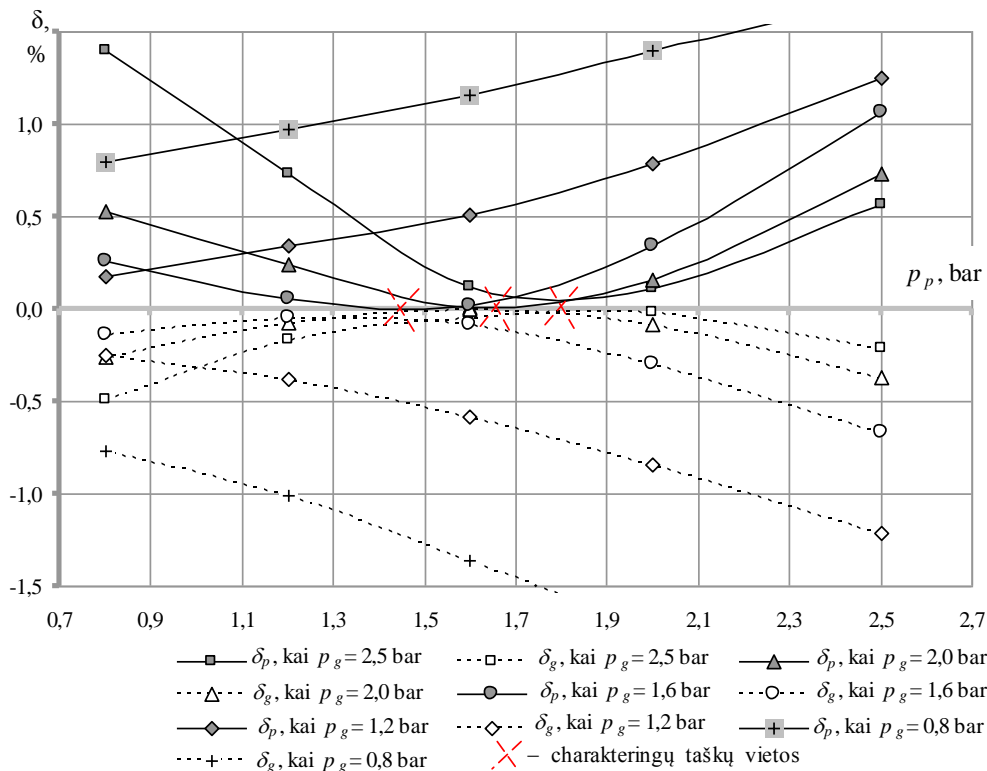
Traktoriaus priekinių ir užpakalinių ratų buksavimas (slydimas) buvo apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\delta = \frac{s_{4 \times 2} - s_{4 \times 4}}{s_{4 \times 2}} 100, \% \quad (8)$$

čia: $s_{4 \times 2}$ ir $s_{4 \times 4}$ - per 10 apsisukimų ratų nuriadėtas atstumas, esant išjungtam ir įjungtam priekiniam tiltui.

Tyrimų rezultatai

2 paveiksle patiktos priekinių ir užpakalinių ratų buksavimo (slydimo) priklausomybės nuo slėgio priekinėse padangose traktoriui važiuojant be krovinio, kai slėgis užpakalinėse padangose $p_g = 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5$ bar.



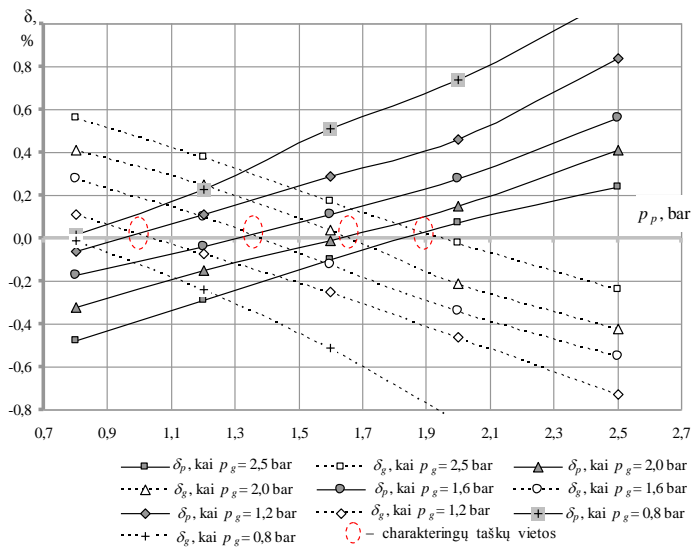
2 pav. Traktoriaus priekinių ir užpakalinių ratų buksavimo δ_p ir δ_g priklausomybės nuo slėgio priekinėse padangose p_p , važiuojant be krovinio, kai slėgis užpakalinėse padangose $p_g = 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5$ bar.

Fig.2. Tractor front and rear driving wheels' slippage δ_p and δ_g dependences on front tires' pressure p_p , while driving without load, when rear tires' pressure p_g was 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 and 2.5 bar.

Iš 2 paveiksle pateiktų priklausomybių matyti, kad traktoriui su frontaliniais krautuvažiuojant be krovinio (neapkrautam traukos jėga), daugumoje, priekiniai ratai buksavo, o užpakaliniai slydo. Pvz., priekiniai ratai buksavo apie 1,4 %, o užpakaliniai slydo apie 0,3 %, kai, atitinkamai, užpakalinėse ir priekinėse padangose buvo 2,5 ir 0,8 bar slėgiai. O užpakalinėse ir priekinėse padangose esant

vienodiems (2,5 bar) slėgiams priekiniai ratai buksavo apie 0,6 %, o užpakaliniai slydo apie 0,2 %. Užpakalinėse padangose esant 2,5 bar slėgiui priekiniai ir užpakaliniai ratai riedėjo be buksavimo ir slydimo kai priekinėse padangose buvo 1,8 bar slėgis (2 paveiksle ši vieta pažymėta charakteringo taško žymėjimu). Pratiesus tokią analizę iš 2 paveikslo galima nustatyti, kad traktoriui važiuojant be krovinio (ant frontalinio krautuvo) priekiniai ir užpakaliniai varantieji ratai rieda be buksavimo ir slydimo, kai užpakalinės ir priekinės padangos yra pripustos, atitinkamai: 2,5 ir 1,8; 2,0 ir 1,65; 1,6 ir 1,45 bar slėgiu (2 paveiksle šie taškai pažymėti charakteringų taškų žymėjimu).

3 paveiksle pateiktos priekinių ir užpakalinių ratų buksavimo (slydimo) priklausomybės nuo slėgio priekinėse padangose traktoriui vežant 500 kg krovinį ant frontalinio krautuvo, kai slėgis užpakalinėse padangose p_g – 0,8; 1,2; 1,6; 2,0 ir 2,5 bar.



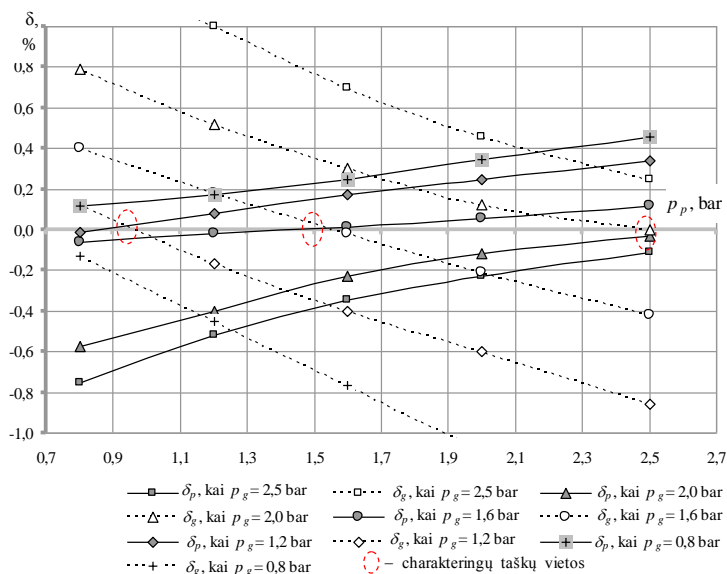
3 pav. Traktoriaus priekinių ir užpakalinių ratų buksavimo δ_p ir δ_g priklausomybės nuo slėgio priekinėse padangose p_p , vežant 500 kg krovinį, kai slėgis užpakalinėse padangose p_g – 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5 bar.

Fig.3. Tractor front and rear driving wheels' slippage δ_p and δ_g dependences on front tires' pressure p_p , while transporting 500 kg of load, when rear tires' pressure p_g was 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 and 2.5 bar.

Iš 3 paveikslo matyti, kad traktoriui vežant 500 kg krovinį (ant frontalinio krautuvo) priekiniai ir užpakaliniai varantieji ratai rieda be buksavimo ir slydimo, kai užpakalinės ir priekinės padangos yra pripustos, atitinkamai: 2,5 ir 1,9; 2,0 ir 1,85; 1,6 ir 1,35; 1,2 ir 1,0 bar slėgiu (3 paveiksle šie taškai pažymėti charakteringų taškų žymėjimu). Taip pat matyti, kad priklausomai nuo slėgių padangose tiek priekiniai tiek užpakaliniai varantieji ratai gali ir buksuoti ir slysti. Pvz., užpakalinėse padangose esant 2,0 bar slėgiui jie buksuoja, kai priekinėse

padangose slėgis didesnis už 1,7 bar ir slysta, kai priekinėse padangose oro slėgis mažesnis už 1,6 bar.

4 paveiksle patiktos priekinių ir užpakalinių ratų buksavimo (slydimo) priklausomybės nuo slėgio priekinėse padangose traktoriui vežant 1000 kg krovinį ant frontalinio krautuvo, kai slėgis užpakalinėse padangose $p_g = 0,8; 1,2; 1,6; 2,0$ ir $2,5$ bar.

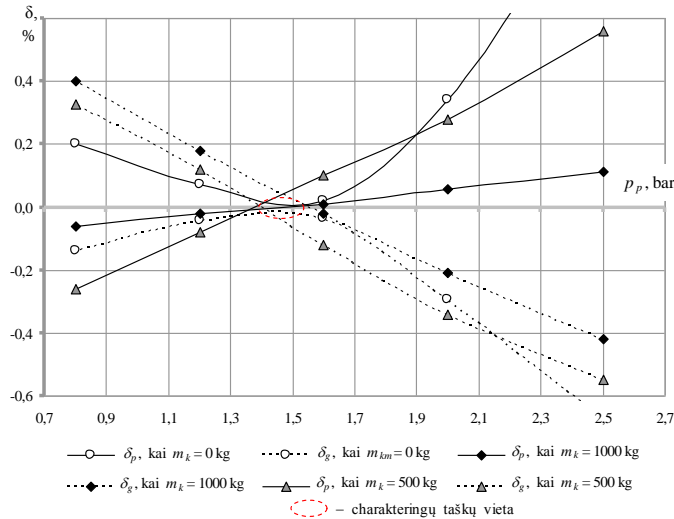


4 pav. Traktoriaus priekinių ir užpakalinių ratų buksavimo δ_p ir δ_g priklausomybės nuo slėgio priekinėse padangose p_p , vežant 1000 kg krovinį, kai slėgis užpakalinėse padangose $p_g = 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5$ bar.

Fig.4. Tractor front and rear driving wheels' slippage δ_p and δ_g dependences on front tires' pressure p_p , while transporting 1000 kg of load, when rear tires' pressure p_g was 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 and 2.5 bar.

Iš 4 paveikslo matyti, kad traktoriui vežant 1000 kg krovinį (ant frontalinio krautuvo) priekiniai ir užpakaliniai varantieji ratai rieda be buksavimo ir slydimo, kai užpakalinės ir priekinės padangos yra pripustos, atitinkamai: 2,0 ir 2,5; 1,6 ir 1,5; 1,2 ir 0,95; bar slėgiu (4 paveiksle šie taškai pažymėti charakteringų taškų žymėjimu). 2, 3 ir 4 paveiksluose pateikti tyrimų rezultatai rodo, kad traktoriui važiuojant be krovinio su 500 ir 1000 kg masės kroviniais (ant frontalinio krautuvo) priekinių ir užpakalinių varančiųjų ratų buksavimas ir slydimas yra artimas nuliui, kai oro slėgis užpakalinėse – 1,6 barai, o priekinėse padangose – 1,35–1,5 bar.

5 paveiksle patiktos priekinių ir užpakalinių ratų buksavimo (slydimo) priklausomybės nuo slėgio priekinėse padangose traktoriui važiuojant be krovinio, vežant 500 kg ir vežant 1000 kg krovinis ant frontalinio krautuvo, kai slėgis užpakalinėse padangose $p_g = 1,6$ bar.



5 pav. Traktoriaus priekinių ir užpakalinių ratų buksavimo δ_p ir δ_g priklausomybės nuo slėgio priekinėse padangose p_p , važiuojant be krovinio, vežant 500 kg ir vežant 1000 kg krovinius, kai slėgis užpakalinėse padangose $p_g = 1,6$ bar.

Fig. 5. Tractor front and rear driving wheels' slippage δ_p and δ_g dependences on front tires' pressure p_p , while driving without load, transporting 500 kg of load and transporting 1000 kg of load, when rear tires' pressure p_g was 1.6 bar.

Iš 5 pav. matyti, kad priklausomai nuo slėgių padangose teik priekiniai tiek užpakaliniai varantieji ratai gali ir buksuoti ir slysti. Užpakalinėse padangose esant 1,6 bar slėgiui priekinių ir užpakalinių varančiųjų ratų buksavimas ir slydimas yra artimas nuliui, kai oro slėgis o priekinėse – 1,35–1,5 bar. Traktoriui vežant 500–1000 kg krovinį (ant frontalinio krautuvo) kai priekinėse padangose slėgis mažesnis už 1,35 bar užpakaliniai ratai buksuoja ir slysta, kai priekinėse padangose oro slėgis didesnis už 1,5 bar.

Išvados

Traktoriui „4x4“ dirbant su frontalinio krautuvo, tinkamai neparinkus oro slėgių padangose, vieni varantieji ratai priverčiami buksuoti, o kiti slysti. Buksuoti ir slysti gali tiek užpakaliniai, tiek priekiniai varantieji ratai. Kurie iš jų buksuos ir kurie slys priklauso nuo oro slėgio padangose ir vežamo krovinio dydžio.

Traktoriui „New Holland T 5060“ (priekinės padangos – Contract AC 70 T / 380/70R24 / 125 A8; užpakalinės – Contract AC 70 T / 480/70R34 / 143 A8.) su frontalinio krautuvo „MX 10“ vežant nuo 0 iki 1000 kg krovinius varantieji ratai riedės minimaliai buksuodami ir neslysdami, esant oro slėgiams užpakalinėse padangose – 1,6 bar, o priekinėse – 1,4±0,1 bar.

Literatūra

1. Stoilov, S.; Kostadinov, G. Effect of weight distribution on the slip efficiency of a four-wheel-drive skidder, *Biosystems engineering*, 2009, 104, p. 486-492.
2. Vantsevich, V. V. Power losses and energy efficiency of multi-wheel driver vehicles: A method for evaluation, *Journal of Terramechanics*, 2008, 45(3), p. 89-101.
3. Janulevičius, A., Giedra, K. Vertikalios apkrovos ir oro slėgio padangoje įtakos rato sukibimui su dirva tyrimai, *Žemės ūkio inžinerija*, 2008, 40(1), p. 42-43.
4. Szente, M. Slip calculation and analysis for four-wheel drive tractors, *Járművek és Mobilgépek, II.évf. 2009, No.V*, p. 404-424.
5. Damanauskas, V., Janulevičius, A., Pupinis, G. Traktoriaus balastinių masių, oro slėgio padangose ir darbo rodiklių priklausomybių tyrimai sėjos darbuose, *Žemės ūkio inžinerija*, 2010, 42(2-3), p. 9-21.
6. Janulevičius, Algirdas; Giedra, Kazimieras. Tractor ballasting in field work, *Mechanika*, 2008, 5(73), p. 27-34.
7. 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.
8. Guskov, A.V. Optimization traction-grip properties of tractor tyres, *Tractors and Agricultural Machines*. 2007, 7, p. 19-21.
9. 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.
10. Air pressure, weight and fuel consumption: diesel savings of 10%. *Tractors Profi*, 2005, 9. –78p.
11. Махмудов М. М., Хафизов К. А. Оптимизация параметров колесного движителя, *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 2004, 2, с. 20-21.
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. Pranav, P. K.; Pandey, K. P. Computer simulation of ballast management for agricultural tractors, *Journal of Terramechanics*, 2008, 45(6), p. 193-200.
14. Sahay, C.S., Tewari, V.K. Computer simulation of tractor single-point drawbar performance, *Biosystems Engineering*, 2004, 88(4), p. 419-248.

Vaclovas Kurkauskas, Vidas Damanauskas, Algirdas Janulevičius,
Gediminas Pupinis

INVESTIGATION OF INTERACTION ROAD SURFACE WITH DRIVE WHEELS OF THE TRACTOR “4x4”

Abstract

This paper analyzes the 4x4-wheel drive tractors interaction with the road surface characteristics. An overview of the vertical wheel load and tire pressure influence slippage and traction force can be released. Analyzed Tractor 4x4 front and rear wheel speeds are theoretical and their influence on the driving wheel to interact with the road surface. The article substantiates the Tractor 4x4 driveline, drive torque to be distributed to both propulsion wheel axles in proportion to their stickiness factor of the vertical load and the rolling radius of the product.

Presented Tractor 4x4 with front loader operated wheel drive interaction with the road surface dependencies of the vertical wheel load and tire pressure experimental results. Identify and provide the optimum air pressure in the front and rear tire sizes tractor "4x4" operated with a front loader.

Tractor, driving wheel, slippage, sliding, air pressure in the tyres, wheel load, front loader.

Вацловас Куркаускас, Видас Даманаускас, Альгирдас Янулявичюс,
Гедиминас Пупинис

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА ТРАКТОРА “4X4” С ПОВЕРХНОСТЬЮ ДОРОГИ

Резюме

В статье анализируются особенности взаимодействия ведущего колеса с поверхностью дорожного покрытия тракторов “4x4”. Описывается влияние вертикальной нагрузки колеса и давления в шинах на проскальзывание ведущих колес и росту силы тяги. Анализируются теоретические скорости передних и задних колес и влияние скорости ведущих колеса трактора на взаимодействие с поверхностью дороги.

В статье обосновывается, что крутящий момент тракторов „4x4“, должен быть распределён на обе оси трактора пропорционально, в зависимости от коэффициента сцепления, величины вертикальной нагрузки и радиуса качения ведущих колес.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований тракторов „4x4“ с фронтальным погрузчиком. Представлены зависимости вертикальной нагрузки ведущих колес от давления в шинах. Выявлено

оптимальное давление воздуха в шинах передних и задних колес тракторов с трансмиссией 4x4 и фронтальным погрузчиком.

Трактор, ведущие колеса, буксование, скольжение, давление воздуха в шинах, нагрузка на колесо, колесные погрузчики