

UNIVERSITATEA AGRARĂ DE STAT DIN MOLDOVA

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.:631.331.81

GHEORGHÎA ANDREI

**SPORIREA EFICACITĂȚII FUNCȚIONĂRII SISTEMULUI
DE DISTRIBUȚIE AL SEMĂNĂTOAREI PENTRU CULTURI
CEREALIERE**

**255.01 TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU
AGRICULTURĂ ȘI DEZVOLTARE RURALĂ**

Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice

CHIȘINĂU, 2021

Teză a fost elaborată în laboratorul pentru cercetări științifice a catedrei Mecanizarea agriculturii din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova

Conducător științific:

SERBIN Vladimir, dr. hab. în științe tehnice, prof. univ., UASM

Consiliul Științific Specializat a fost aprobat de către Consiliul de Conducere al ANACEC prin decizia nr. 1 din 31 iulie 2020, în următoarea componență:

Referenți oficiali:

1. **CEREMPEI Valerian**, dr. hab. în tehnică, conf. univ., UASM;
2. **LÎȘÎI Radu**, dr. în tehnică; director SRL "Ecoplantera".

Componența consiliului științific specializat:

1. **MARIAN Grigore**, dr. hab. în tehnică, prof. univ., UASM – **Președinte al CȘS**
2. **NAZAR Boris**, dr. în tehnică, conf. univ. inter., UASM – **secretar al CȘS**
3. **STOICEV Petru**, dr. hab. în tehnică, prof. univ., UTM – **membru al CȘS**
4. **MELNIC Iurie**, dr. în tehnică, conf., univ., UASM, – **membru al CȘS**
5. **GADIBADI Mihail**, dr. în tehnică, conf., univ. UASM – **membru al CȘS**

Susținerea va avea loc la 14.04.2021, ora 14⁰⁰, online

în ședința Consiliului Științific Specializat D 255.01-28

din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova, MD-2049, Chișinău, str. Mircești 56, Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto, etajul 3, sala 318.

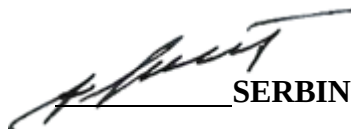
Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate la Biblioteca Republicană Științifică a Universității Agrare de Stat din Moldova, și pe pagina web CNAA (www.cnaa.md).

Rezumatul a fost expediat la 05.03.2021

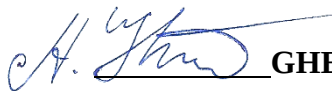
Secretar științific al Consiliului științific specializat,
dr. în științe tehnice, conf. univ. inter.


_____**NAZAR Boris**

Conducător științific
dr. hab. în științe tehnice, profesor universitar


_____**SERBIN Vladimir**

Autor


_____**GHEORGHITA Andrei**

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța temei abordate. Tema tezei de doctorat se înscrie în prevederile *Strategiei de Dezvoltare a Agriculturii și Mediului Rural din Moldova 2014–2020* și corespunde *direcției strategice din sfera științei și inovării pentru anii 2013–2020: materiale, tehnologii și produse inovative*.

Agricultura este una dintre ramurile importante ale economiei țării noastre. Modernizarea și restructurarea treptată a sectorului agroindustrial necesită o atenție sporită, fiind unul dintre domeniile prioritare de dezvoltare durabilă a complexului agroalimentar al Republicii Moldova.

Semănatul este un procedeu agrotehnic care constă în repartizarea semințelor în stratul superior al solului, creând condiții optime pentru încolțirea lor și dezvoltarea plantelor. Una dintre condițiile extrem de importante este desimea plantelor, care determină suprafața de nutriție a unei singure plante [1,2,3,4,5,6].

Una dintre metodele eficiente de sporire a productivității muncii în agricultură este intensificarea proceselor tehnologice, în special majorarea vitezei de lucru a agregatelor, inclusiv a celor de semănat [7,8,9]. Majorarea vitezei de semănat este limitată de construcția sistemelor de distribuție pentru semănatul culturilor cerealiere, răsfrângându-se în mod considerabil asupra cheltuielilor pentru producția culturilor, termenelor agrotehnice și asupra recoltei [10,11,6].

Mașinile pentru semănat culturi cerealiere sunt dotate cu sisteme de distribuție care dozează masa semințelor transportate spre organele de încorporare sub influența greutății proprii. Sistemul de distribuție, ca organ principal de lucru al semănătorii, îndeplinește rolul unor organe de dozare [12,13,14,15], evacuând (preluând) cantități determinate de semințe într-o unitate de timp, și de transportare a lor către locul încorporării în sol. Ele trebuie să îndeplinească următoarele cerințe agrotehnice: să dozeze uniform semințele pe rând și pe lățimea de lucru, să asigure un debit de semințe stabil, indiferent de relieful câmpului, înclinația mașinii de semănat sau viteza de înaintare, și să nu vatăme semințele [16,17].

Actualmente, indicii calitativi de funcționare a sistemului de distribuție nu satisfac cerințele agrotehnice, întrucât diferența distribuirii semințelor de către aparatele semănătorii variază cu o abatere de $\pm 10\text{--}20\%$ de la norma stabilită. În același timp, dozarea semințelor de către fiecare canelură este neuniformă, creându-se un flux nestabil de semințe distribuite în tubul de conducere. Totodată, majorarea vitezei de lucru duce la instabilitatea fluxului de semințe dozate și transportate, datorită construcției și regimurilor de funcționare. Din acest motiv, sistemul de distribuție prezintă un interes sporit pentru cercetare, iar modernizarea acestuia va permite reducerea variației distanței dintre semințe pe suprafața repartizării și va asigura uniformitatea semințelor de-a lungul rigolei la viteze de lucru majorate.

În opinia noastră, problema dată poate fi soluționată prin orientarea canelurilor sub un unghi de răsucire a canelurilor cilindrului canelat și prin transportarea forțată a semințelor spre organele de încorporare cu flux de aer [1,18,19,12].

Scopul tezei: îmbunătățirea indicatorilor tehnologici ai calității semănatului culturilor cerealiere prin optimizarea parametrilor constructivi-funcționali a sistemului de distribuție a semințelor la mașinile de semănat culturi cerealiere.

Obiectivele cercetării:

- 1) sinteza informației privind sporirea eficacității funcționării sistemului de distribuție al mașinilor pentru semănatul culturilor cerealiere, clasificarea, căile perfecționării;
- 2) cercetarea teoretico-experimentală, asistată de calculator, a procesului de dozare, distribuție și transportare a semințelor de culturi cerealiere în baza modelului 3D elaborat;
- 3) elaborarea bazelor teoretice ale procesului de funcționare a sistemului de dozare și transportare a semințelor spre locul de încorporare al mașinilor pentru semănatul culturilor cerealiere;
- 4) elaborarea, în baza cercetărilor teoretice, a mostrelor experimentale și efectuarea încercărilor de laborator, în canalul cu sol și în câmp, cu evaluarea capacităților

funcționale și a indicilor agrotehnici impuși de cerințele față sistemele de distribuție și transportare;

- 5) argumentarea parametrilor și regimurilor de funcționare ale sistemului de distribuție și transportare a semințelor spre locul de încorporare la mașinile pentru semănatul culturilor cerealiere în baza rezultatelor obținute;

Ipoteza de cercetare: posibilitatea îmbunătățirii indicatorilor calității semănatului culturilor cerealiere prin modificarea construcției și optimizarea regimurilor de funcționare a sistemului de distribuție și prin transportarea forțată a semințelor spre organele de încorporare cu flux de aer.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese. Metoda empirică, ce prevede verificarea experimentală a teoriei și urmărirea evoluției proceselor naturale și tehnice, a fost realizată în laboratorul de cercetare al Catedrei Mecanizarea agriculturii a Universității Agrare de Stat din Moldova, prin: studiul bibliografic, cu evidențierea neajunsurilor în domeniu; simularea la calculator a procesului de funcționare a sistemului de distribuție cu ajutorul softului SolidWorks; desfășurarea experimentelor cu utilizarea dispozitivelor electronice de control și achiziție a datelor, de tip Arduino, asistate de calculator prin software-ul LabVIEW; desfășurarea experimentelor cu utilizarea planurilor de optimizare (de tip Box-Behnken, Respoce Surface); prelucrarea datelor cu ajutorul analizei One-Way ANOVA și Outliner Identification prin intermediul softului Statgraphic; utilizarea, la realizarea încercărilor, a mijloacelor de măsurare etalonate și atestate conform normelor legale, stabilite de către Institutul de Standardizare din Moldova.

Inovația științifică: elaborarea și argumentarea formulei de calcul al amplitudinii absolute a suprafețelor de lucru ale canelurilor și ale dispozitivului de recepție și convertire a fluxului de semințe, care să asigure uniformitatea distribuției pe suprafața de repartizare a semințelor de-a lungul rigolei, sub limitele cerințelor agrotehnice, la viteze majorate.

Implementarea rezultatelor științifice: rezultatele cercetărilor au fost implementate în SDE „Petricani” a UASM, precum și în întreprinderile agricole SRL „Vadalex-Agro” și SA „ATC-Agrotehcomerț”.

Publicații la tema tezei: Conținutul de bază al tezei de doctorat este reflectat în 6 lucrări științifice publicate, dintre care: 4 în reviste naționale, 2 la conferințe republicane internaționale, 2 de un singur autor și 1 brevet de invenție.

Structura tezei: introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 111 titluri, 3 anexe, 123 pagini de text de bază, 148 figuri și 21 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 6 lucrări științifice și 1 brevet de invenție.

Cuvinte-cheie: semănat; mașină de semănat; aparat de dozare; cilindru canelat; sistem de transportare; uniformitate de repartizare; sistem de distribuție.

CONȚINUTUL TEZEI

Teza este întocmită în patru capitole însoțită de cuprins, adnotarea în trei limbi, lista de abrevieri, introducere, concluzii generale și recomandări, referințe bibliografice și trei anexe.

Capitolul I intitulat „**Analiza situației actuale privind sistemele de distribuție**” prezintă o sinteză a publicațiilor științifice de ultimă oră, care reflectă următoarele aspecte: rolul și importanța lucrării de semănat pentru culturile cerealiere, cerințele agrotehnice impuse mașinilor, operația tehnologică de semănat culturi cerealiere, clasificarea mașinilor de semănat culturi cerealiere, studiul echipamentelor de semănat, problema de cercetare și direcțiile de soluționare în domeniul semănatului culturilor cerealiere.

Au fost abordate probleme tipice ale semănatului culturilor cerealiere, precum asigurarea distribuției uniforme a semințelor de-a lungul rândului, efectuarea semănatului la viteze majorate fără pierderea calității acestuia. Aceste probleme au fost analizate în cadrul utilizării sistemului de distribuție, care mai are o serie de neajunsuri, cum ar fi imposibilitatea de a utiliza una și aceeași mașină de semănat pentru mai multe culturi, distribuirea semințelor la distanțe diferite între ele (și între plante) de-a lungul rândului.

Calitatea semănatului se apreciază și prin uniformitatea distribuirii semințelor pe suprafață, care influențează ulterior gradul de germinare a culturilor, mărimea spicelor, dezvoltarea plantelor agricole, altfel spus fiabilitatea și potențialul recoltei [20,21]. Combinațiile particulare ale uniformității repartizării plantelor, construcția mașinilor pentru semănat admit crearea diferitor modele distincte de înființare a culturilor [22,23].

Actualmente, mașinile de semănat sunt dotate cu o gamă largă de dispozitive de dozare a semințelor, acestea fiind clasificate fie după „precizie”, fie după „masa fluxului”, în funcție de principiul lor de funcționare și modul de semănat.

La aparatele de dozare cu cilindri canelați, uniformitatea scurgerii semințelor din aparat depinde de viteza de rotație a arborelui de acționare. La viteze mari ($40-60 \text{ min}^{-1}$) ale cilindrului canelat se formează un flux continuu de semințe la evacuarea din dozator. La viteze mici ($10 - 40 \text{ min}^{-1}$), debitul de semințe capătă o formă pulsatorie deoarece fiecare canelură evacuează semințele individual din fereastra de evacuare. Reducerea expunerii cilindrului canelat la lotul de semințe și, în același timp, creșterea vitezei de rotație pentru a da aceeași normă de dozare este o modalitate de a îmbunătăți uniformitatea debitului de semințe [24,17,25,26,27].

Pentru uniformizarea debitului de semințe dozate și micșorarea pulsațiilor fluxului de semințe sunt propuse următoarele soluții constructive:

- dispunerea alternativă a canelurilor pe două jumătăți ale suprafeței cilindrului;
- înclinarea canelurilor față de generatoarea cilindrului;
- înclinarea muchiei terminale a clapetei mobile față de generatoarea cilindrului.

Sa efectuat analiza construcției aparatelor de dozare cu cilindri canelați, care se montează pe semănători de culturi cerealiere, din baza de date a brevetelor de invenție.

Ca dezavantaje al acestor aparate de semănat se poate de indicat repartizarea neuniformă a semințelor pe suprafața de însămânțare la norme mici de semănat, prin deplasarea în direcția axială către interiorul sau exteriorul cutiei de semințe a cilindrului canelat. Unghiul de înclinare a canelurilor este îndreptat contra direcției de evacuare a semințelor, provocând alunecarea semințelor din caneluri înapoi în aparatul de distribuție. Concomitent cu aceasta nu este ajustat unghiul de înclinare al canelurilor cilindrului față de linia axială a cilindrului cu unghiul liniei de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile, ceea ce duce la o evacuare pulsatoriu-porționată a semințelor și complică instalarea la norme mici de semănat din contul pierderii efectului înclinării unghiului canelurilor cilindrului. Un alt neajuns este lățimea fluxului de semințe la evacuarea din aparatul de distribuție spre pâlnia tubului de conducere, care este aproximativ egală cu lățimea clapetei mobile (în cazul dat 33 mm), în pofida faptului că rigola, în funcție de brăzdarul folosit, are lățimea de $20-60 \text{ mm}$, iar diametrul tubului de conducere este egal cu 40 mm . Totodată, axa repartizării fluxului de semințe este perpendiculară cu axa rigolei în plan orizontal, și nu de-a lungul ei, ceea ce duce la o suprafață de repartizare mai mare pe lățimea rigolei, neuniformă și în formă de Z de-a lungul rigolei. Toate acestea cauzează reducerea recoltei culturilor agricole [28].

Capitolul II intitulat „Cercetări teoretice privind elaborarea sistemului de distribuție”

realizează o cercetare teoretică a condițiilor de dozare de către aparatele de distribuție. În baza acestor cercetări au fost argumentați parametrii constructivi. S-au realizat cercetări teoretice legate de procesul de deplasare a semințelor prin tubul de conducere, în baza cărora s-a determinat unghiul orientării tubului de conducere la diferite viteze ale curentului de aer. O cercetare teoretică amplă s-a făcut asupra procesului de dozare și transportare a semințelor, iar în baza acestora s-au determinat factorii principali care influențează condițiile optime și factorii care destabilizează procesul uniform de distribuție. Studiul respectiv a determinat direcția principală de cercetare experimentală.

Pentru o analiză mai detaliată a influenței unghiului de înclinare a canelurilor și a unghiului capătului posterior al clapetei mobile asupra fluxului de semințe format de dispozitivul de dozare a fost elaborat modelul 3D.

Astfel s-a stabilit că aria suprafeței de lucru S_{li} (Fig. 1) este egală cu suma ariei suprafeței de lucru a canelurii S_{lci} și a ariei suprafeței de lucru a stratului activ S_{lsai} formate de planul τ descris de linia de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile și un punct de pe linia axială cilindrului canelat, care întretaie canelurile în $i = 0-12$ puncte amplasate radial și echidistant pe lungimea arcului format de o canelură.

În baza valorilor obținute de la senzorii care monitorizează aria suprafeței de lucru, din programa DS SolidWorks, la diferiți parametri constructivi ai ansamblului dintre cilindrul canelat și clapeta mobilă, au fost construite diagramele variației ariei suprafeței de lucru în funcție de punctul amplasării pe canelură (Fig. 2, Fig. 3).

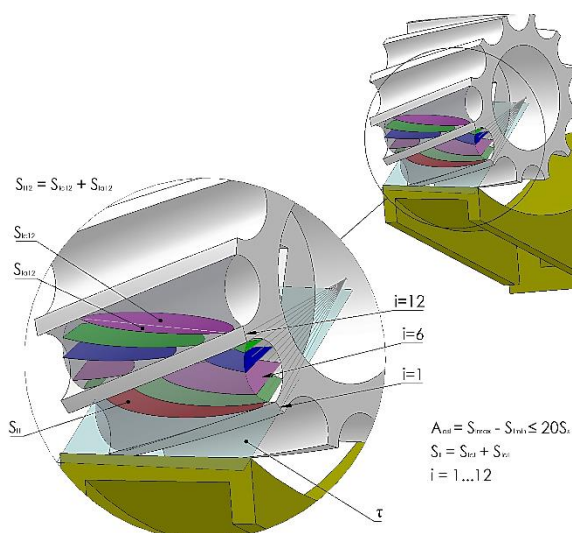


Fig. 1. Parametrii constructivi ai ansamblului dintre cilindrul canelat și clapeta mobilă

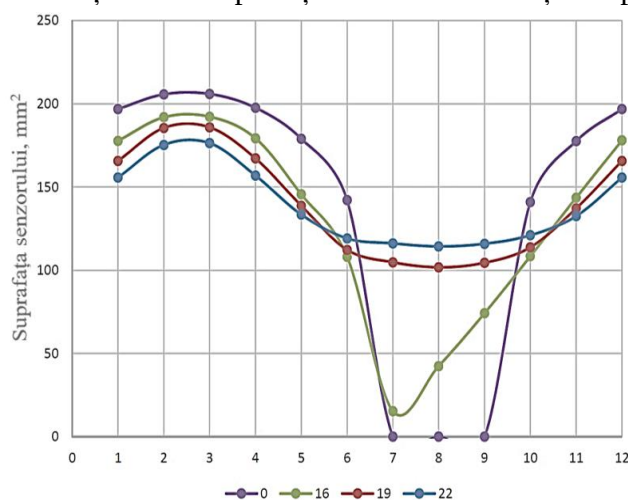


Fig. 2. Variația ariei suprafeței senzorului în funcție de punctul amplasării pe canelură la unghiuri de răsucire a canelurilor de 0, 16, 19 și 22°

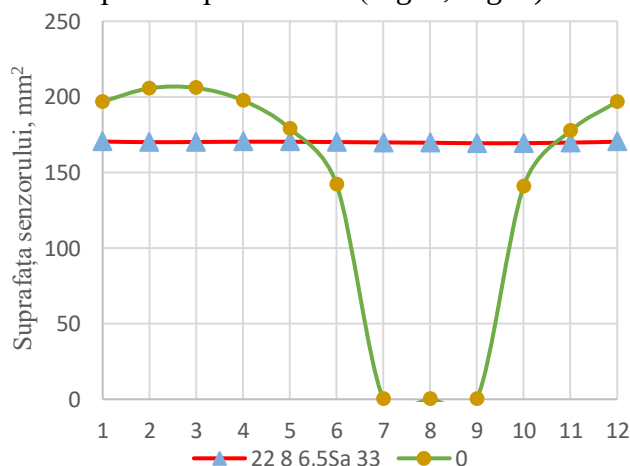


Fig. 3. Variația ariei suprafeței senzorului în funcție de punctul amplasării pe canelură la lungimea activă a cilindrului canelat de 33 mm și unghiuri de răsucire a canelurilor de 0 și 22°

Modificarea unghiului de lucru $\delta_{lcl} = 8^\circ$ al clapetei mobile (Fig. 3) și a unghiului de răsucire a canelurilor $\alpha_{rc} = 22^\circ$ reduce practic la zero amplitudinea absolută A_{asl} a variației ariilor suprafețelor de lucru. Aceasta presupune că, la orice poziție a canelurii față de clapeta mobilă, pulsația fluxului de semințe va fi minimală sau va avea o valoare nesemnificativă.

Cele mai bune rezultate se obțin la aparatul de distribuție în care este instalat cilindrul canelat efectuat sub un unghi de răsucire $\alpha_{rc}=22^\circ$, aproximativ egal cu unghiul $\alpha_{elic}=13,65^\circ$ efectuat după linie elicoidală față de linia axială a cilindrului, fiind înclinat față de rozetă spre direcția de evacuare a semințelor din aparatul de distribuție. Lungimea de lucru a cilindrului canelat este $L_{lc} = 33 \text{ mm}$.

Totodată, amplitudinea absolută A_{asl} a ariilor suprafețelor de lucru S_{li} , egală cu diferența dintre aria suprafeței de lucru maximală S_{lmax} și aria suprafeței de lucru minimală S_{lmin} , trebuie să fie egală sau mai mică de $20S_s$ ($A_{asl} = S_{lmax} - S_{lmin} \leq 20S_s$, S_s – aria secțiunii maestre a seminței), ceea ce corespunde cu unghiul de lucru $\delta_{lcl} = 8^\circ$. Aria suprafeței de lucru S_{li} este egală cu suma ariilor suprafeței de lucru a canelurii S_{lci} și aria suprafeței de lucru a stratului activ S_{lsai} formate de planul τ descris de linia de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile și un punct de pe linia axială cilindrului canelat, care întretaie canelurile în $i = 0-12$ puncte amplasate radial și echidistant pe lungimea arcului format de o canelură.

Simulările dinamicii fluxului de semințe erau efectuate la diferite viteze de rotație constante a cilindrului și cu diferiți parametri constructivi ai dispozitivului de recepție și convertire a fluxului până s-a stabilit construcția optimă care se potrivea scopurilor propuse (Fig. 5).

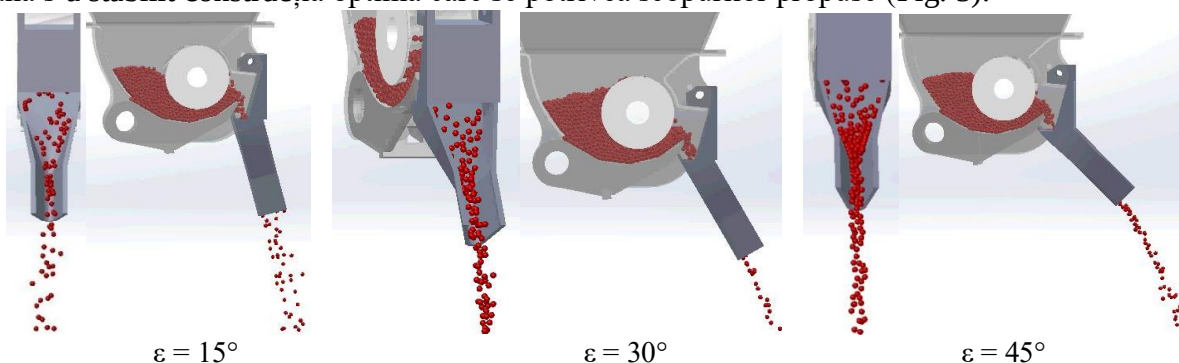


Fig. 5. Simularea asistată de calculator a cinematiei și dinamicii fluxului de semințe care trece prin dispozitivul de recepție și convertire

S-a stabilit că dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe cu cea mai bună construcție (Fig. 6) este efectuat sub un unghi $\varepsilon = 30^\circ$ față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă și înclinat contra direcției deplasării semănătorii.

Principalii parametri constructivi sunt descriși prin două figuri geometrice deplasate la o distanță care să permită convertirea fluxului

$L_{conv} \geq 2DS_s$. Prima figură este dreptunghiulară, cu o latură de lungimea L_d egală cu lățimea clapetei

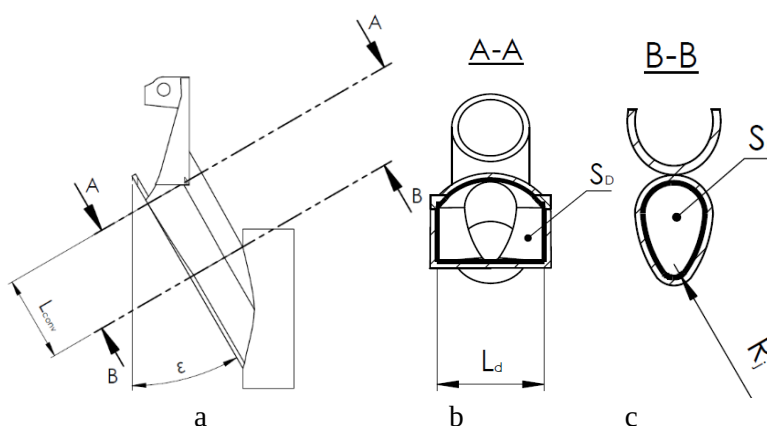


Fig. 6. Reprezentarea grafică a parametrilor constructivi ai dispozitivului de recepție și convertire a fluxului de semințe: a) vedere generală; b) vederea A-A; c) vederea B-B

mobile L_{lc} sau distanța dintre pereții laterali ai aparatului de distribuție și o latură circumferică. Aria figurii S_D este egală sau mai mare cu aria secțiunii transversale a fluxului S_f . A doua figură este aproximativ elipsoidală, cu raza de jos R_j mai mare sau egală cu raza secțiunii maestre a seminței, iar aria figurii S_E este egală sau mai mare cu aria secțiunii transversale a fluxului S_f .

În timpul deplasării semințelor prin dispozitivul de recepție și convertire (9) (Fig. 6 a)), datorită parametrilor constructivi ai dispozitivului (Fig. 6 a), b), c)), descriși mai sus, fluxul de semințe își modifică axa de repartizare din perpendiculară pe axa rigolei în paralelă (de-a lungul rigolei) în plan orizontal, ceea ce duce la o suprafață de repartizare mai uniformă de-a lungul rigolei.

Diametrul secțiunii transversale a fluxului de semințe la evacuare din dispozitivul de recepție și convertire este mai mic de ≤ 20 mm.

Dispozitivul de recepție și convertire poate fi adaptat la transportarea semințelor atât sub acțiunea forței gravitaționale, cât și la transportarea forțată prin folosirea fluxului de aer cu suprapresiune creat de ventilator.

Cercetările efectuate privind sistemele de distribuție arată că pentru îmbunătățirea uniformității de distribuție a semințelor în brazdă este necesar de a reduce în mod semnificativ timpul în care semințele trec prin în tubul de conducere [29]. Astfel, la deplasarea mașinii de semănat cu o viteză mai mare de 9 km/h, aparatul de distribuție trebuie să asigure o alimentare forțată cu semințe pe fundul brazdei [30,14,31].

În timpul trecerii semințelor prin tuburile de conducere, fluxul de semințe suferă o modificare calitativă cauzată de modificarea regimului de mișcare a semințelor, urmare a ciocnirilor repetate cu pereții interiori ai tubului. Influența ciocnirilor semințelor cu pereții tubului asupra uniformității fluxului de semințe va fi redusă la minimum în tuburile la care condițiile de producere a ciocnirilor repetate, precum și efectul lor vor fi eliminate.

Pentru alimentarea forțată, la fundul brazdei este folosită energia fluxului de aer.

Aceasta comunică viteză suplimentară și energie cinetică materialului semincer, favorizând deplasarea prin tubul de conducere și învingând rezistența forțelor care apar în timpul deplasării. Există astfel oportunitatea de a mări calitatea de repartizare prin uniformizarea fluxului de semințe și micșorarea numărului de ciocniri cu peretele tubului și de a reduce timpul de transportare către zona de acoperire a brazdei [32].

Studiul deplasării seminței se desfășoară luând în considerare modificările în condițiile mișcării la șapte poziții (Fig. 7, Fig. 8). Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței vom utiliza legea de mișcare aplicată pentru un punct material (bobul) de masă m , aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea h , cu viteza $\vec{v}_m$. Se va lua în considerare și forța aerului, reprezentată prin rezistența mediului, de forma $R_z = -cv$.

Ecuațiile parametrice ale traiectoriei de zbor în funcție de timp sunt:

$$y = -h_f + \frac{1}{\mu} \left(v_m - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t, \quad (1)$$

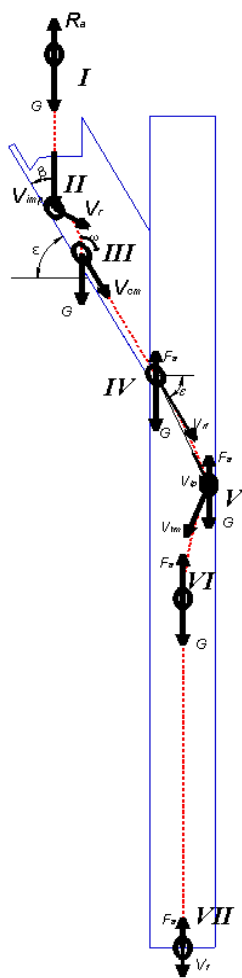


Fig. 7. Schema de mișcare a seminței cu rezistența aerului

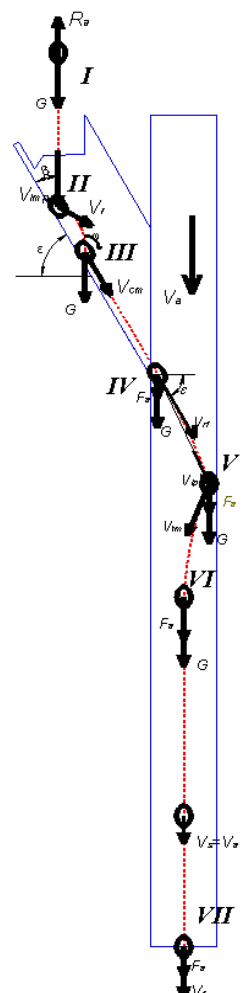


Fig. 8. Schema de mișcare a seminței cu forța portantă a aerului

care reprezintă ecuația liniară ce se găsește în planul $x = 0, z = 0$ (traectoria este o linie dreaptă).

În momentul ieșirii seminței din tubul de conducere v_f , valoarea coordonatei pe axa y în sistemul de coordonate va fi $y = 0$. Prin urmare, egalând cu zero ecuația (1) și rezolvând-o în funcție de înălțimea maximă la care bobul va ieși din tubul de conducere h_f , vom obține:

$$h_f = \frac{1}{\mu} \left(v_m - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t. \quad (2)$$

Influența forței fluxului asupra seminței este condiționată de rezistența aerului, asociată cu fluxul de aer în jurul seminței, care generează forța motrică direcționată de-a lungul axei longitudinale a fluxului.

Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței lansat într-un flux de aer vom utiliza legea de mișcare aplicată pentru un punct material (bobul) de masă m (Fig. 9), aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea h cu viteza $\vec{v}_m$. Se va lua în considerare și forța portantă a aerului, orientată în sensul vitezei de deplasare, de forma $R_p = cv$.

Înlocuind aceste valori și constantele în ecuația, obținem legea de mișcare:

$$v_s = \dot{y} = \left(v_m - \frac{g}{\mu_y} \right) e^{\mu_y t} + \frac{g}{\mu_y} \geq v_a \quad (3)$$

Ecuația parametrică a traiectoriei de zbor în funcție de timp este:

$$y = -h_s + \frac{1}{\mu_y} \left(v_m - \frac{g}{\mu_y} \right) (e^{\mu_y t} - 1) + \frac{g}{\mu_y} t \quad (4)$$

care reprezintă ecuația liniară ce se găsește în planul $x = 0, z = 0$ (traectoria este o linie dreaptă).

În momentul când viteza bobului v_s va fi egală cu viteza aerului v_a , valoarea coordonatei pe axa y în sistemul de coordonate va fi $y = 0$. Prin urmare, egalând cu zero ecuația (4) și rezolvând în funcție de înălțimea maximă h_s la care se va respecta condiția $v_s = v_a$, vom obține:

$$h_s = \frac{1}{\mu_y} \left(v_m - \frac{g}{\mu_y} \right) (e^{\mu_y t} - 1) + \frac{g}{\mu_y} t. \quad (5)$$

După momentul egalării vitezei bobului cu viteza aerului ($v_s = v_a$), acesta se va deplasa într-un mediu rezistent, viteza bobului fiind mai mare decât viteza aerului ce va acționa ca o forță pasivă unică asupra bobului. Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței se va lua în considerare și forța aerului, care iar va fi reprezentată prin rezistența mediului, de forma $R_z = -cv$

În acest caz, legea de mișcare a seminței va fi:

$$v_f = \dot{y} = \left(v_s - \frac{g}{\mu} \right) e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu}, \quad (6)$$

iar ecuația parametrică a traiectoriei de zbor în funcție de timp va fi:

$$y = -h_f + \frac{1}{\mu} \left(v_m - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t. \quad (7)$$

Prin urmare, egalând cu zero ecuația (8) și rezolvând în funcție de înălțimea maximă la care bobul va ieși din tubul de conducere h_f , vom obține:

$$h_f = \frac{1}{\mu} \left(v_m - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t. \quad (9)$$

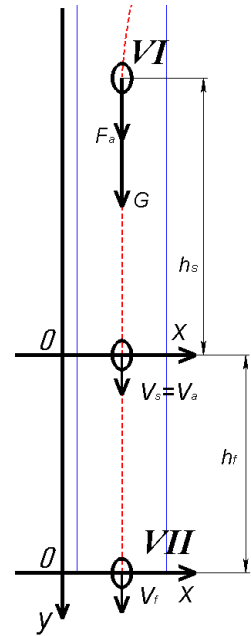


Fig. 9. Schema mișcării seminței la poziția VI-VII

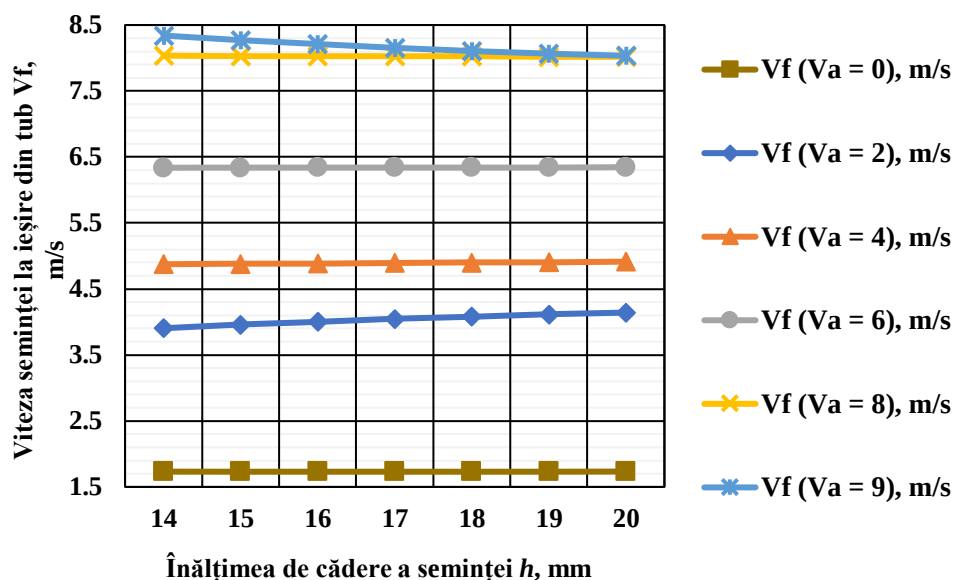


Fig. 10. Variația vitezei seminței la ieșirea din tubul de conducere în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I-II

Astfel, cunoscând distanța până la ieșirea seminței din tubul de conducere h_f , putem calcula vitezei bobului v_f la care bobul va atinge această distanță prin înlocuirea termenilor în ecuațiile (6) și (9). Reprezentarea grafică a vitezei în momentul ieșirii bobului v_f și a înălțimii h_f , calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I-II (Fig. 10).

Din sistemul de distribuție, bobul iese prin tubul de conducere și nimerește în zona de încorporare în sol, unde este fixat de un strat de pământ, oprind astfel mișcarea seminței.

Rezultatele preliminare arată că viteza fluxului de aer la care nu sunt deteriorate semințele este cuprinsă între 8,5-9,0 m/s.

La analiza rezultatelor simulării asistate de calculator a fluxului de aer în tubul de conducere propus (Fig. 11 a)), la diferite viteze ale aerului ($V_a = 4, 8$ m/s), se observă că viteza curenților de aer turbionari creați în dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe este minimală și nu are influență asupra deplasării semințelor de-a lungul dispozitivului, dar la majorarea vitezei aerului în tubul de conducere semințele au tendința de centrare.

Simularea asistată de calculator a traiectoriei de zbor a semințelor (Fig. 11 b), c)) cu particule virtuale cărora li s-au atribuit caracteristici cât mai apropiate de materialul semincer (diametrul secțiunii maestre, densitatea materialului) demonstrează că, la majorarea vitezei aerului în tubul de conducere, particulele au tendința de centrare. Aceasta duce la micșorarea numărului de ciocniri cu pereții interiori ai tubului de conducere și a timpului de transportare către zona de încorporarea în sol.

Capitolul III intitulat „Metodologia cercetărilor experimentale” descrie programul cercetărilor și procesul de elaborare a instalației de laborator, cuprinde informații referitoare la alegerea

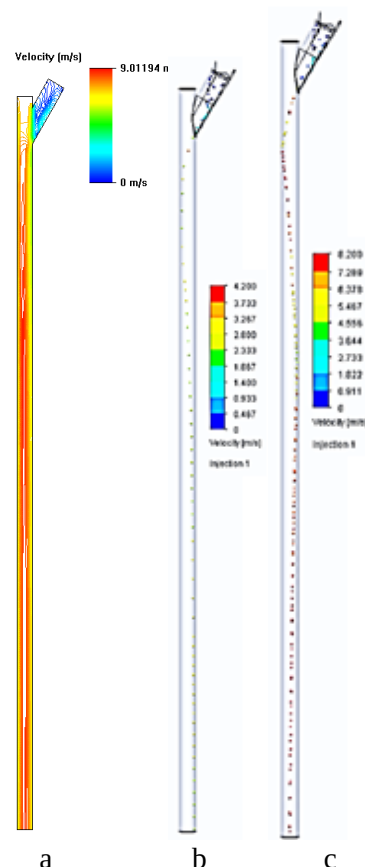


Fig. 11. Reprezentarea grafică a rezultatului simulărilor CFD
a) vectorii vitezelor fluxului de aer;
b), c) traiectoria de zbor a bobului în flux de aer cu viteza de 4 m/s și, respectiv, 8 m/s

instrumentelor și a echipamentelor de măsurare, la metodologia încercărilor experimentale privind aprecierea traiectoriei de deplasare a semințelor prin tubul de conducere simplu și cu flux de aer, aprecierea agrotehnică a calității lucrărilor de semănat în condiții de câmp.

Au fost aprobate metodele de organizare și de planificare a experimentului. Au fost elaborate standurile și mostrele experimentale, echipamentele și instrumentele necesare pentru efectuarea cercetărilor. A fost stabilită strategia de prelucrare a rezultatelor obținute și metoda de estimare a modelelor matematice, au fost determinate caracteristicile în baza cărora s-a realizat analiza statistică a rezultatelor obținute.

Experiențele s-au realizat la instalația de cercetare a sistemului de distribuție din cadrul Laboratorului de testare a mașinilor agricole, UASM. Monitorizarea experimentelor a fost asistată de calculator (Fig. 12) prin intermediul plăcilor electronice (microcontroler) de tip Arduino Leonardo și software-ului LabVIEW. Cu ajutorul acestor aplicații tot procesul de control și achiziție a datelor cercetărilor experimentale este automatizat și exclusă eroarea umană.

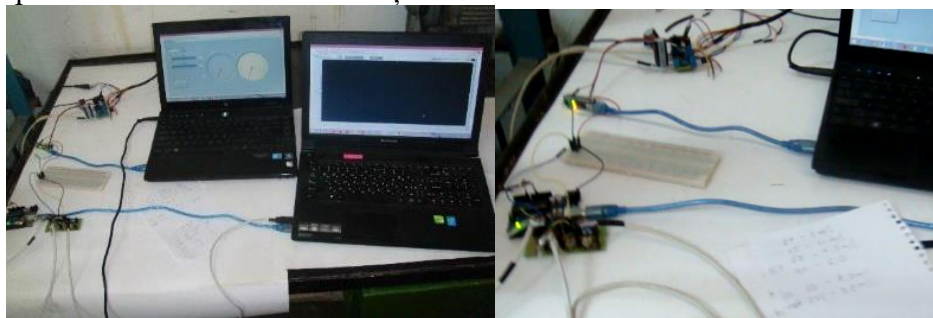


Fig. 12. Sistemul automatizat de control și achiziție al instalației

Fabricarea pieselor sistemului de distribuție, care ulterior au fost supuse încercărilor, s-a realizat la imprimanta 3D BfB cu suprafața de printare (275x275x210 mm).

Pentru comparație, ca punct de referință, au fost organizate experiențe cu sistemul de distribuție standard al mașinii de semănat SZ-3,6, cu cilindru canelat la diferite lungimi active ale canelurii (L_{lc}) – de 13, 26 și 39 mm. Regimurile de lucru corespunzătoare ale aparatului de distribuție cu cilindru canelat au fost: turațiile de (n) 10, 20, 30, 40, 50 și 60 min^{-1} , atât sub acțiunea gravitației, cât și forțat în flux de aer cu suprapresiune, viteza acestuia fiind stabilită la 2, 4, 4,5, 6 și 8 m/s.

Obiectele cercetărilor au fost supuse experiențelor atât la regimuri de lucru variabile, cât și cu diferiți parametri geometrice. Cilindru canelat experimental, având unghiul de răsucire (α_{rc}) = 22° (Fig. 13), lățimea canelurilor de 10,6 mm, lungimea activă a canelurii (L_{lc}) 33 mm și clapeta mobilă cu unghiul de lucru δ_{ld} = 8°.

În prima serie de cercetări (Fig. 14) au fost organizate experiențe cu tuburi de conducere care au fost instalate sub unghiuri de înclinare de 0, 15 și 30° față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă, pentru argumentarea unghiului de lucru optimal.



Fig. 13. Clapeta mobilă cu unghiul de lucru δ_{ld} = 8° și cilindru canelat cu canelurile efectuate sub unghi de răsucire a cilindrului α_{rc} = 22°



Fig. 14. Aspecte din timpul experiențelor cu tuburi de conducere cu unghiul de înclinare față de axa verticală de scurgere: 1) 0°; 2) 15°; 3) 30°

Dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe, propus în baza rezultatelor experiențelor și aspectelor teoretice ale simulărilor la calculator, a fost supus cercetărilor fără modificarea lungimii active a canelurii, adică (L_{lc}) 39 mm, la regimurile de lucru corespunzătoare: frecvența de rotație (n) 10, 20, 30, 40, 50 și 60 min^{-1} (Fig. 15), viteza fluxului de aer 2, 4, 4,5, 6 și 8 m/s. Unghiul de înclinare a vectorului fluxului de aer față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă a fost egal cu unghiul de înclinare a tubului de conducere, adică 0° .

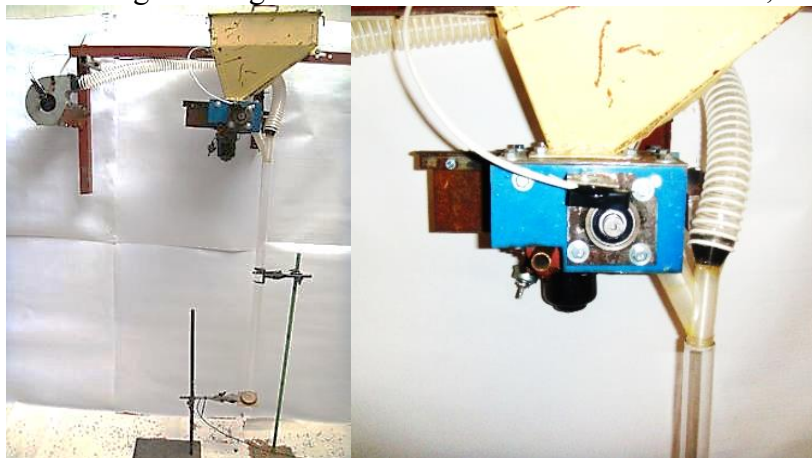


Fig. 15. Aspecte din timpul experiențelor cu sistemul de distribuție cu dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe propus

La cercetări au fost utilizate semințe de sorg calibrate cu sita de diametrul 2,5 mm și masa hectolitrică de 759,9 g/l și de grâu.

Datelor se înregistrau pe parcursul a 15 s, după care se efectua o verificare adițională a corectitudinii parametrilor prestabiliți ai regimurilor de lucru, după care datele achiziționate se salvau prin exportarea acestora atât în format XLS, cât și în formă de fotografie de format jpg.

Veridicitatea rezultatelor obținute a fost asigurată prin repetarea experimentelor de cel puțin 3 ori.

Studiul experimental privind sistemul de distribuție cu cilindru canelat modernizat a fost efectuat pe instalația experimentală în canalul cu sol. La fiecare trecere a căruciorului se efectua o rigolă neacoperită cu sol la fundul căreia era amplasat un șir de semințe. Toate trecerile au fost filmate cu ajutorul aparatului de fotografiat.

Modificarea vitezei de deplasare a căruciorului s-a efectuat prin intermediul cutiei de viteze cu 4 trepte. Pentru o simulare cât mai aproape de condițiile reale de lucru, dat fiind faptul că viteza de deplasare a agregatului recomandată la semănatul culturilor cerealiere este de până la 9 km/h, experiențele în canalul de sol au fost realizate la treptele a II-a, III-a și a IV-a (respectiv la 1, 2,1 și 3,2 m/s), asigurându-se astfel deplasarea căruciorului cu o viteză de până la 11,2 km/h.

Transportarea materialului semincer către brăzdar se efectua atât sub acțiunea gravitației, cât și forțat în flux de aer cu suprapresiune, viteza acestuia fiind stabilită la 4 și 8 m/s. Unghiul de înclinare a vectorului fluxului de aer față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă este egal cu unghiul de înclinare a tubului de conducere, adică 0° .

Frecvența de rotație a cilindrului canelat (n) a fost setată prin intermediul software-ului LabVIEW, instalat în notebook la 20, 40 și 60 min^{-1} .

Experiențele efectuate în canalul cu sol au fost organizate în baza planului de tip Box – Benkin cu 3 factori variabili. Datele experimentale au fost prelucrate în baza programei Microsoft Office Excel și STATGRAPHICS Centurion XV.

În condițiile de câmp semănătoarea a fost testată la semănatul culturii orzului, în termeni agrotehnici, pe o suprafață de 64 ha. Cercetările au fost realizate în cadrul Î.S. „Stațiunea Didactico-Experimentală Petricani”; S.A. „ATC-Agrotehnocomerț” și S.R.L. „Vadalex-Agro”. Semănatul a fost efectuat prin metoda rândurilor înguste la adâncimea de 4 cm. Agregatul a fost format din tractorul MF-4270 și semănătoarea SZ-3,6A. Indicatorii calitativi privind funcționarea semănătorii dotate cu aparate de tip experimental s-au comparat cu indicatorii semănătorii standard la viteza de lucru 1,85-3,02 m/s.

Obiectivul cercetărilor a fost testarea în condiții de câmp a mașinii de semănat în rânduri a culturilor cerealiere SZ-3,6A, pentru al cărei sistem de distribuție au fost folosiți cilindrii canelați orientați sub un unghi față de generatoarea arborelui de acționare și clapetele mobile experimentale elaborate în cadrul Catedrei Mecanizarea agriculturii.

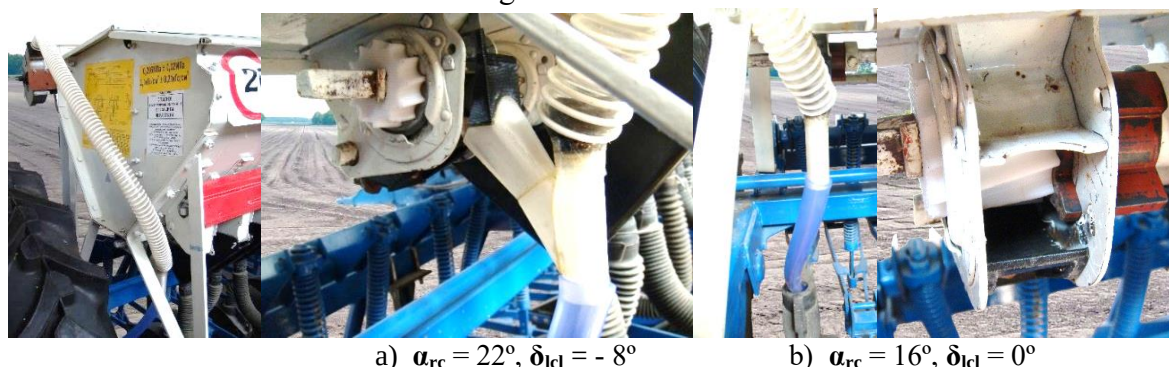


Fig. 16. Semănătoarea SZ-3,6, pe care a fost instalat sistemul de distribuție experimental

Analiza dinamicii dezvoltării plantelor semănate cu aparatele de distribuție experimentale instalate pe semănătoare s-a efectuat după o perioadă de 2-3 săptămâni de la răsărire.

Pentru a asigura veridicitatea rezultatelor obținute, suprafața semănată a fost împărțită în șase eșantioane cu o suprafață de 1,2 m² pe lungimea deplasării semănătorii. Conform metodologiei folosite, au fost luate în studiu 8 rânduri cu o lungime de 1 metru.

Conform metodologiei folosite, au fost luate în studiu câte șase eșantioane cu lungimea de 1 m pe direcția deplasării semănătorii [33,34].

Cercetările privind influența sistemului experimental de distribuție a semințelor asupra recoltei culturilor cerealiere s-au bazat pe datele obținute după recoltarea plantelor de pe eșantioanele pe care a fost studiată dinamica dezvoltării plantelor și uniformitatea repartizării lor de-a lungul rândului. Plantele au fost tăiate de pe eșantioane în faza de maturitate deplină.

A doua procedură constă în stabilirea coeficientului de variație a datelor și media aritmetică a masei boabelor pentru fiecare spic și numărul de boabe pentru fiecare spic, în funcție de numărul de ordine al rândului. Prelucrarea statistică s-a efectuat cu ajutorul One-Way ANOVA [35].

Capitolul IV intitulat „Analiza rezultatelor cercetărilor experimentale” reflectă rezultatele cercetărilor de laborator ale sistemului de distribuție, precum și rezultatele încercărilor de câmp la care a fost supus sistemul de distribuție propus, în condiții reale de lucru. Tot aici sunt prezentate datele privind aprecierea calității distribuției semințelor de-a lungul rândului și pe adâncime, datele privind dinamica răsării plantelor, concluziile pe marginea experimentelor de laborator și de câmp, argumentarea parametrilor constructivi și dimensionali ai organelor de lucru.

În baza rezultatelor experimentale efectuate asupra tuburilor de conducere a semințelor, amplasate sub diferite unghiuri (ϵ) față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă (în intervalul 0; 15 și 30°) (Fig. 14), înclinate contra direcției deplasării semănătorii, a fost obținut modelul matematic al frecvenței statistice a coeficientului de variație a timpului dintre semințele distribuite în funcție de valorile factorilor prestabiliți.

Valoarea optimă a coeficientului de variație a

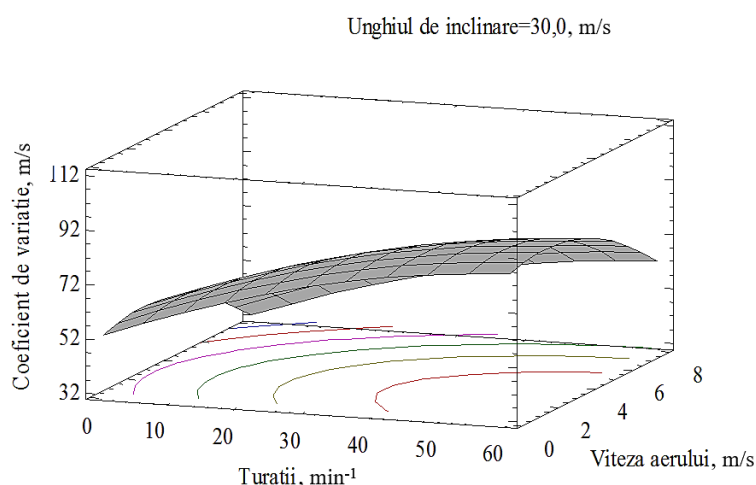


Fig. 17. Estimarea evoluției coeficientului de variație în funcție de turațiile cilindrului canelat și viteza aerului din tub la înclinarea tubului de conducere sub un unghi de 30°

timpului C_v , după minim, este egală cu 41,3606% pentru următoarele valori ale factorilor: turația – **10,0 min⁻¹**; viteza aerului – **8,0 m/s**; unghiul de înclinare a tubului – **30,0°**.

Influența vitezei aerului asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului utilizat este prezentată în figura 18.

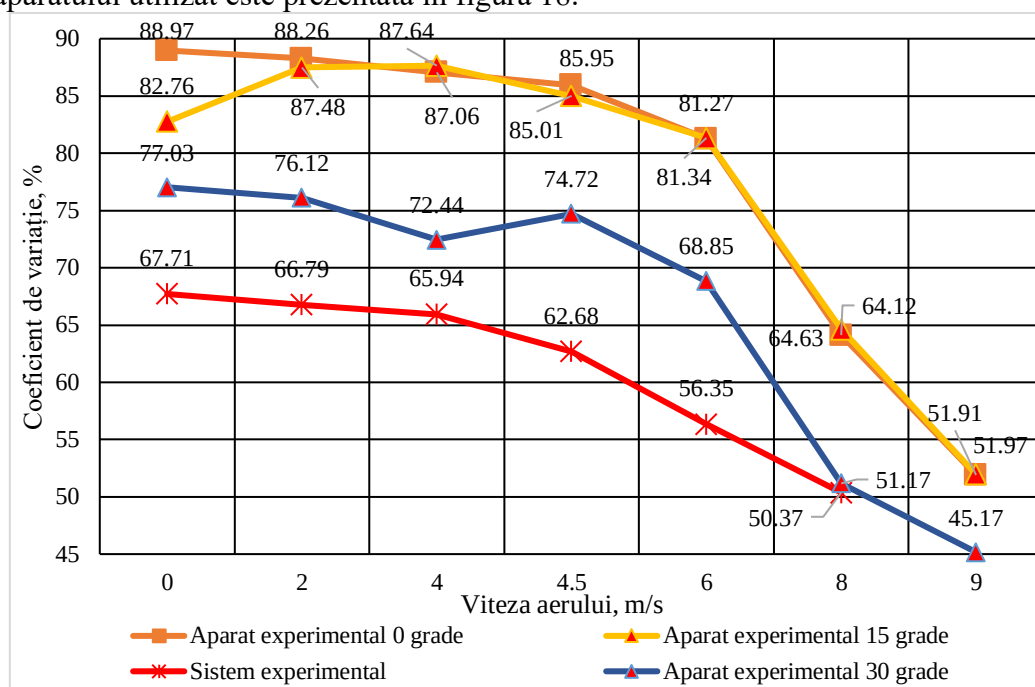


Fig. 18. Influența vitezei aerului asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului utilizat

Majorarea unghiului de înclinare a tubului de conducere până la 30° duce la micșorarea valorilor coeficientului de variație a timpului dintre semințe pe tot intervalul de viteze ale aerului din tubul de conducere (2-9 m/s).

Cele mai mici valori ale coeficientului de variație a timpului dintre semințe, pe tot intervalul de 0-9 m/s al vitezei aerului din tubul de conducere, se atestă la sistemul de distribuție experimental. Polilinia formată tinde să capete aspect preponderent descendent, de la 67,71% la 45,17%.

Cercetările experimentale efectuate la canalul cu sol cu căruciorul mobil experimental au avut ca obiectiv stabilirea parametrilor optimali cu cel mai mic coeficient de variație a distanței dintre semințele distribuite la viteze de deplasare a căruciorului 1, 2, 1, 3, 2 m/s și viteza aerului 0, 4 și 8 m/s. Rezultatele obținute în urma cercetărilor efectuate sunt prezentat în figura 19.

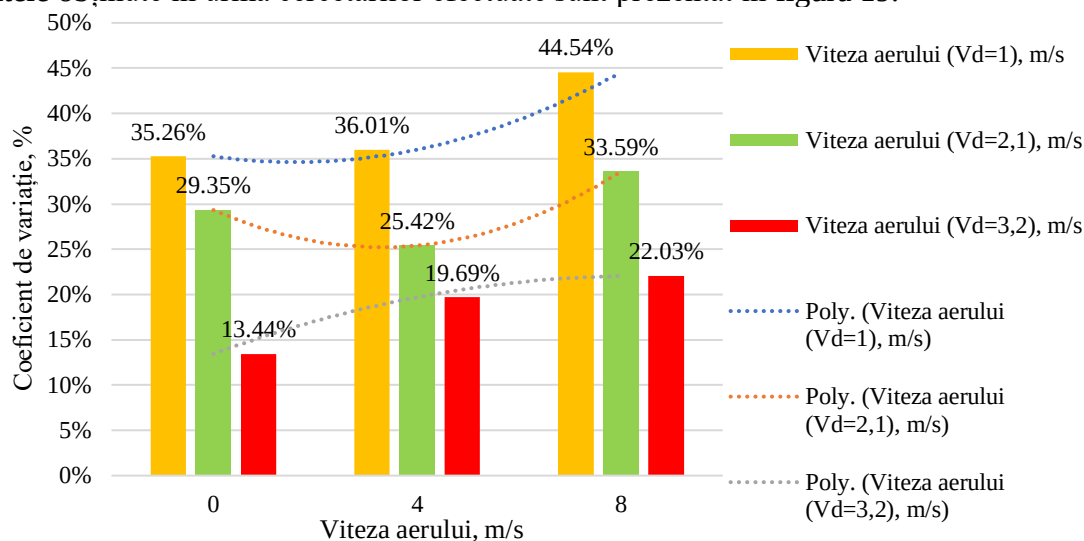


Fig. 19. Influența vitezei aerului la diferite viteze de deplasare a căruciorului experimental asupra coeficientului de variație a distanței dintre semințe

Cea mai stabilă descreștere a funcției liniare descrisă de coeficientul de variație a distanței dintre semințe este la viteza aerului din tubul de conducere de 8 m/s, cu o diferență dintre cele trei viteze de deplasare de aproximativ 10%.

Cele mai mici valori ale coeficientului de variație a distanței dintre semințe sunt la viteza de deplasare a căruciorului mobil de 3,2 m/s pe tot intervalul vitezei aerului de la 8 m/s – 22,03 %, 4 m/s – 19,69 % și 0 m/s – 13,44 %.

În baza rezultatelor experimentale obținute la cercetarea sistemului de distribuție experimental, în componența căruia intră și dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe prin care se refuza un flux de aer cu viteze (v_a) în intervalul 0, 2, ... 8 m/s, la deplasarea acestuia față de suprafața solului cu ajutorul căruciorului mobil la viteze (v_d) de 1, 2, 1 și 3,2 m/s, a fost obținut modelul matematic al frecvenței statistice a coeficientului de variație a distanței dintre semințele distribuite în dependență de valorile factorilor prestabiliți, care se descrie prin următoarea relație:

$$C_v = 24,8869 - 4,41566 \cdot v_d + 0,487617 \cdot n - 3,01348 \cdot v_a - 0,0851722 \cdot v_d^2 - 0,0466125 \cdot v_d \cdot n + 0,42746 \cdot v_d \cdot v_a - 0,00154408 \cdot n^2 - 0,00883063 \cdot n \cdot v_a + 0,313695 \cdot v_a^2, \quad (10)$$

în care: C_v – coeficient de variație a distanței dintre semințe, %;

v_d – viteza de deplasare a căruciorului mobil, m/s;

n – turațiile cilindrului cu caneluri, min^{-1} ;

v_a – viteza aerului din tubul de conducere, m/s.

Din analiza suprafețelor de răspuns (Fig. 20) la valoarea factorului „turații” de 20 min^{-1} se observă că factorul „viteza de deplasare” formează o suprafață aproximativ plană descendentă. Valoarea cea mai mică a coeficientului de variație a distanței dintre semințe, de 13%, se constată la viteza de deplasare de 3,4 m/s.

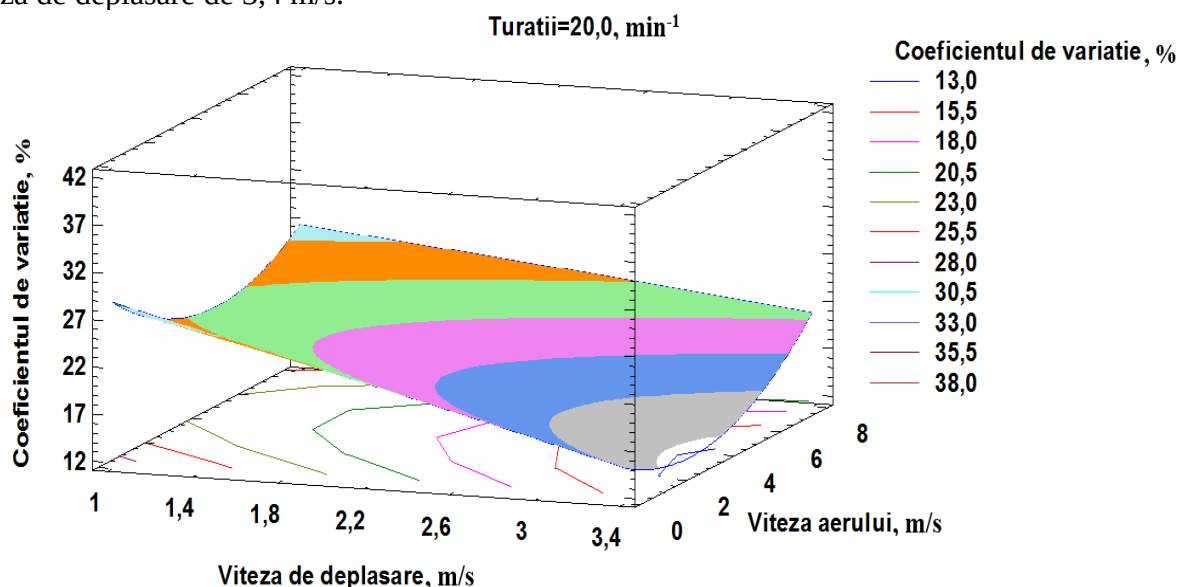


Fig. 20. Estimarea evoluției coeficientului de variație a distanței dintre semințe în raport cu viteza de deplasare a căruciorului experimental și viteza aerului din tub la turația cilindrului canelat de 20 min^{-1}

Valoarea optimă a coeficientului de variație C_v , după minim, este egală cu 13,38 % pentru următoarele valori ale factorilor: viteza de deplasare – **3,2 m/s**; turații – **$10,0 \text{ min}^{-1}$** ; viteza aerului – **2,9 m/s**.

Din analiza diagramei figura 21 se observă că cel mai mic coeficient de variație a distanței dintre semințe, 37,18%, este la rândul 2 semănat cu aparat experimental de distribuție. Coeficientul de variație a distanței dintre semințe la rândul 1, unde a fost utilizat sistemul experimental, este cu două puncte procentuale mai mare, adică 39,22%.

La rândurile semămate cu aparate de distribuție standard se observă o fluctuație a valorilor coeficientului de variație a distanței dintre semințe de la 39,00 % la 53,75 %. Valoare cea mai mică a coeficientului de variație a distanței dintre semințe, la aparatele de distribuție standarde, de 39 % se

atestă doar la rândul 3, în comparație cu celelalte rânduri 4, 5, 6, 7 și 8, la care coeficientul de variație are valori între 45 – 53 %.

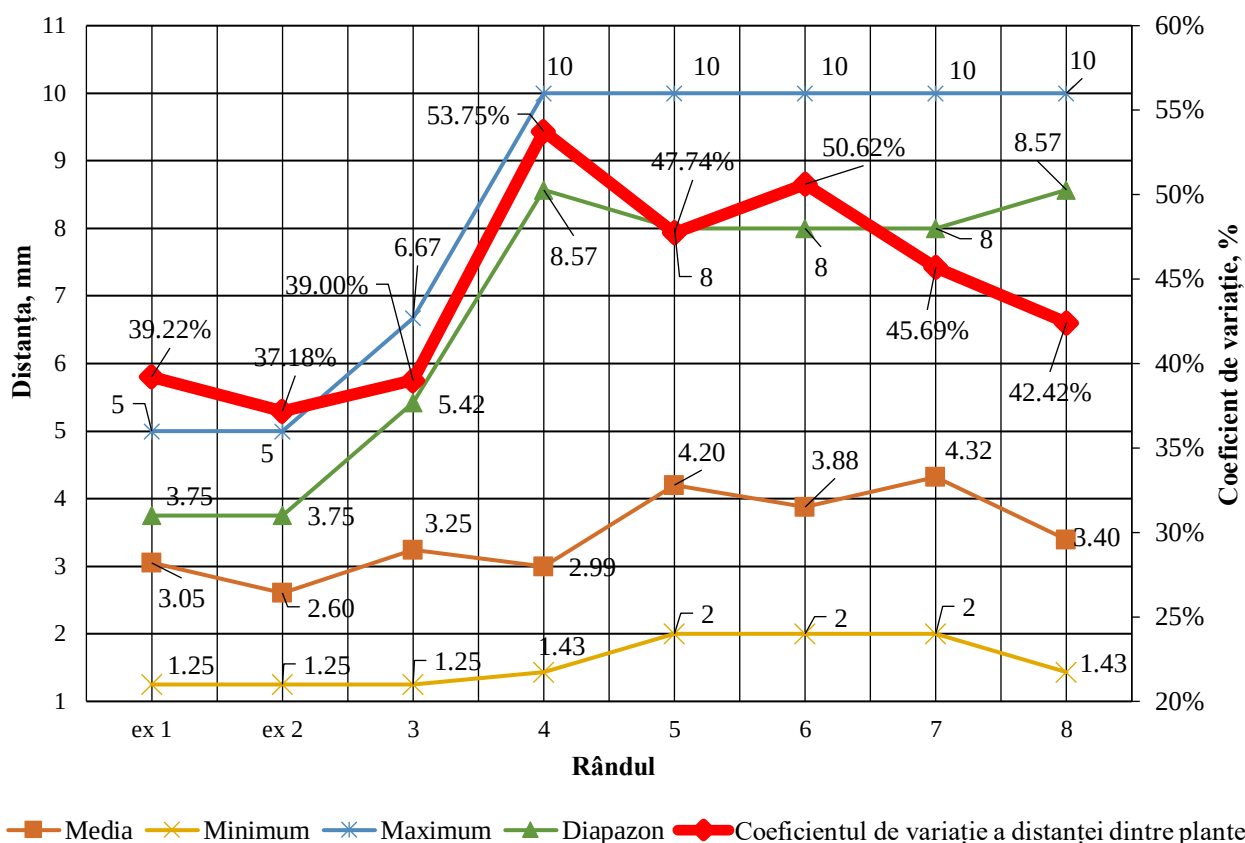


Fig. 21. Variația distanței și a coeficientului de variație a distanței dintre plante în funcție de rândul semănat

Distanța maximă dintre plante are cele mai mici valori de 5 mm pe rândurile 1 și 2, semămate cu sistemul experimental și, respectiv, cu aparatul experimental de distribuție. Cele mai mari valori ale distanței maxime dintre plante, de 10 mm, sunt pe rândurile semămate cu aparate de distribuție standard.

Din analiza figura 21 se observă că cel mai mic diapazon al distanței dintre plante, 3,75 mm, este la rândurile 1 și 2, semămate cu sistemul experimental și, respectiv, cu aparatul experimental de distribuție. Pe rândurile semămate cu aparate standard, diapazonul distanței dintre plante capătă valori de până la 8,57 mm (rândurile 4, 8) datorită faptului că distanța minimă pe aceste rânduri (1,43 mm) este mai mică față de celelalte rânduri, unde distanța minimă e de 2 mm și diapazonul distanței dintre plante este de 8 mm.

Pentru o vizualizare mai completă a influenței calității distribuției plantelor pe rând asupra indicilor de calitate ai recoltei obținute, în figura 22 este reprezentată variația masei medii a spicului, variația masei a 1000 de boabe, variația numărului mediu de boabe în spic și a numărului de plante la 1 m liniar în funcție de sistemul de distribuție utilizat pe rând.

Cele mai bune rezultate au fost obținute pe rândul 1, semănat cu sistemul de distribuție experimental, unde masa a 1000 de boabe este cea mai mare, chiar dacă numărul mediu de boabe în spic este mai mare, iar numărul de plante la un metru liniar este aproximativ același ca și în rândurile semămate cu aparatele de distribuție standard.

În comparație cu rândul 2, semănat cu aparat experimental, masa medie a spicului este cu mult mai mare pe rândul semănat cu sistem experimental, chiar dacă coeficientul de variație a distanței dintre plante și distanța medie dintre plante este puțin mai mare, însă numărul de plante la un metru liniar este mai mic. Masa a 1000 de boabe este mai mare în comparație cu rândul 2, deși numărul mediu de boabe în spic este mai mare.

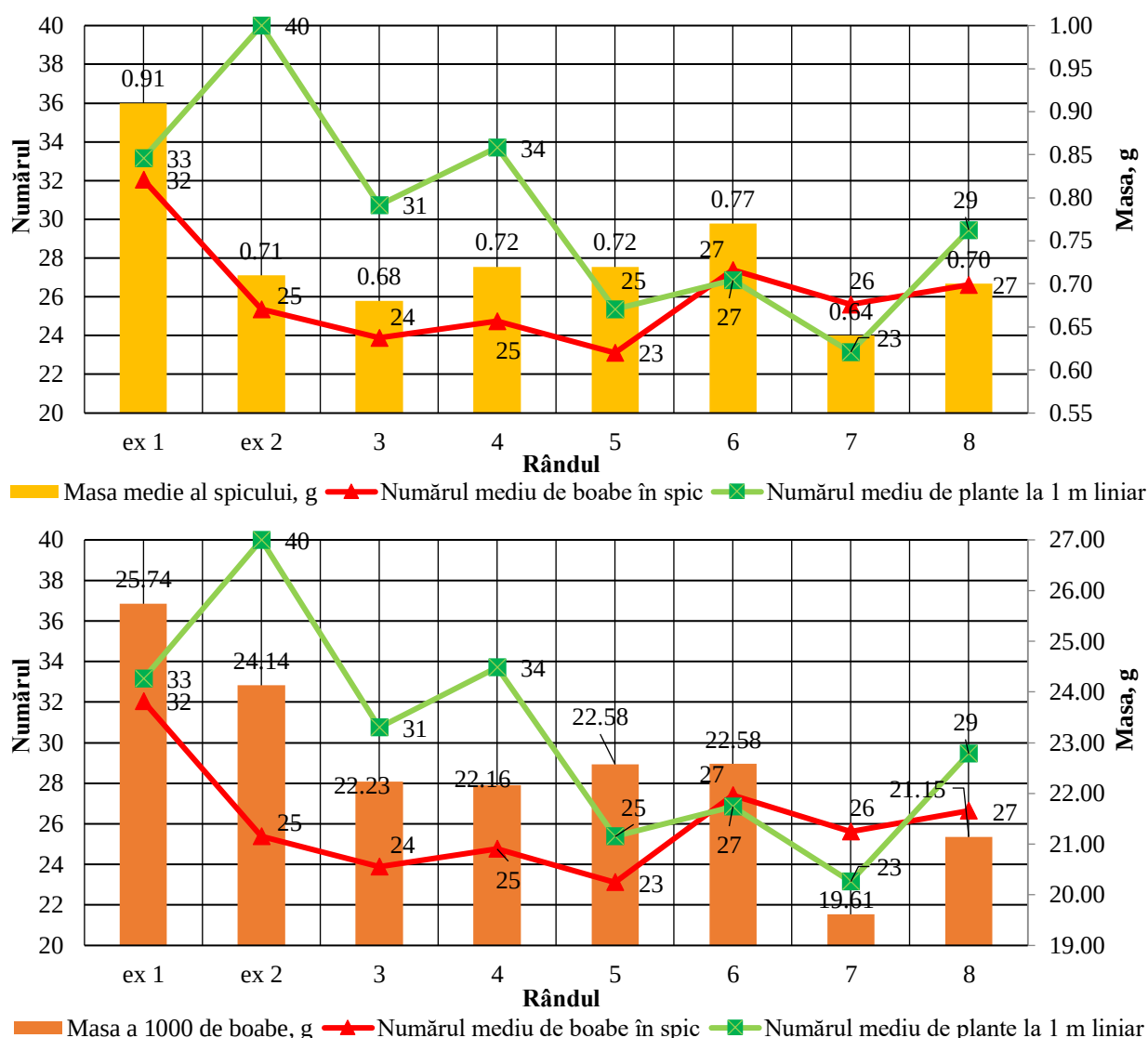


Fig. 22. Variația numărului mediu de boabe în spic, a numărului de plante la un metru liniar, masei medii a spicului, masei a 1000 de boabe în funcție de rândul semănat

Din analiza comparativă a diagramei masei medii a spicului și masei a 1000 de boabe se observă că, pe rândul 2, masa medie a spicului și numărul mediu de boabe în spic sunt aproximativ aceleași, iar în unele cazuri sunt mai mici în comparație cu rândurile semămate cu aparate de distribuție standard, chiar dacă numărul mediu de plante la un metru liniar este mult mai mare. Diferența dintre rândurile semămate cu aparatul experimental și cele semămate cu aparate standard se manifestă la masa a 1000 de boabe, care este mai mare - 24,14 g.

Aceasta se explică prin numărul mai mare de plante (40) la un metru liniar, distribuite uniform (37,18%), cu o distanță medie între plante mai mică (2,6 mm), ceea ce a asigurat suprafețe de nutriție uniforme și a creat condiții favorabile pentru formarea spicelor cu o masă medie (0,71 g) mai mică și un număr mai mic de boabe în spic (25), dar cu o masă a 1000 de boabe (24,14 g) mai mare. Adică a rezultat un număr mare de plante cu spice mici, dar cu boabe mari.

Cele mai bune rezultate se obțin la aparatul de distribuție în care este instalat cilindru canelat efectuat sub un unghi de răsucire $\alpha_{rc}=22^\circ$, aproximativ egal cu unghiul $\alpha_{elic}=13,65^\circ$, efectuat după linie elicoidală față de linia axială a cilindrului și înclinat față de rozetă spre direcția de evacuare a semințelor din aparatul de distribuție, la lungimea de lucru a cilindrului canelat $L_{lc}=33$ mm. Linia de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile avea unghiul de lucru $\delta_{cl}=8^\circ$.

Dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe este efectuat sub un unghi $\varepsilon = 30^\circ$ față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă, înclinat contra direcției deplasării semănătorii.

Rezultatul obținut constă în îmbunătățirea uniformității distribuției semințelor pe suprafața de dispersare. Au fost înregistrate următoarele valori ale coeficientului de variație a distribuției semințelor în funcție de modelul de cilindru canelat:

- cilindru canelat existent cu caneluri înclinate sub un unghi 0° față de linia axială – $v = 65\ldots 70\%$.
- cilindru canelat existent cu canelurile efectuate după linie elicoidală sub un unghi $18\div 22^\circ$ față de linia axială – $v = 44\%$ și
- aparatul de distribuție propus – $v = 13\text{--}26\%$;

Calitatea distribuției semințelor pe suprafața de dispersare la norme mici de semănat nu scade datorită faptului că reglarea aparatului de distribuție se efectuează prin micșorarea rotațiilor cilindrului canelat, dar nu prin deplasarea cilindrului canelat și a arborelui de acționare în direcția axială către interiorul sau exteriorul corpului aparatului de distribuție.

Datorită dispozitivului de recepție și convertire se micșorează diametrul secțiunii transversale a fluxului de semințe la evacuare din tubul de conducere, care este egal sau mai mic de 20 mm, iar axa repartizării fluxului de semințe este orientată de-a lungul axei rigolei, ceea ce duce la o suprafață de repartizare a semințelor mai mică și mai uniformă de-a lungul rigolei.

Toate acestea contribuie la îmbunătățirea calității semănatului și, implicit, la creșterea productivității, la reducerea costurilor și pierderilor în producția culturilor cerealiere.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Sunt dezvăluite și studiate dezavantajele dispozitivelor de distribuție cu cilindru canelat utilizate în construcția mașinilor pentru semănat culturi cerealiere, dintre care principalele și sistematice sunt denivelarea distribuției longitudinale a semințelor de-a lungul rândului, caracterul pulsatoriu în timpul dozării și inversarea semințelor în timpul transportării lor prin tuburi de conducere până la locul încorporării lor în sol [1, 18, 19, 28].
2. În baza studiului și analizei surselor bibliografice, în domeniul sistemelor de dozare și transportare, sunt propuse concepte pentru modernizarea acestora și anume procesul de dozare și transportare al semințelor, intensificat prin intermediul unui flux de aer. **Brevet de invenție. Aparat de semănat cu cilindru canelat. Nr. 989, AGEPI. 2016** [28].
3. A fost efectuată o examinare analitică a sistemului modernizat de dozare și transportare, privind funcționalitatea acestora, în procesul tehnologic efectuat de mașinile pentru semănat culturi cerealiere. Premisele teoretice sunt confirmate de numeroase experimente efectuate pe analogii ale modelelor dispozitivelor de distribuție investigate. În baza prelucrării rezultatelor experimentale au fost obținute modele matematice polinomiale care pot fi utilizate pentru optimizarea parametrilor tehnologici și constructivi ale sistemului de dozare și transportare [18, 28, 37].
4. S-a demonstrat teoretic și s-a stabilit experimental că, pentru a elimina caracterul pulsatoriu a dozării semințelor, **canelurile dispozitivului de dozare a cilindrului canelat**, trebuie să fie orientate sub un **unghi de răsucire de 22°** [1, 12, 19, 28, 36].
5. La nivel teoretic și experimental a fost rezolvată problema coordonării procesului de dozare a semințelor și transportarea acestora de-a lungul tuburilor de conducere într-un flux de aer cu presiune. S-a demonstrat că **viteza aerului în tubul de conducere** a semințelor nu trebuie să o depășească pe cea critică și să fie în **intervalul 4-8 m/s** [18].
6. Prin metodele de cercetare analitice și experimentale s-a dovedit că **unghiul de orientare a axei tubului de conducere** a semințelor, în plan vertical trebui să fie egal **cu 30°** [18, 28].
7. Studiile de laborator efectuate pe stand, în canalul cu sol și în condițiile de producție au confirmat premisele teoretice și constructive privind creșterea eficienței funcționării sistemului de distribuție și dozare propus. **Efectul economic anual** de la implementarea **sistemului de dozare și transportare propus** în construcția mașinii pentru semănat culturi cerealiere **constituie 1575,4 lei/ha** [12].

Recomandări privind direcții viitoare de cercetare

1. Elaborarea bazelor teoretice și tehnologice privind semănatul direct ale culturilor cerealiere și schemelor constructive ale mașinilor pentru realizarea lui.
2. Elaborarea teoriei și argumentarea parametrilor tehnologici și constructivi ale aparatelor de distribuție centralizate, cu transportarea semințelor în flux de aer cu suprapresiune, spre organele de încorporare.
3. Elaborarea teoriei organelor de încorporare în sol și argumentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai mașinii pentru semănatul culturilor cerealiere adaptate la condițiile semănatului direct
4. Elaborarea programului de calcul care permite simularea numerică asistată de calculator și determinarea parametrilor optimi de funcționare al aparatelor de distribuție centralizate.

BIBLIOGRAFIE

1. GHEORGHÎȚA, A.; SERBIN, V. Influența unghiului de orientare a canelurilor asupra masei semințelor distribuite la aparatele de distribuție cu cilindru canelat. ȘTIINȚA AGRICOLĂ, Chișinău, n. 1 (15), p. 108-112, 2013. ISSN 1857-0003.
2. MANEA, D.; COJOCARU, I.; MARIN, E. Determinarea în condiții de laborator a indicilor calitativi de lucru ai echipamentului tehnic mecano – pneumatic pentru semănat cereale păioase. INMATEH, București, v. III, p. 32-39, 2008.
3. MALEKI, M. et al. Evaluation of Seed Distribution Uniformity of a Multi-flight Auger as a Grain Drill Metering Device. Biosystems Engineering, International Journal, 94, n. 4, 2006. ISSN 535-543.
4. YAZGI, A.; DEGIRMENCIOGLU, A. Measurement of seed spacing uniformity performance of a precision metering unit as function of the number of holes on vacuum plate. Measurement, International Journal, 56, 2014. ISSN 128-135.
5. GUȘ, P. et al. Combaterea buruienilor și folosirea corectă a erbicidelor. Cluj-Napoca: Risoprint, 2004. 261 p. ISBN 973-656-573.
6. IACOMI, C.; POPESCU, O. A New Concept for Seed Precision Planting. Agriculture and Agricultural Science Procedia, International Journal, v. 6, p. 38-43, 2015. ISSN 2210-7843.
7. BORUGA, I. Mecanizarea Agriculturii. București: Cartea Universitară, 2005. 415 p. ISBN 973-731-086-1.
8. BADESCU, M.; BORUZ, S. Masini agricole si horticole. Craiova: SITECH, 2005. 218 p. p. ISBN 973-657-844-5.
9. DROCAȘ, I. Reglarea mașinilor agricole de lucrat solul, semănat, plantat, fertilizat și protecția plantelor. Cluj-Napoca: Risoprint, 1999.
10. MCBRATNEY, A. et al. Future directions of precision agriculture. Precision Agriculture, International Journal, 6, n. 1, 2005. 7-23.
11. MITROI, A. Mecanizarea agriculturii, Manual universitar, USAMV. București: DID București, 2003. 354 p.
12. GHEORGHÎȚA, A. Rezultatele testării în câmp a aparatului de distribuție cu cilindri canelați modernizați. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, Chișinău, v. 38, p. 83-87, 2013. ISBN 978-9975-64-125-8.
13. MANEA, D. Studii și cercetări privind optimizarea procesului de distribuție al unei semănători de cereale păioase cu dozare centralizată. FAT. Brașov, p. 81. 2011.
14. TUDOR, A. Mașini Agricole, Manualul universitar pentru învățământ la distanță. Craiova: Universitatea din Craiova, 2010.
15. MIHAIU, I. et al. Reglarea mașinilor agricole. Cluj-Napoca: Risoprint, 2004. 320 p. ISBN 973-656-560-2.
16. XUE, A. et al. Test on Effect of the Operating Speed of Maize-soybean Interplanting Seeders on Performance of Seeder-metering Devices. Procedia Engineering, International Journal, v. 1074, p. 353-359, 2017. ISSN 1877-7058.
17. JIN, M. et al. Optimal Structure Design and Performance Tests of Seed metering Device with Fluted Rollers for Precision Wheat Seeding Machine. IFAC-PapersOnLine, International Journal, v. 51, n. 17, p. 509-514, 2018. ISSN 2405-8963.
18. GHEORGHÎȚA, A. Influența unghiului de înclinare a tubului de conducere și a vitezei aerului asupra fluxului de semințe dozate de aparatele cu cilindru canelat. Știința Agricolă, Chișinău, 2020, nr. 2, p. 85-90, 2020. ISSN 2587-3202.

19. GHEORGHÎȚA, A. Optimizarea unghiului de orientare a canelurilor după masa semințelor distribuită la aparatele cu cilindri canelați. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, Chișinău, v. 38, p. 79-83, 2013. ISBN 978-9975-64-125-8.
20. MANEA, D. et al. Cercetări teoretice si experimentale privind aparatele de distribuție ale semănătorilor de cereale păioase cu dozare centralizată. INMATEH, București, v. I, p. 33-42, 2006.
21. FU, W. et al. Study on Precision Application Rate Technology for maize no-tillage planter in North China Plain. IFAC-PapersOnLine, 51, n. 17, 2018. 412-417.
22. PARASCHIV, G. et al.. Mașini de lucrat solul, semănat și întreținerea culturilor, București, p. 130, 2005. ISBN 973-718-374-6.
23. JACK, D. S.; HESTERMAN, D. C.; GUZZOMI, A. L. Precision metering of Santalum spicatum (Australian Sandalwood) seeds. Biosystems Engineering, International Journal, v. 115, n. 2, p. 171-183, 2013. ISSN 1537-5110.
24. BANSAL, R. K.; GHARRAS, O. E.; HAMILTON, H. J. A roller-type positive-feed mechanism for seed metering. Journal of Agricultural Engineering Research, International Journal, v. 43, p. 23-31, 2005. ISSN 0021-8634.
25. KAMGAR, S.; NOEI-KHOD, F.; SHAFAEI, S. M. Design, development and field assessment of a controlled seed metering unit to be used in grain drills for direct seeding of wheat. Information Processing in Agriculture, International Journal, 2, n. 3-4, 2015. 169-176.
26. CAY, A.; KOCABIYIK, H.; MAY, S. Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unit of single seed corn planters Part II: Field performance. Computers and Electronics in Agriculture, International Journal, 145, 2018. 11-17.
27. ГРЕГОР, Д.; ЛЕНДФЭР, Д. Дозировочная система высевяющего устройства. Ru 2211555, A01C7/12, 10 set. 2003.
28. GHEORGHÎȚA, A. et al. Aparat de semănat cu cilindru canelat. Brevet de invenție, nr. 989, MD, Cererea depusă 2015, BOPI nr. 1/2016.
29. ABDOLAHZARE, Z.; MEHDIZADEH, S. A. Real time laboratory and field monitoring of the effect of the operational parameters on seed falling speed and trajectory of pneumatic planter. Elsevier BV, International Journal, v. 145, p. 187-198, 2018. ISSN 0168-1699.
30. DOBRE, P. Baza energetică și mașini horticoale. București: UȘAMV București, v. II, 2012. 181 p.
31. SERBIN, V. Теоретические предпосылки к исследованию процесса движения семян по семяпроводу при пневмотранспортировании. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, Chișinău, v. 38, p. 54-57, 2013. ISBN 978-9975-64-125-8.
32. KHOSHAGHAZA, ; MEHDIZADEH, R. Aerodynamic property of wheat kernel and straw materials, v. III, 2006.
33. Жирабок, А. Н. Планирование эксперимента для построения математических моделей. Владивосток: ДГТУ, 2001. 127 p.
34. Ермольев, Ю. И. Основы научных исследований в сельскохозяйственном машиностроении. Ростов: Издательский центр ДГТУ, 2003. 243 p.
35. PETER, G.; DAVID, M. Statistics with JMP: Hypothesis Tests, Anova and Regression. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 2016. 799 p. ISBN 9781119097150.
36. GHEORGHITA A., Novotný Ondřej, et. al., Improved design of mechanical seed drill distribution system for agricultural and energy crops. *Book of abstracts*, CULS, Praga, 2013, p. 31
37. GHEORGHÎȚA, A.; SERBIN, V. Параметры определяющие полёт семян в бороздку с учётом сопротивления воздуха. СМВНПКМУ, Орел, p. 18-24, 2012. ISSN УДК 633.63.631:531.2.

LISTA PUBLICAȚIILOR LA TEMA TEZEI

• Articole în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, categoria B

1. **GHEORGHITA A., SERBIN V.** Influența unghiului de orientare a canelurilor asupra masei semințelor distribuite la aparatele de distribuție cu cilindru canelat. În: *Știința agricolă*, UASM, Chișinău, 2013, nr. 1(15), p. 108-112, 0,33 c.a. ISSN 1857-0003.
2. **GHEORGHITA A.** Influența unghiului de înclinare a tubului de conducere și a vitezei aerului asupra fluxului de semințe dozate de aparatele cu cilindru canelat. *Știința Agricolă*, Chișinău, 2020, nr. 2, p. 85-90, 2020. ISSN 2587-3202.

• Articole în culegeri naționale

3. **GHEORGHITA A.** Optimizarea unghiului de orientare a canelurilor după masa semințelor distribuită la aparatele cu cilindri canelați. În: *Lucrări științifice*, UASM. Chișinău, 2013, vol. 38 (Inginerie Agrară și Transport Auto) p. 79-83, 0,2 c.a. ISBN 978-9975-64-251-4.
4. **GHEORGHITA A.** Rezultatele testării în câmp a aparatului de distribuție cu cilindri canelați modernizați. În: *Lucrări științifice*, UASM. Chișinău, 2013, vol. 38 (Inginerie Agrară și Transport Auto), p. 83-87, 0,22 c.a. ISBN 978-9975-64-251-4.

• Materiale la conferințe internaționale

5. **GHEORGHITA A., NOVOTNÝ Ondřej, et. al.,** Improved design of mechanical seed drill distribution system for agricultural and energy crops. *Book of abstracts*, CULS, Praga, 2013, p. 31, 0,07 c.a.
6. **GHEORGHITA A., SERBIN V.** Параметры, определяющие полёт семян в бороздку с учётом сопротивления воздуха. În: Особенности технического оснащения современного сельскохозяйственного производства, Издательство Орел ГАУ. Орел, 2012, p. 18-22, 0,17 c.a.

• Brevete de invenție

7. Brevet de invenție, nr. 989, MD, *Aparat de semănat cu cilindru canelat*. **GHEORGHITA A.** și alții. Cererea depusă 2015, BOPI nr. 1/2016.

ADNOTARE

GHEORGHITA Andrei. „Sporirea eficacității funcționării sistemului de distribuție al semănătoarei pentru culturi cerealiere”. Teză de doctor în științe tehnice. Chișinău, 2021.

Structura tezei: introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 112 titluri, 3 anexe, 122 pagini de text de bază, 148 figuri și 21 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 6 lucrări științifice și 1 brevet de invenție.

Cuvinte-cheie: semănat; mașină pentru semănat; aparat de dozare de tip cilindru canelat; sistem de transportare; uniformitate de repartizare; sistem de distribuție.

Scopul lucrării: îmbunătățirea indicatorilor tehnologici ai calității semănatului culturilor cerealiere prin optimizarea parametrilor constructivi-funcționali a sistemului de distribuție a semințelor la mașinile pentru semănat culturi cerealiere.

Obiectivele cercetării: sinteza informației privind sporirea eficacității funcționării sistemului de distribuție al mașinilor pentru semănatul culturilor cerealiere și căile perfecționării; cercetarea teoretico-experimentală, asistată de calculator, a procesului de dozare, distribuție și transportare a semințelor în baza modelului 3D elaborat; elaborarea bazelor teoretice ale procesului de funcționare a sistemului de dozare și transportare a semințelor spre locul de încorporare; elaborarea, în baza cercetărilor teoretice, a mostrelor experimentale și efectuarea încercărilor de stand în laborator, în canalul cu sol și în condiții de producție, cu evaluarea capacităților funcționale și a indicilor agrotehnici impuși; argumentarea parametrilor și regimurilor de funcționare ale sistemului de distribuție și transportare a semințelor în baza rezultatelor obținute.

Noutatea și originalitatea științifică: a fost elaborată teoria și construcția sistemului pneumomecanic de dozare și transportare a semințelor, au fost stabilite valorile parametrilor constructivi și tehnologici optimali a sistemului și a fost stabilit modelul matematic de regresie coeficientului de variație a distribuției semințelor de-a lungul rândului.

Rezultatele obținute: utilizarea sistemului de distribuție experimental în componența mașinilor pentru semănat culturi cerealiere a permis micșorarea coeficientului de variație a distanței dintre semințe, la repartizarea de-a lungul rândului, până la 39,22% și majorarea vitezei de lucru a agregatului până la 12 km/h.

Semnificația teoretică: argumentarea bazelor teoretice pentru determinarea parametrilor optimali ai dispozitivelor de dozare și transportare din componența sistemelor de distribuție ale mașinilor de semănat.

Valoarea aplicativă: rezultatele cercetării servesc ca bază pentru elaborarea construcției și justificării parametrilor optimi ai sistemului de dozare și transportare pneumomecanic. Acestea pot fi utilizate pentru modernizarea mașinilor de semănat existente, dar și la proiectarea aparatelor noi, care să funcționeze la viteze de lucru sporite contribuind la sporirea recoltei cu 9,91%.

Implementarea rezultatelor științifice: rezultatele cercetărilor au fost implementate în SDE „Petricani” a UASM, precum și SRL „Vadalex-Agro”, SA „ATC-Agrotehtcomerț”.

ANNOTATION

GHEORGHITA Andrei. „ Increasing operational efficiency of the seeder distribution system for cereal crops”. The doctor’s thesis in technics. Chisinau, 2021.

Thesis structure: introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, bibliography from 112 titles, 3 annexes, 122 pages of essential text, 148 figures and 21 tables. The obtained results are published in 6 scientific works and 1 patent.

Key-words: sowing; sowing machine; fluted roller type dosing device; transportation system; uniformity of distribution; distribution system.

Purpose of thesis: improving the technological indicators of cereal crops sowing quality by optimizing the constructive-functional parameters of the seed distribution system for cereal sowing machines.

The objectives of the thesis: summary of information on increasing the distribution system efficiency of cereal crops sowing machines, classification, ways of improvement; theoretical-experimental, computer-assisted research of dosing process, distribution and transportation of seeds based on the developed 3D model; elaboration of operation process theoretical bases of the seed dosing and transport system towards the incorporation place; elaboration, based on theoretical research, of the experimental samples and carrying out laboratory tests on stand, in the soil channel and in the production conditions, with the evaluation of the functional capacities and imposed agrotechnical indices; arguing the parameters and operating regimes of seed distribution and transport system based on obtained results.

The scientific novelty and originality: consist in the theory elaboration and design of pneumomechanical system for seed dosing and transportation, the values of the optimal constructive and technological parameters of the system were established and establishing the mathematical regression model of the variation coefficient of seed distribution along the row.

Results: the use of experimental distribution system in the composition of cereal seed drills allowed to reduce the coefficient of variation of distance between seeds, when distributing along the row, down to 39.22% and increase the working speed of the aggregate up to 12 km/h.

The theoretical significance: consists in argumentation of the theoretical bases for determining the optimal parameters of the dosing and transportation devices from the distribution systems of the sowing machines.

The applicative value: the research results served as a basis for design elaboration and justification of the optimal parameters of the pneumomechanical dosing and transportation system. They can be used to modernize existing drilling machines and new one’s design, which operate at increased working speeds which will increase the crop by 9.91%.

Implementation of scientific results: the research results were implemented in EDS “Petricani”, as well as LTD „Vadalex-Agro” and JSC „ATC-Agrotehcomer”.

АННОТАЦИЯ

ГЕОРГИЦА Андрей. «Повышение эффективности работы системы распределения сеялки для зерновых культур». Диссертация на соискание степени доктора технических наук. Кишинёв, 2021.

Структура диссертации: введение, четыре главы, общие выводы и рекомендации, библиография, содержащая 112 литературных источников, 3 приложения, 122 страницы основного текста, 148 рисунков и 21 таблица. По результатам исследований опубликованы 6 научных работ и получен 1 патент на изобретение.

Ключевые-слова: посев; посевная машина; дозирующий аппарат катушечного типа; транспортирующая система; равномерность распределения; распределительная система.

Цель диссертации: повышение технологических показателей качества посева зерновых культур за счет оптимизации конструктивно-функциональных параметров высевной системы дозирования и распределения семян зерновых сеялок.

Задачи диссертации: анализ информации по повышению эффективности системы распределения машин для посева зерновых культур, классификация, пути улучшения; теоретико-экспериментальное компьютерное исследование процесса дозирования, улучшение распределения и транспортировки семян на основе разработанной 3D модели; разработка теоретических основ работы системы дозирования и транспортировки семян к месту заделки; разработка на основе теоретических исследований экспериментальных образцов и проведение лабораторных исследований на стенде в почвенном канале и в производственных условиях с оценкой функциональных возможностей установленных агротехнических показателей; обоснование параметров и режимов работы высевной системы дозирования, транспортировки и распределения семян вдоль ряда на основе полученных результатов.

Новизна и научная оригинальность: разработана теория и конструкция пневмомеханической системы дозирования и транспортировки семян, определены оптимальные значения конструктивных и технологических параметров системы, а также выведена математическая регрессионная модель коэффициента вариации распределения семян вдоль ряда при посеве.

Полученные результаты: использование экспериментальной высевной системы распределения в конструкции зерновых сеялок позволяет снизить коэффициент вариации расстояния между семенами, при распределении вдоль ряда, до 39,22% и увеличить рабочую скорость работы агрегата до 12 км/ч.

Теоретическая значимость: обоснование теоретических основ определения оптимальных параметров дозирующих и транспортирующих устройств в составе высевной системы распределения семян для посевных машин.

Прикладная ценность: результаты исследований послужили основой для разработки конструкции и обоснования оптимальных параметров высевной дозирующей системы пневмомеханического типа и могут быть использованы при модернизации существующих и проектировании новых посевных машин, которые работают на повышенных рабочих скоростях движения, что обеспечивает прибавку урожая на 9,91%.

Внедрение научных результатов: результаты исследований внедрены в Учебно-Опытном Хозяйстве «Petricani» ГАУМ, ООО «Vadalex-Agro» и АО «АТС-Agrotehtcomerț».

GHEORGHITA ANDREI

**SPORIREA EFICACITĂȚII FUNCȚIONĂRII SISTEMULUI
DE DISTRIBUȚIE AL SEMĂNĂTOAREI PENTRU CULTURI
CEREALIERE**

**255.01 TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU
AGRICULTURĂ ȘI DEZVOLTARE RURALĂ**

Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice

Aprobat spre tipar: 03.03.2021
Hârtie offset. Tipar RISO.
Coli de tipar: 2,0

Formatul hârtiei 60x84 1/16
Tiraj 30 ex.
Comanda nr. 16

Universitatea Agrară de Stat din Moldova, MD-2049, Chișinău, str. Mircești 56
Centrul Editorial UASM
Chișinău, str. Mircești, 42
Tel. 022-432-575.