

DIDELIO ABRAZYVUMO DIRVOSE NAUDOJAMO GILUMINIO PURENTUVO DARBINIŲ ELEMENTŲ DILIMO TYRIMAS

Augustyn ŠOSTAK, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas augustyn.sostak@vdu.lt

Vytenis JANKAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas vytenis.jankauskas@vdu.lt

Santrauka

Šalčininkų raj. Jašiūnų sen. smėlėtose dirvose 2022 m. rugpjūtį atliktas giluminio purentuvo Kverneland CLC 300 darbo dalių (kaltų ir strėlinių noragėlių) dilimo tyrimas. Strėliniai noragėliai iki kritinės būklės vidutiniškai nudyla 21,2% savo masės ir sutrumpėja 27,0 mm, o tuo tarpu kaltai vidutiniškai nudyla apie 15,5% masės, t.y. tik 30% kaltų resurso. Plieninių kaltų dilimas yra proporcingas kietumui (kuo kietesnis kaltas, tuo nudilo mažiau), o noragėlių dilimas – atvirkščiai proporcingas kietumui (kietesni noragėliai dilo intensyviau). Plieno Hardox 450 ir 500 fragmentais atnaujintų strėlinių noragėlių dilimo skirtumų nenustatyta. Tyrime nustatytas labai didelis strėlinių noragėlių dilimo netolygumas – dilimą įtakoja dalies pozicijos purentuve (dėl skirtingo varančiųjų ratų dirvos sutankinimo, dėl dirvos dalinio išpurenimo pirmos padargo eilės darbo dalimis bei kt. priežasčių).

Reikšminiai žodžiai: dirva, giluminis purentuvas, kaltas, strėlinis noragėlis, kietumas, dilimas

Įvadas

Žmogaus gyvenimas ir veikla neišvengiamai sąlyti su dirva, gruntu ar uoliena.

Dirvos dirbimo mašinų išdirbį lemia daug veiksnių: konstrukciniai parametrai (dalių medžiagos, jų terminis apdirbimas, forma ir kt.) ir dirvos charakteristikos – sudėtis, struktūra, drėgnumas, kietumas ir kt., kurių valdyti praktiškai nėra galimybės. Didelės žemės dirbimo energetinės sąnaudos skatina kurti ir diegti minimalaus žemės dirbimo metodus, tačiau visiškai atsisakyti dirbimo nėra galimybės (Jankauskas, 2006).

Intensyvų dirvos dirbimo, taip pat kalnakasybos mašinų darbo dalių dilimą lemia didelis abrazyvo kietumas (kvarcinio smėlio – 1350 HV, granito – 1410 HV), ženkliai didesnis už termiškai apdirbtų plienų kietumą (400–550 HV) (Kalácska et al., 2020). Kuo anglingesnis plienas, tuo mažesnis jo abrazyvinis dilimas. Kuo termiškai apdirbant pasiekiamas didesnis plieno kietumas, tuo jis lėčiau dyla.

Žemės dirbimo, pasėlių priežiūros ar sėjos procesuose dažniausiai naudojamos mašinų dalys iš boru mikrolegiruotų plienų. Tokios dalys pasirenkamos racionaliais (ekonomiškais) sumetimais, pvz., lėkštės ar disko formos mašinų dalys gaminamos tik iš mikrolegiruotų boru plienų, grūdintų iki 40–50 HRC kietumo (Lorinczi et al., 2003). Tai mažesnio anglies kiekio (0,34–0,4 %) boru mikrolegiruoti plienai – Lubor 024/034 /044, SB27M12CB, Hardox 400/450/500/600, Domex Wear, Raex B27 ir kt. naudojami žemės ūkio mašinų, statybos, kalnakasybos mašinų darbo dalims, pramonės įrenginių korpusinėms detalėms gaminti (Bringas, 2004).

Visais atvejais pasirenkant žemės dirbimo mašinų dalis (įskaitant jų medžiagą) sprendimas daromas remiantis keliais kriterijais: santykinė kaina ploto vienetai įdirbti, reikiamas išdirbis, reikalingas našumas (leistinas prastovų detalių keitimui dydis) ir kt. Jei dalių keitimas trunka ilgai ar yra technologiškai sudėtingas, jei darbo atlikimo terminai tolygūs teoriniam mašinų našumui, naudojami įrankiai volframo karbido pagrindu (Konat et al., 2016).

Tačiau žemės dirbimo operacijose (giluminio purenimo ir kt.), kai dirva yra žvyro tipo (kieta ir akmenuota), giluminių purentuvų darbo dalys išdirba apie 2 ha. Santykinai maža boru mikrolegiruotų plienų kaina yra masinės gamybos rezultatas, tačiau tai ne visais atvejais yra tvaru (Гаркунов, 2001).

Dirvoje vyrauja abrazyvinis dilimas, kuriame dominuoja dilimas plastiškai deformuojant mikropaviršius, paviršių vagojimas ar mikropjovimas. Dilimui labai įtakos turi abrazyvinių dalelių matmenys ir forma, dalelių mobilumas ir judėjimo greitis, paviršiaus slėgis abrazyvinei dalelei (Рекомендации по....).

Tyrimo tikslas – didelio abrazyvumo dirvoje palyginti giluminių purentuvų kaltų ir strėlinių noragėlių dilimą bei sudilusių šių detalių naujinimo galimybes naudojant lakštinį dilimui atsparų plieną Hardox.

Tyrimo uždaviniai

1. Parinkti skirtingų gamintojų darbinės dalis, atlikti naudotų dalių atnaujinimą;
2. Atlikti gamybinius tyrimus;
3. Palyginti skirtingų dalių dilimą.

Tyrimų objektas ir metodai

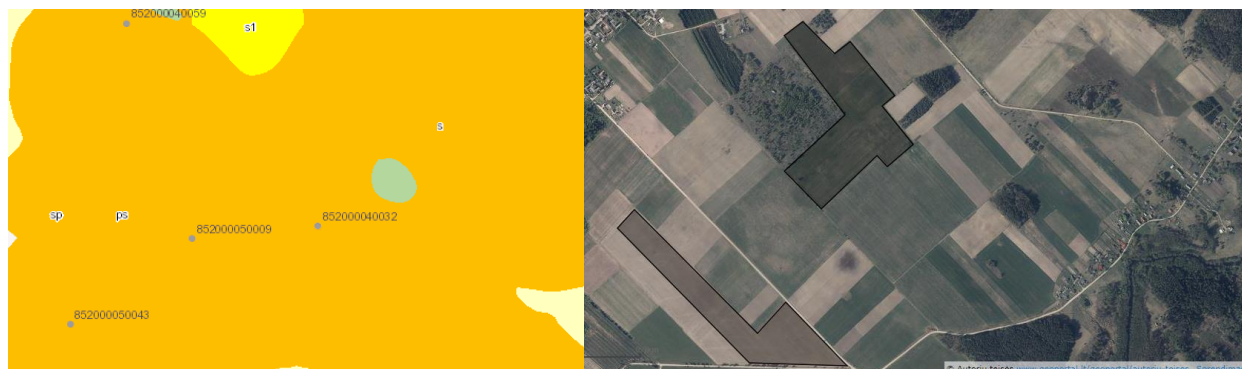
Tyrimas atliktas Šalčininkų raj. Jašiūnų seniūnijoje ūkininko A. Šostak ūkyje 2022 m. rugpjūčio mėn. 30 d. giluminiu purentuvu Kverneland CLC 300, agregatuotu su traktoriumi DEUTZ-FAHR Agrottron 625M. Purentuvo kaltų

ir strėlinių noragėlių kompleksas iki ribinės strėlinių noragėlių būklės sudilo įdirbant 34 ha plotą (apie 94 km darbo kelias). Kiekvieno bandomojo elemento kiekis purentuve 3 vnt.

Dirbama žemė yra smėlis (1 pav.).

Tirti keturių skirtingų gamintojų kaltai, tarp jų kietlydinio antgaliu stiprintas ir apvirintas dilimui atsparia medžiaga. Žymėjimas: originalus kaltas – Orig. kaltas. Alternatyvos: 2 – 2 alt. kaltas; 3 – 3 alt. kaltas; 4 – 4 alt. kaltas WC (1 lentelė).

Tirti dviejų skirtingų gamintojų strėliniai noragėliai (originalas ir alternatyva) ir du noragėlių remonto variantai. Originalus noragėlis – Orig. noragėlis; 2 – 2 alt. noragėlis; 3 ir 4 – sudilę noragėliai atnaujinti privirinus plieno Hardox 450 ir Hardox 500 elementus (3 – 3 alt. Hardox 450, 4 – 4 alt. Hardox 500), (1 lentelė).



s – smėlis; s1 – rišlus smėlis; ps – priemėlis;

1 pav. Dirvožemio kokybės žemėlapis (Šaltinis: geoportal.lt)

Fig. 1. Quality of the field (Source: geoportal.lt)

1 lentelė. Kaltų ir strėlinių noragėlių kietumas

Table 1. Point and wing hardness

Variantas – kaltai	Kietumas, HRC	Variantas – strėliniai noragėliai	Kietumas, HRC
1 orig. kaltas	53	1 orig. noragėlis	48
2 alt. kaltas	58	2 alt. noragėlis	39
3 alt. kaltas	52	3 alt. Hardox 450	38
4 alt. kaltas WC	62	4 alt. Hardox 500	42

Žemės dirbimo dalių išdėstymas traktoriaus ratų atžvilgiu pavaizduotas 2 lentelėje.

2 lentelė. Kaltų ir strėlinių noragėlių pozicijos giluminiame purentuve

Table 2. Part position at equipment.

3 eilė	Noragėlis / Kaltas	2 alt. Noragėlis / 3 alt. kaltas		1 orig. noragėlis / 4 alt. kaltas WC		4 alt. Hardox 500 / 1 orig. kaltas		3 alt. Hardox 450 / 2 alt. kaltas		Darbo kryptis ↓
2 eilė	Noragėlis / Kaltas		3 alt. Hardox 450 / 2 alt. kaltas		2 alt. noragėlis / 3 alt. kaltas		1 orig. noragėlis / 4 alt. kaltas WC		4 alt. Hardox 500 / 1 orig. kaltas	
1 eilė	Noragėlis / Kaltas		4 alt. Hardox 500 / 1 orig. kaltas		3 alt. Hardox 450 / 2 alt. kaltas		2 alt. Noragėlis / 3 alt. kaltas		1 orig. noragėlis / 4 alt. kaltas WC	
				Dešinys ratas		Kairys ratas				
Traktorius										

Kaltai (plieniniai grūdinti bei stiprinti kietlydinio plokštelėmis) ir strėliniai noragėliai (nauji bei renovuoti) parodyti 2 pav.

Dilimui atsparaus plieno Hardox 450 ir 500 elementai (250×50×5 mm) prie sudilusių strėlinių noragėlių privirinti suvirinimo aparatu Warrior EGDE 500 (ESAB) apsauginėse dujose (Mison 18 (82 % Ar + 18 % CO₂), Ø1.0 mm suvirinimo viela AristoRod 12.50. Plieno Hardox 450 ir 500 elementai iš 5 mm lakšto išpjauti dujiniu būdu.

Kaltų ir strėlinių noragėlių nudilimas nustatytas masių metodu iki ir po gamybinio bandymo sveriant analitinėmis svarstyklėmis KERN EW 4203-NM, 0,001 g tikslumu.

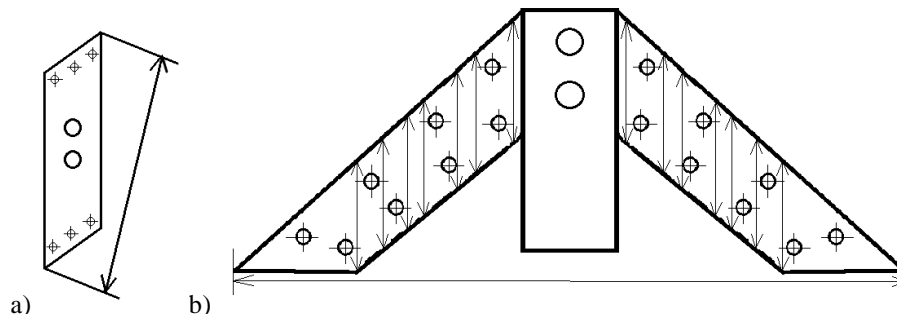
Kaltų ir strėlinių noragėlių plieno kietumas matuotas Rokvelo kietmačiu TK-2M.



2 pav. Bandomų detalių (kaltų ir strėlinių noragėlių) vaizdai (A – originalus, B – stiprintas kaltas ir atnaujintas strėlinis noragėlis)
Fig. 2. Used point and wing (A – original, B – reinforced point and upgraded wing)

Analizuojant 2 pav. pateiktus naujų ir plieno Hardox plokštelėmis atnaujintų strėlinių noragėlių vaizdus matoma, kad atnaujintų noragėlių plotas yra didesnis nei naujų, todėl tiesioginis nudilimo palyginimas nebus tikslus. Todėl lyginimas atliktas naujų ir atnaujintų atskirai.

Kaltų ir strėlinių noragėlių matmenų pokytis nustatytas iki ir po gamybinio bandymo skaitmeniniu slankmačiu Scala 230 300/0,01/60mm, DIN 862, 0,01 mm tikslumu. Matuotas matmenų pokytis – storio ir pločio (darbo kryptimi). Pradiniai kaltų matmenys 228×75×12.4 mm. Pradiniai strėlinių noragėlių matmenys 205×310×10 mm (3 pav.)

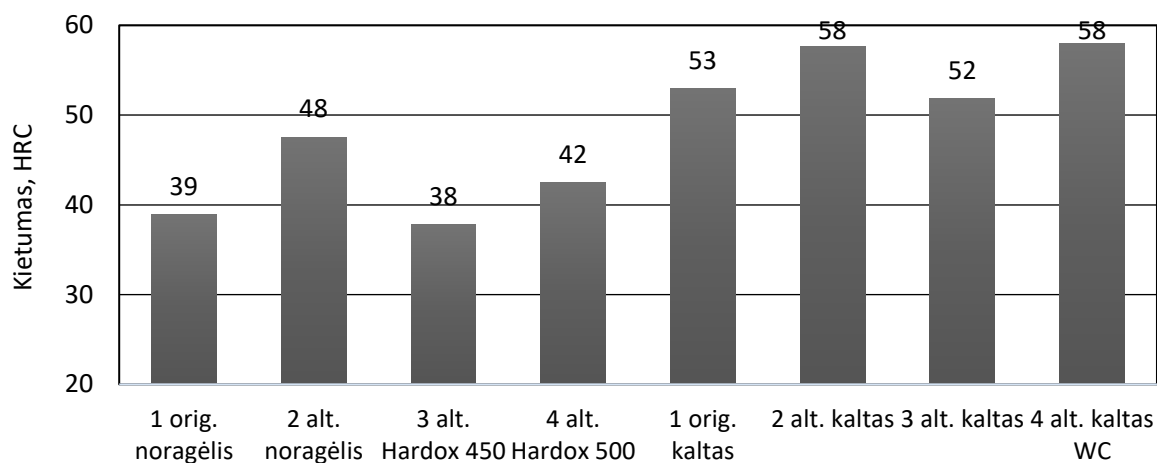


3 pav. Kaltų (a) ir strėlinių noragėlių (b) nudilimo pagal ilgį matavimo schemas
Fig. 3. Point and wing wear measuring scheme

Tyrimų rezultatai

Įdirbus 34 ha plotą tyrimas baigtas dėl ribinio strėlinių noragėlių nudilimo (5 pav.). Susiaurėjus ir sutrumpėjus strėlinių noragėlių sparnams dirvos purenimas tapo juostiniu, bet ne ištisiniu. Dėl susiaurėjimo labai sumažėjo purenimo plotas.

Kaltų ir strėlinių noragėlių kietumas pateiktas 4 paveiksle.



4 pav. Strėlinių noragėlių ir kaltų kietumas

Fig. 4. Hardness of wings and points

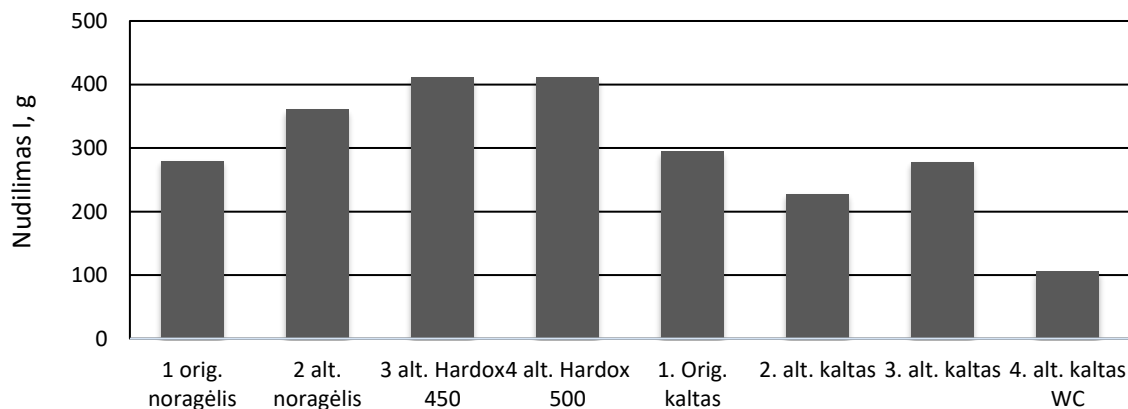
Kaltus ir strėlinius noragėlius bandant įvykęs vizualinis pokytis pateiktas 5 pav.



5 pav. Giluminio purentuvo darbo dalių vizualinis pokytis

Fig. 5. Part visual change of working parts

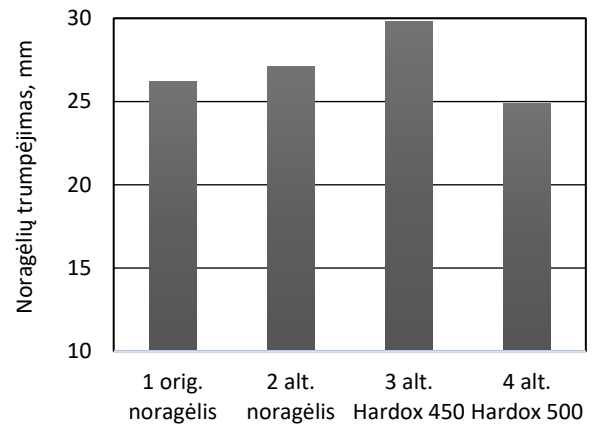
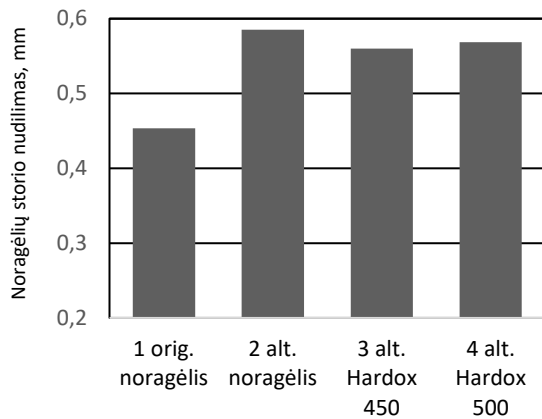
Kaltų ir strėlinių noragėlių nudilimas pateiktas 6 paveiksle.



6 pav. Strėlinių noragėlių ir kaltų nudilimas

Fig. 6. Wear of used wings and points

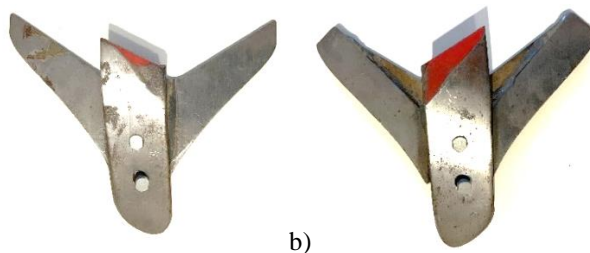
Naujų ir suremontuotų strėlinių noragėlių masės sumažėjimas, storio ir pločio (darbo kryptimi) pokytis bandant pateikti 7 paveiksle.



a)

b)

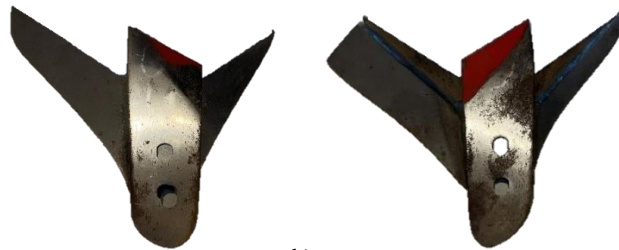
7 pav. Noragėlių storio (a) ir ilgio (b) pokytis
Fig. 7. Shortening and thinning of wings



a)

b)

8 pav. Simetriškas originalaus (a) ir atnaujino noragėlių Hardox 500 (b) nudilimas
Fig. 8. Original and Hardox 500 used wings (symmetrically worn)



a)

b)

9 pav. Nesimetriškas originalaus (a) ir atnaujinto noragėlių Hardox 500 (b) nudilimas
Fig. 9. Original and used wings (reinforced Hardox 500) asymmetrically worn

Giluminio purentuvo darbo dalių dilimas priklauso nuo dalių kietumo ir pozicijos padarge. Tyrimo eigoje pastebėta, kad dalys dyla skirtingai. Nesimetriškas dilimas priklauso nuo pašalinių veiksnių, tokių kaip: žemės suspaudimas traktoriaus ratu, dalinis apdirbtos žemės dirbimas ir darbo zonų dubliavimas. Šių veiksnių poveikis matyti iš 9 paveiksle pateiktų noragėlių, šiuo atveju jų išorinė pusė dirbo apdirbtoje žemėje, todėl nudilo mažiau. Noragėlių nesimetriškieji dilimai (9 pav.) rodo rato žemės slėgimo įtaką. Mažiausiai nudilo originalūs noragėliai, bei didžiausio kietumo kaltai (alt. 2). 2,2 karto mažiau už pastaruosius nudilo kietlydinio plokštelėmis stiprinti kaltai (alt. 4). Plieno Hardox 500 elementai ant stiprintų noragėlių, palyginus su originaliais noragėliais, sutrumpėjo 2 mm mažiau. Naudojant teisingą suvirinimo būdą, galima išgauti geriausias dalies masės ir geometrinius skirtumus, palyginus su kitomis originaliomis arba antrinių įmonių pagamintomis alternatyvomis. Plienas Hardox 450 dėl savo žemiausio kietumo nudyla labiausiai, masės ir sparnelių ilgio sumažėjimas yra didžiausias lyginant su kitais noragėliais.

Išvados

Remiantis tyrimo rezultatais, galima padaryti tokias išvadas:

1. Giluminių purentuvų noragėliai visiškai sudyla, kai kaltai vidutiniškai nudyla apie 15,5% masės; tai sudaro trečdalį kaltų resurso, todėl planuojant darbus reikia apsirūpinti noragėlių ir kaltų santykiu – 3:1.
2. Giluminių purentuvų strėliniai noragėliai vidutiniškai nudyla 21,2% savo masės ir sutrumpėja 27,0 mm.
3. Plieninių kaltų dilimas yra proporcingas kietumui (kuo kietesnis kaltas, tuo nudilo mažiau), o noragėlių dilimas – atvirkščiai proporcingas kietumui (kietesni noragėliai dilo intensyviau).
4. Plieno Hardox 450 ir 500 fragmentais atnaujintų strėlinių noragėlių dilimo skirtumų nenustatyta.
5. Darbinių dalių dilimas priklauso nuo jų pozicijos padarge (dėl skirtingo varančiųjų ratų dirvos sutankinimo, dėl dirvos dalinio išpurenimo pirmos padarge eilės darbo dalimis).

Literatūra

1. Bringas J. E. 2004. Handbook of Comparative World Steel Standards: Third Edition. ASTM International. p. 14. ISBN 0-8031-3362-6.
2. Jankauskas V. 2006. Modelling of Strengthening Machine Elements Working under Abrasive Environment by Alloying with Hard Layers and their Estimation. *Mechanika*, Nr.(1). Vol. 57, p. 55–60.
3. Kalácska, Á., De Baets, P., Fauconnier, D., Schramm, F., Frerichs, L., Sukumaran, J. 2020. Abrasive wear behaviour of 27MnB5 steel used in agricultural tines. *Wear*, Vol. 442, 203107.
4. Konat Ł., Napiórkowski J., Kołakowski K. 2016. Resistance to wear as a function of the microstructure and selected mechanical properties of microalloyed steel with boron. *Tribologia*, Vol. 268(4), p. 101–114.
5. Lorinczi, J., Kralik, G., Kovacs, M., Horvath, A. 2003. Investigation of the relationships between material properties and processing parameters of boron micro-alloyed quenched and tempered steels. *Materials Science Forum*, Vol. 414, p. 267–274.
6. Wisniewski M., Szczerek M. 2000. Mechanizmen und Klassifizierungssysteme des Verschleisses. *Tribology*, 12th International Colloquium, 12–13 January 2000. Vol. III., p. 1611–1626.
7. Гаркунов Д. 2001. Триботехника: износ и безызносность. Москва: МСХА, P. 616.
8. Рекомендации по восстановлению лемехов плугов. Москва: ГОСНИТИ, 1986,24с

STUDY OF THE WEAR OF THE WORKING ELEMENTS OF THE DEEP CULTIVATOR USED IN HIGHLY ABRASIVE SOILS

Summary

A study of the wear of the working parts (chisels and boom shares) of the Kverneland CLC 300 deep thresher was conducted in the Šalčininkai district, Jašiūnai municipality, on sandy soils in 2022 August. The arrow shares lose on average 21.2% of their mass and shorten by 27.0 mm before the critical condition, while chisels lose on average about 15.5% of their mass, i.e. only 30% of the failure resource. Wear of steel chisels is proportional to hardness (the harder the chisel, the less wear), while wear of boom shares is inversely proportional to hardness (harder boom shares wear more). No differences were found in the wear of boom shares renewed with Hardox 450 and 500 fragments. The study revealed a very large non-uniformity of wear of boom shares - wear is influenced by the position of the part in the harrow (due to different soil compaction of the drive wheels, due to partial loosening of the soil by the working parts of the first row of the implement, etc.).

Keywords: soil, deep cultivator, point, wing, hardness, wear.