

ORO SRAUTO GREIČIO TARPE TARP KŪLIMO BŪGNO SPRAGILŲ IR POBŪGnio TYRIMAS

EVALUATION OF AIR VELOCITY WITHIN THE THRESHING CRESCENT

Tautvydas Karitonas, Dainius Steponavičius, Albinas Andriušis, Laimis Bauša,
Edvinas Pužauskas

Aleksandro Stulginskio universitetas

Studentų 15A, LT-53361, Akademija, Kauno r.

El. paštas: TautvydasKaritonas@yahoo.com, Dainius.Steponavičius@asu.lt,
Albinas.Andriusis@asu.lt

Gauta 2013-03-04, pateikta spaudai 2013-xx-xx

Sukamas javų kombaino kūlimo būgnas sukuria oro srautą tarpe tarp būgno ir pobūgno. Dalis oro nukreipiama pro pobūgno ardėlius. Straipsnyje pateikti oro srauto greičio tarpe tarp kūlimo būgno ir pobūgno tyrimai. Eksperimentiniai tyrimai atlikti stacionariu tangentiniu vienbūgniu kūlimo stendu, kurį sudarė 0,6 m skersmens ir 1,2 m pločio aštuonių spragilų tangentinis kūlimo būgnas, kurį 146° kampu gaubė ardėlinis pobūgnis. Pateiktos oro srauto greičio tarpe tarp būgno ir pobūgno priklausomybės nuo technologinių ir konstrukcinių kūlimo būgno parametrų. Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, jog kūlimo būgno konstrukciniai ir technologiniai parametrai turi įtaką sukuriama oro srautui. Oro srauto greitis didėja pobūgno galo link. Būgną sukant 350 min⁻¹ dažniu ($v_s=11$ m·s⁻¹), greičių skirtumas pirmojoje ir trečiojoje pobūgno dalyse siekia 1 m·s⁻¹, o padidinus sukimosi dažnį iki 750 min⁻¹ – apie 3 m·s⁻¹. Didinant kūlimo būgno sukimosi dažnį nuo 350 min⁻¹ iki 750 min⁻¹ oro srauto judėjimo greitis tarpe tarp būgno ir pobūgno didėja, tačiau spragilų greičio nepasiekia. Pirmojoje pobūgno dalyje oro srauto greitis sudaro 61,3 %, o galinėje 72,3% spragilų greičio, kai $I=8,34$ kg·m². Tolimesniais eksperimentiniais tyrimais nustatius oro srauto greičio tarp būgno ir pobūgno bei jo ardėliuose kitimo dėsnį, galima modeliuoti racionalią kūlimo būgno tarpaspragilų konstrukciją.

Javų kombainas, kūlimo aparatas, spragilas, oro srautas, inercijos momentas.

Įvadas

Javų kombaine kūlimo procesui įtakos turi nuimamų augalų veislės ypatybės, biometriniai rodikliai, grūdų fizikinės-mechaninės savybės bei kūlimo aparato konstrukcija: kūlimo būgno skersmuo, spragilų skaičius, pobūgno skersinių juostų skaičius ir jų išdėstymas, pobūgno separacijos plotas ir kt. bei valdomi technologiniai parametrai: spragilų judėjimo greitis ir tarpas tarp būgno ir pobūgno. Minėti konstrukciniai ir technologiniai parametrai turi įtakos augalų slinkimo greičiui po-

būgno paviršiumi, spragilų ir kuliamų augalų sąveikų skaičiui, grūdų separacijai pro pobūgnį bei kūlimo proceso vertinimo kokybiniams rodikliams: kūlimo grūdų nuostoliams, nuo pobūgno ant kratiklių numetamų iškultų grūdų kiekiui, grūdų sužalojimui ir šiaudų (ar burbuolių šerdžių) sutrupinimui. Kūlimo aparato laidumą riboja leistinoji spragilo ilgio metro apkrova [1, 2, 3; 4].

Iš visų išvardintų, kūlimo procesą įtakojančių veiksnių, vienas mažiausiai tirtų yra būgno sukuriamas oro srautas, kuris turi įtakos javų srauto slinkimui pobūgno paviršiumi bei grūdų separacijai. Nustatyta, kad oro srauto greitis tarpe tarp būgno ir pobūgno, atskirose kūlimo aparato dalyse, nėra vienodas [5]. N. Klenin ir G. Dzodcoev atlikę oro srauto greičio tyrimus nustatė, kad greitis didėja mažinant tarpą tarp būgno ir pobūgno. Mokslininkai teigė, kad ties būgno viduriu oro srauto greitis siekia 60–75 % būgno spragilų linijinio greičio, o ties kūlimo aparato sienelėmis – 30–35 % [6]. Būgno sukuriamas oro srautas įtakoja javų srauto judėjimo greitį ir grūdų separaciją pro pobūgno ardėlius [7]. V. Tkačenko nagrinėdamas javų sluoksnio judėjimą pobūgniu nustatė, kad viršutinįjį javų sluoksnį stumia spragilai, o apatinįjį pristabdo skersinės pobūgno juostos [8]. Todėl šie kuliama augalų srauto sluoksniai juda skirtingais greičiais. Mokslininkas teigė, kad būgno sukuriamas oro srautas skatina spartesnį viso augalų srauto judėjimą tarpe tarp būgno ir pobūgno.

Teigta, kad sukamas kūlimo būgnas sudaro oro srautą, kurio judėjimo greitis tarpe tarp būgno ir pobūgno turi būti mažesnis už grūdų nuostovųjį greitį. Priešingu atveju dalis grūdų bus nupučiami nuo pobūgno paviršiaus ant kratiklių [9]. Oro sraute, tarpe tarp būgno ir pobūgno, iškulti grūdai juda įvairiomis kryptimis. Atsimušę į pobūgno skersines juostas, būgno spragilus ir dangalus jie keičia judėjimo kryptį. Tarpe tarp būgno ir pobūgno laisvai judantis grūdas susidūręs su spragilu, judančiu $30\div 35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ greičiu, įgauna greitį, kuris gali siekti $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Susidūrimo su spragilu metu grūdas įgauna pastarojo greitį bei, taip vadinamą, „atsistatymo“ greitį, esant nevisai tampriam smūgiui [10]. Atsistatymo koeficientas priklauso nuo grūdų drėgnio ir siekia: kviečių $0,4\div 0,5$ [10], žirnių – 0,66 [11], kukurūzų – 0,55 [12]. Tyrimais nustatyta, kad ž. ū. mašinos darbinėms dalims, judančioms $4,71 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ greičiu, po sąlyčio su grūdu, jo viduje jau galima aptikti mikropažeidimus [13]. Grūdo mikropažeidimų ilgis ir plotis ženkliai didėja jei smūginė apkrova yra cikliška, t. y. pasikartoja daugiau nei dukart [13]. Analizuojant greitaeigio filmavimo medžiagą pastebėta, kad dalis iškultų grūdų juda tarpe tarp būgno ir pobūgno būgno spragilų sukeltame oro sraute. Todėl būgno spragilų poveikyje grūdai yra žalojami [14]. Sprendžiant šią problemą, buvo bandyta priversti oro sraute „plaukiojančius grūdus“ kristi pro pobūgno ardėlius, po jais priverstinai sumažinus oro slėgį [9, 15]. Hipotezei patikrinti, pagrindinio pobūgno antroji dalis buvo pridengta gaubtu ir sujungta su ašiniu ventiliatoriumi, kuris pro pobūgno dalį siurbė oro srautą.

Siekiant intensyvinti grūdų separaciją ir sumažinti grūdų sužalojimą siūlyta uždengti tarpus tarp būgno spragilų. Vieni autoriai siūlė tarpus uždengti tolygiai išgaubto paviršiaus medžiaga [16], o kiti kampuoto profilio skarda [10]. Uždengus tarpuspragilius pakeičiama būgno dalies, kontaktuojančios su kuliama augalais,

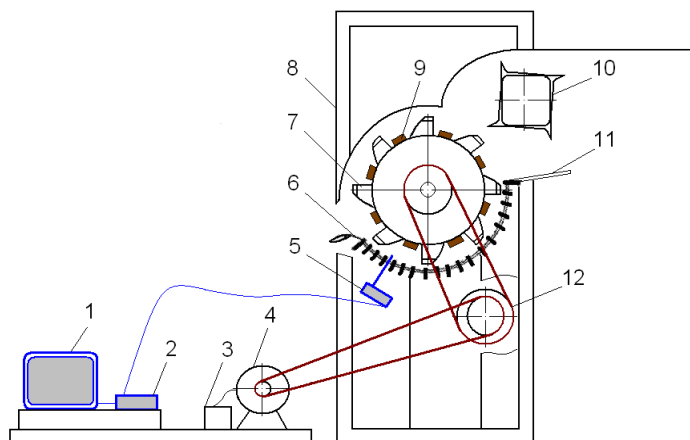
forma. Nuo jos priklauso būgno aptakumas, pasipriešinimo jėga dėl aplinkos oro. Kuo aptakesnis būgnas, tuo mažesnė pasipriešinimo jo sukimui jėga [17]. Tačiau tuomet ir būgno sukuriamas oro srautas yra mažesnis.

Apibendrinant tyrimų apžvalgą galima teigti, kad tarpspragilių forma galimai įtakoja grūdų judėjimo greitį ir kryptį kūlimo aparate. Todėl reikėtų optimizuoti tarpspragilių formą, kad ženklesnė būgno sukuriama oro srauto dalis, o tuo pačiu ir grūdai, būtų nukreipiami ne pobūgnio galo link, o pro pobūgnio ardelius. Tam reikia iširti būgno konstrukcinių parametų įtaką oro srauto parametrui.

Tyrimo tikslas. Nustatyti javų kombaino kūlimo būgno konstrukcinių parametų įtaką oro srauto greičiui tarpe tarp būgno spragilų ir pobūgnio.

Tyrimų metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti 2011 ir 2012 metais Žemės ūkio mašinų katedros tyrimų poligone stacionariu tangentiniu vienbūgniu kūlimo stendu (1 pav.). Stendą sudarė 0,6 m skersmens ir 1,2 m pločio aštuonių spragilų tangentinis kūlimo būgnas 7, kurį 146° kampu gaubė ardėlinis pobūgnis 6, atmušimo būgnas 10 ir virbaliniai ardėliai 11. Tarpas tarp būgno ir pobūgnio buvo: 36 mm priekinėje, 32 mm vidurinėje ir 20 mm galinėje kūlimo aparato dalyje.



1 pav. Kūlimo stendo schema:

Fig. 1. Threshing stand scheme:

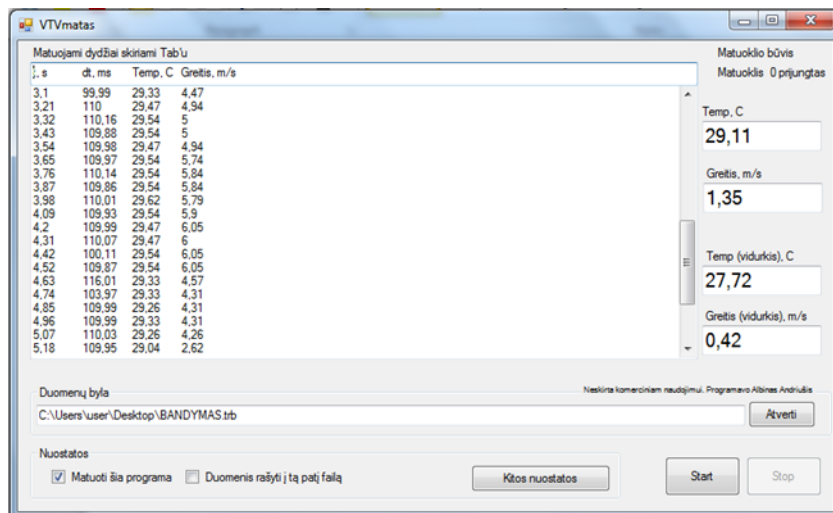
1 – kompiuteris; 2 – matavimo duomenų kaupiklis; 3 – įtampos dažnio keitiklis; 4 – elektros variklis; 5 – oro srauto greičio matavimo termo-anemometras; 6 – ardėlinis pobūgnis; 7 – kūlimo būgnas; 8 – kūlimo stendo rėmas; 9 – papildomi būgno balastai; 10 – atmušimo būgnas; 11 – virbaliniai ardėliai; 12 – diržinis variatorius

Tarpuose tarp spragilų, poromis priešingose būgno pusėse, varžtais buvo pritvirtinti du, keturi, šeši ar aštuoni stačiakampio profilio (40×40 mm) balastai, kurių vieno masė buvo 14,5 kg. Balastų ilgis atitiko kūlimo būgno plotį (1,2 m). Taip didinant kūlimo būgno masę, buvo didinamas jo inercijos momentas. Kartu su

būgno velenu besisukančios dalys be balastų svėrė 204,2 kg. Iš jų 40,0 kg svėrė būgno velenas, 85,0 kg – būgnas, 48,0 kg – variatoriaus skriemulys ir 31,2 kg – 8 spragilai. Kartu su kūlimo būgno velenu besisukančių dalių inercijos momentas gali būti nustatomas Ž. ū. mašinų katedroje pagamintame eksperimentiniame stende [18] arba sudarant erdvinį modelį kompiuterine programa „Solid Edge“. Atlikus tyrimus nustatyta, kad 204,2 kg būgno inercijos momentas lygus $8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, $262,2 \text{ kg} - 12,04 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, o $320,2 \text{ kg} - 15,73 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ [19]. Oro srauto greičio tyrimai atlikti su $8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ir su $15,73 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ inercijos momento būgnu.

Kūlimo stendo darbinės dalis suko 15 kW galios elektros variklis. Kūlimo būgno sukimosi dažnis nuo 350 min^{-1} iki 750 min^{-1} buvo keičiamas įtampos dažnio keitikliu *Delta VFD-C2000 SERIES*. Būgno sukimosi dažnis matuotas sūkmačiu *TY10-P* ir skaitmeniniu tachometru *Chauvin® Arnoux C.A. 1727*. Prietaiso matavimo ribos $100 \div 1000 \text{ min}^{-1}$, matavimo paklaida $\pm 1 \times 10^{-4}$ nuo nustatytos vertės.

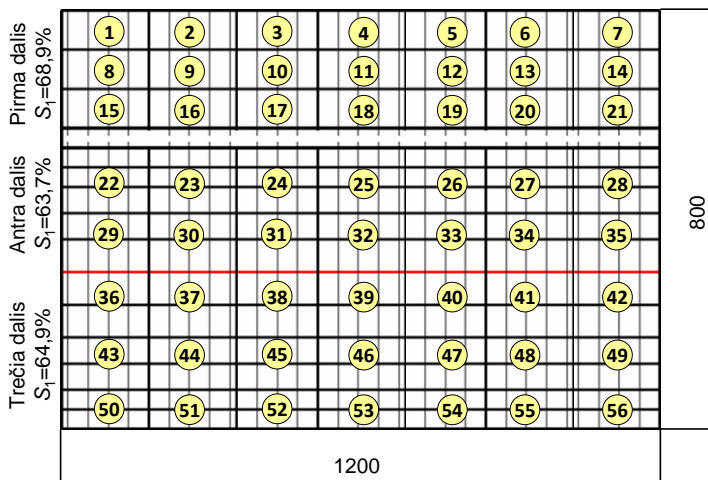
Termoanemometru *EE75 Series*, kurio matavimo paklaida $\pm 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, matuotas oro srauto greitis tarpe tarp būgno spragilų 7 ir pobūgnio 6 (1 pav.). Virš pobūgnio ardelių termoanemometro jutiklis buvo iškištas 5 mm. Termoanemometro rodmenų tikslumas tikrintas atliekant palyginamuosius oro srauto greičio matavimus sparneliniu anemometru *Delta OHM AP472 S4H*. Oro srauto matavimo duomenys registruoti pasinaudojant 10 bitų ADC keitikliu ir programa „*VTVmatas*“ (autorius A. Andriušis) (2 pav.). Tyrimai atlikti į kūlimo aparatą įmontavus pobūgnį, kurio aktyvus separacijos plotas (skylučių plotas) sudarė 65,5 %. Matavimo vietos pažymėtos 3 paveiksle.



2 pav. Programos „VTVmatas“ pagrindinio lango vaizdas

Fig. 2. Main window view of „VTVmatas“ software

Kiekvienas matavimas truko 10 s; matavimo intervalas – 100 ms. Matavimų duomenys įvertinti apskaičiavus duomenų vidurkio pasikliauties intervalą esant 95 % tikimybei.



3 pav. Oro srauto greičio matavimo vietos pobūgnio išsklotinės schemoje
Fig. 3. Air flow velocity measurement locations on layout of concave evolver

Esminiams skirtumams tarp tiriamų variantų duomenų vidurkių nustatyti apskaičiuota esminio skirtumo riba $R_{0,05}$ [20]:

$$R_{0,05} = t_{lent.} \sqrt{MS_e \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}, \quad (1)$$

čia MS_e – skirtumo tarp duomenų vidurkių paklaida arba dispersija gaunama iš kompiuterinės programos „*MS Excel*“ skaičiavimo paketo Anova lentelių;

$t_{lent.}$ – Stjudento kriterijaus reikšmė parenkama iš lentelių atsižvelgiant į laisvės laipsnių skaičių ir tikimybės lygmenį (šiam darbe 95 %);

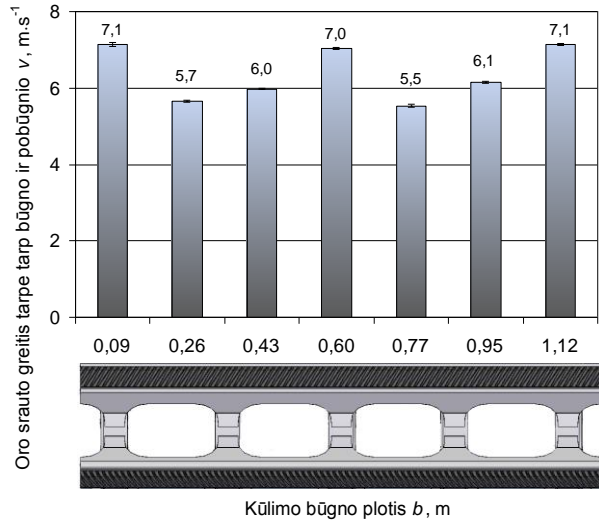
n_A, n_B – pirmojo ir antrojo variantų pakartojimų skaičius.

Skirtumai tarp variantų yra esminiai patikimi, kai jie viršija mažiausio esminio skirtumo ribą $R_{0,05}$, esant tikimybės lygmeniui 0,95.

Tyrimų rezultatai

Atlikus matavimus priekinėje kūlimo aparato dalyje, kur tarpas tarp būgno ir pobūgnio didžiausias, nustatyta, kad oro srauto greitis kūlimo aparato plotyje nėra vienodas (4 pav.). Jis priklauso nuo būgno konstrukcijos. Ties kūlimo būgno diskais oro srauto greitis yra apie $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ didesnis nei ties ertmėmis, kai būgnas buvo sukamas 350 min^{-1} dažniu. Tačiau ties kūlimo būgno disku, esančiu vidurinėje dalyje, ir ties diskais, prie kūlimo aparato sienelių, oro srauto greitis buvo beveik vienodas. Atlikus statistinį duomenų vertinimą, esminio skirtumo tarp oro srauto greičio vidurinėje kūlimo aparato pločio dalyje ir kraštuose nenustatyta.

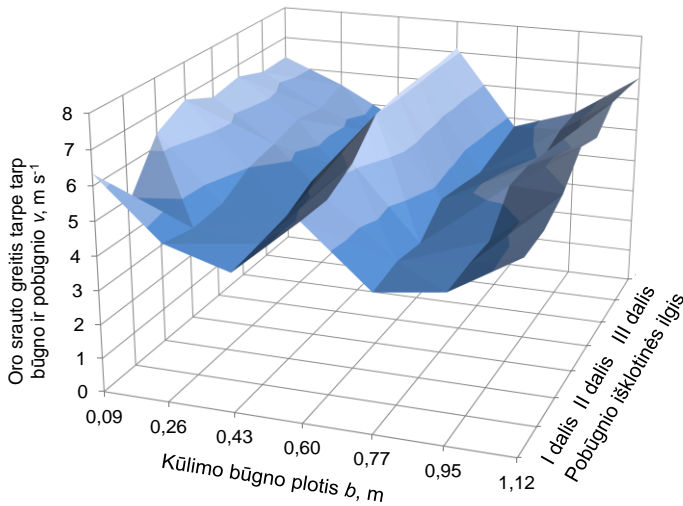
Atlikus matavimus visose kūlimo aparato pobūgnio dalyse, nustatyta, kad oro srauto greičio pasiskirstymo pobūdis yra panašus visame pobūgnio ilgyje (5 pav.). Tačiau oro srauto greičio skaitinės reikšmės trečiojoje pobūgnio dalyje yra didesnės nei pirmojoje, nes nuo 36 mm iki 20 mm sumažėja tarpas tarp būgno spragilų ir pobūgnio skersinių juostų.



4 pav. Oro srauto greičio kaita tarpe tarp būgno ir pobūgnio, kai $n=350 \text{ min}^{-1}$, $v_s=11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $I=8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ (tarpspragiliai be balastų); matuota pirmojoje pobūgnio dalyje tarp 3 ir 4 skersinių juostų (15–21 taškuose, 3 pav.)

Fig. 4. Velocity variation of air flow within the threshing crescent, when $n=350 \text{ min}^{-1}$, $v_s=11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $I=8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Measured at the first concave part between 3 and 4 transverse bar (measurement locations 15–21, Fig. 3.)



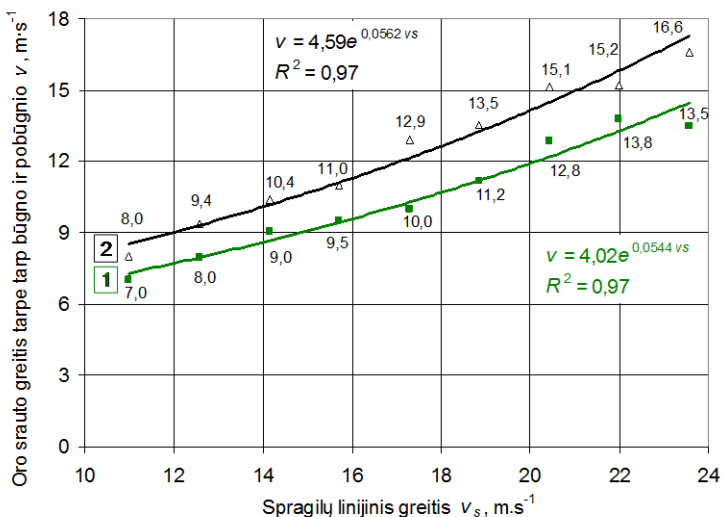
5 pav. Oro srauto greičio kaita tarpe tarp būgno ir pobūgnio, kai $n=350 \text{ min}^{-1}$, $v_s=11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $I=15,73 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ (tarpspragiliai su 8 balastais); matuota visose pobūgnio dalyse tarp skersinių juostų (1–56 taškuose, 3 pav.)

Fig. 5. Velocity variation of air flow within the threshing crescent, when $n=350 \text{ min}^{-1}$, $v_s=11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $I=15,73 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Measured at the all measurement locations (measurement locations 1–56, Fig. 3.)

Didesnio inercijos momento $I=15,73 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ($m=320,2 \text{ kg}$) kūlimo būgnas, kurio tarpspragiliai pridengti balastais (6 pav.), lyginant su $I=8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ($m=204,2 \text{ kg}$) (7 pav.), tarpe tarp būgno ir pobūgnio sukuria oro srautą, kurio greitis yra neįžymiai mažesnis.

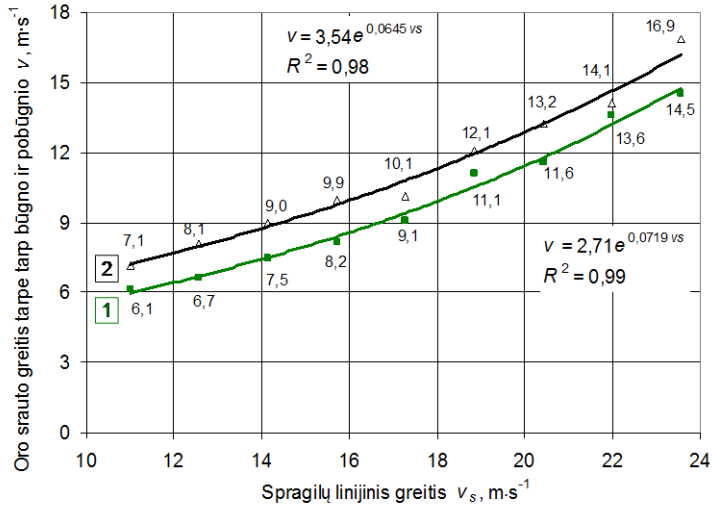
Oro srauto greičio tarpe tarp būgno ir pobūgnio skaitinė reikšmė priklauso nuo būgno konstrukcijos ir nuo tarpo tarp būgno spragilų ir pobūgnio skersinių juostų. Oro srauto greitis didėja pobūgnio galo link. Jei būgną sukant 350 min^{-1} dažniu ($v_s=11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), greičių skirtumas pirmojoje ir trečiojoje pobūgnio dalyse siekia $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, tai padidinus sukimosi dažnį iki 750 min^{-1} – apie $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, kai $I=8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ (6 pav.).



6 pav. Spragilų linijinio greičio įtaka oro srauto greičiui tarpe tarp būgno ir pobūgnio, kai $I=8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ (tarpspragiliai be balastų): 1 – matuota pirmojoje pobūgnio dalyje tarp 3 ir 4 skersinių juostų (18 taške, 3 pav.); 2 – matuota trečiojoje pobūgnio dalyje tarp 11 ir 12 skersinių juostų (53 taške, 3 pav.)

Fig. 6. Linear velocity of rasp bars influence on air flow velocity within the threshing crescent, when $I=8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$: 1 – measured at the first concave part between 3 and 4 transverse bar (measurement location 18, Fig. 3); 2 – measured at the third concave part between 11 and 12 transverse bar (measurement location 53, Fig. 3)

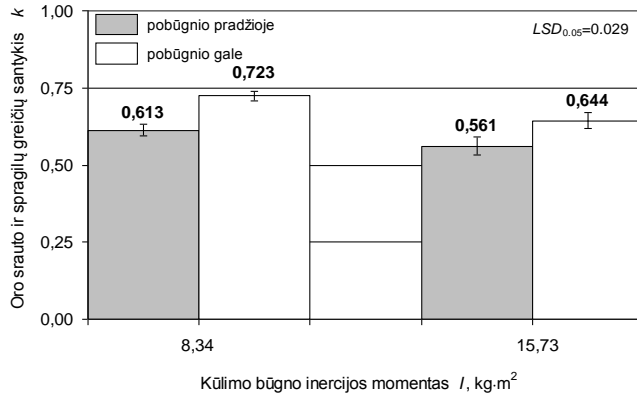
Didinant kūlimo būgno sukimosi dažnį nuo 350 min^{-1} iki 750 min^{-1} (spragilų linijinis greitis padidėja nuo $11,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ iki $23,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) oro srauto judėjimo greitis tarpe tarp būgno ir pobūgnio didėja, tačiau spragilų linijinio greičio nepasiekia (6 ir 7 pav.). Pirmojoje pobūgnio dalyje oro srauto greitis sudaro 61,3 %, o galinėje 72,3 % spragilų greičio, kai $I = 8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ (8 pav.). Padidinus būgno inercijos momentą iki $15,73 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, oro srauto ir spragilų linijinio greičio santykis yra mažesnis. Kaip vieną šio pokyčio priežasčių galima įvardinti, dėl pritvirtintų 8 balastų, bendro tarpspragilių tūrio sumažėjimą 16,7 % (nuo $0,0921 \text{ m}^3$ iki $0,0767 \text{ m}^3$).



7 pav. Spragilų linijinio greičio įtaka oro srauto greičiui tarp tarp būgno ir pobūgno, kai $I=15,73 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ (tarp spragiliai su 8 balastais): 1 – matuota pirmojoje pobūgno dalyje tarp 3 ir 4 skersinių juostų (18 taške, 3 pav.); 2 – matuota trečiojoje pobūgno dalyje tarp 11 ir 12 skersinių juostų (53 taške, 3 pav.)

Fig. 7. Linear velocity of rasp bars influence on air flow velocity within the threshing crescent, when $15.73 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$: 1 – measured at the first concave part between 3 and 4 transverse bar (measurement location 18, Fig. 3); 2 – measured at the third concave part between 11 and 12 transverse bar (measurement location 53, Fig. 3)

Tolimesniais tyrimais reikėtų nustatyti oro srauto kitimą pro pobūgno ardelius.



8 pav. Kūlimo būgno tarp spragilių konstrukcijos įtaka oro srauto ir spragilų greičių santykiui

Fig. 8. Threshing cylinder construction parameters influence on ratio among linear velocity of rasp bars and air flow velocity within the threshing crescent

Ekspimentiniais tyrimais nustačius oro srauto greičio tarp būgno ir pobūgno bei jo ardeliuose kitimo dėsningumus, galima jais pasinaudoti modeliuojant racionalią kūlimo būgno tarp spragilių konstrukciją.

Išvados

1. Oro srauto greičio tarpe tarp būgno ir pobūgnio skaitinė reikšmė priklauso nuo būgno konstrukcijos:

- oro srauto greitis didėja pobūgnio galo link; jei būgną sukant 350 min^{-1} dažniu greičių skirtumas pirmojoje ir galinėje pobūgnio dalyse siekia $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, tai padidinus sukimosi dažnį iki $750 \text{ min}^{-1} - 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- esminio skirtumo tarp oro srauto greičio vidurinėje kūlimo aparato pločio dalyje ir kraštuose nenustatyta;
- oro srauto greitis yra apie $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ didesnis ties kūlimo būgno diskais nei ties ertmėmis;
- pridengus būgno tarpspragilius stačiakampio profilio balastais, padidinamas būgno inercijos momentas nuo $15,73 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ($m=320,2 \text{ kg}$) iki $8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ($m=204,2 \text{ kg}$), o oro srauto greitis sumažėja $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2. Didinant kūlimo būgno sukimosi dažnį nuo 350 min^{-1} iki 750 min^{-1} (spragilų linijinis greitis padidėja nuo $11,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ iki $23,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) oro srauto judėjimo greitis tarpe tarp būgno ir pobūgnio didėja, tačiau spragilų greičio nesiekia. Pirmojoje pobūgnio dalyje oro srauto greitis sudaro 61,3%, o galinėje 72,3 % spragilų greičio, kai $I=8,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

Literatūros sąrašas

1. Kim, S. H. 1990. *Combine simulation model to evaluate design and operation alternatives*. Texas. 172 p.
2. Kutzbach, H.-D.; Quick, G. R. 1999. Grain Harvesters and Threshers. Eds.: Stout, B. A., Cheze, B. *Plant production engineering: CIGR Handbook of Agricultural Engineering*. Vol. III. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan. p. 311–347.
3. Жалнин, Э. В. 2001. *Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов*. Москва: ВИМ. 105 с.
4. Špokas, L., Steponavičius, D. 2010. Impact of wheat stubble height on combine technological parameters. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 8(2), p. 464–468.
5. Wall, G. L. 1981. *Performance of a tangential feed threshing cylinder as affected by corn cob break-up and concave design parameters*. Montreal. 165 p.
6. Дзодцов, Г. И. 1969. *Исследование процесса перемещения хлебной массы в молотильном пространстве*: автореф. дисс. канд. техн. наук. Москва. 19 с.
7. Кленин, Н. И.; Дзодцов, Г. И. 1969. Исследование воздушного потока, создаваемого барабаном в молотильном зазоре. *Труды Горского СХИ*, Т. 29, с. 55–58.
8. Ткаченко, В. А. 1970. *Исследование молотильно-сепарирующего устройства с тонкослойной сепарацией зерна*: автореф. дисс. канд. техн. наук. Ростов на Дону. 27 с.
9. Petkevičius, S. 2008. *Research maize ears threshing process*. Summary of doctoral dissertation. Kaunas.

10. Кузин, Г. А.; Пахомов, А. М.; Муратов, М. А.; Пятницкая, О. А. 2009. К построению модели процесса ударной сепарации при обмолоте. *Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения*. с. 59–61.
11. Брусенцов, А. С. 2009. *Параметры молотильного аппарата зерноуборочного комбайна для уборки зернобобовых культур на семена*. автореф. дисс. канд. техн. наук. Краснодар: Кубанский ГАУ. – 24 с.
12. Čenys M.; Steponavičius D. 2010. Kukurūzų burbuolių fizikinių-mechaninių savybių nustatymas. *Agroinžinerija ir energetika: LŽŪU ŽŪIF ir Lietuvos ž. ū. inžinierių sąjungos mokslo ir gamybos žurnalas*. ISSN 1392-8244. Kaunas-Akademija, Nr. 15, p. 1–6.
13. Манойлина, С. З. 2010. *Совершенствование методики определения микротравмирования зерна при послеуборочной обработке*: автореф. дисс. канд. техн. наук. Воронеж. 21 с.
14. Petkevichius, S.; Shpokas, L.; Kutzbach, H. D. 2008. Investigation of the maize ear threshing process. *Biosystems Engineering*. Vol. 99, p. 532–539.
15. Astrauskas E.; Steponavičius D. 2010. Oro srauto įtaka grūdų separacijai kūlimo aparate. *Agroinžinerija ir energetika: LŽŪU ŽŪIF ir Lietuvos ž. ū. inžinierių sąjungos mokslo ir gamybos žurnalas*. ISSN 1392-8244. Kaunas-Akademija, Nr. 15, p. 101–106.
16. Обрезанов, В. Д. 1975. *Исследование параметров входа и межбичевого пространства бильного молотильного аппарата*: автореф. дисс. канд. техн. наук. Ростов на Дону: РИСХМ. 22 с.
17. Деревенко, В. В.; Северин, Ю. Д. 1991. *Машины для уборки зерновых культур: теория и расчет*. Краснодар: Куб. аграр. университет. 145 с.
18. Kiniulis V.; Bauša L.; Bendinskas E.; Butkus V.; Steponavičius D. 2011. Padidinto inercijos momento kūlimo būgno darbo tyrimai. *Agroinžinerija ir energetika: LŽŪU ŽŪIF ir Lietuvos ž. ū. inžinierių sąjungos mokslo ir gamybos žurnalas*. Kaunas-Akademija. Nr. 16, p. 62–71.
19. Karitonas, T.; Steponavičius, D. 2012. Determination the momentum of inertia of threshing cylinder. XXI International Scientific Students Conference: *Contemporary Aspects of Production Engineering*, 22–24th of May, 2012, Faculty of Production Engineering, Warsaw University of Life Science, Poland, p. 48–56.
20. Olsson, U.; Engstrand, U.; Rupšys, P. 2000. *Statistiniai metodai SAS ir MINITAB*. Akademija LŽŪU leidybos centras. 227 p.

Tautvydas Karitonas, Dainius Steponavičius, Albinas Andriušis, Laimis Bauša,
Edvinas Pužauskas

EVALUATION OF AIR VELOCITY WITHIN THE THRESHING CRESCENT

Summary

The rotation of combine harvester threshing cylinder creates an air flow within threshing crescent, part of which is directed through the openings in the concave. The present article gives the air flow velocity trials within threshing crescent. Experimental studies were carried out with a stationary tangential threshing

cylinder stand which consisted of 0.6 m diameter and 1.2 m wide eight rasp bars tangential threshing cylinder which is surrounded by concave with 146° . Air velocity was measured at 56 locations, distributed dependent on construction of concave. The air velocity was measured using a hot wire anemometer unit. The output data was recorded on PC using 10 bit ADC converter. Nine levels of cylinder peripheral speed (from $11.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ to $23.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) at cylinder-concave clearances of: 36 mm at front, 32 mm in middle, and 20 mm at rear part of concave were used in this experiment. The results of the experiment show that there were significant differences of air velocity among cylinder peripheral speeds and locations. The air velocity increased with increased cylinder peripheral speed and towards the rear of the concave. Air flow velocity within threshing crescent dependence on technological and constructional parameters of the threshing cylinder is presented.

Combine harvester, threshing apparatus, rasp bar, air flow, momentum of inertia.

Таутвидас Каритонас, Дайнюс Степонавичюс, Албинас Андриюс,
Лаймис Бауша, Эдвинас Пужаускас

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В МОЛОТИЛЬНОМ ЗАЗОРЕ

Резюме

При вращении молотильного барабана его частями создается воздушный поток в молотильном зазоре и вдоль щели подбарабанья. Воздушный поток в молотильном зазоре определялся термоанемометром. При его определении по длине оси барабана вся зона разбивалась на 7 равных частей. Измерения скорости воздушного потока по длине молотильного зазора проводилась в 8 сечениях (всего в 56 местах над подбарабаньем). Зазор между барабаном и подбарабаньем у входа в молотилку был 36 мм, в середине – 32 мм, а у выхода – 20 мм. Скоростной режим молотильного барабана изменялось в диапазоне от 350 мин^{-1} до 750 мин^{-1} (линейная скорость бича от $11,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ to $23,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). Из полученных данных следует, что во всех зонах по углу обхвата барабана декой, скорость воздушного потока нарастает по мере приближения к выходу из молотильного пространства. При скоростном режиме 350 мин^{-1} разница между скоростью воздушного потока у входа в молотилку и у выхода достигла $1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, а при вращении барабана 750 мин^{-1} – около $3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Экспериментами было установлено связь между линейной скоростью бича барабана и им создаваемого воздушного потока. Из приведенных исследований видно, что величина воздушного потока у входа в молотилку достигает 61,3% окружной скорости барабана, а у выхода 72,3 %, при моменте инерции барабана $I=8,34 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Зерноуборочный комбайн, молотильно-сепарирующее устройство, бич, воздушный поток, момент инерции.