

**UNIVERSITATEA AGRARĂ DE STAT DIN MOLDOVA**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U: 631.331.85

**NASTAS ANDREI**

**ARGUMENTAREA PARAMETRILOR CONSTRUCTIV–  
FUNCȚIONALI AI ORGANELOR DE ÎNCORPORARE ÎN SOL  
A SEMINTELOR PENTRU SEMĂNĂTORI**

**255.01 – TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU  
AGRICULTURĂ ȘI DEZVOLTAREA RURALĂ**

**Teză de doctor în științe tehnice**

Conducător științific:

**SERBIN Vladimir,**  
dr. hab., prof. univ.

Consultant științific:

**STOICEV Petru,**  
dr. hab., prof. univ.

Autor:

**NASTAS Andrei**

**CHIȘINĂU, 2019**

**©NASTAS Andrei, 2019**

## CUPRINS

<b>ADNOTARE</b> .....	5
<b>ABREVIERI ȘI NOTAȚII UZUALE</b> .....	8
<b>INTRODUCERE</b> .....	9
<b>1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ȘI REALIZĂRILOR ÎN DOMENIUL ORGANELOR DE LUCRU ALE MAȘINILOR DE SEMĂNAT DE TIP ROTATIV ...</b>	<b>15</b>
1.1. Considerații generale privind lucrarea de semănat culturi prășitoare .....	15
1.2. Analiza procesului de încorporare a semințelor în sol la mașinile de semănat moderne.....	17
1.3. Schemele constructive ale MSR pentru semănatul culturilor prășitoare .....	19
1.4. Elaborarea schemelor funcționale a MSR noi.....	32
1.5. Scopul și obiectivele tezei.....	35
1.6. Problema de cercetare și direcțiile de soluționare .....	36
1.7. Concluzii la capitolul 1 .....	38
<b>2. PREMISELE TEORETICE (CONTRIBUȚII TEORETICE) PRIVIND MODELAREA PROCESULUI DE ÎNCORPORARE A SEMINȚELOR ÎN SOL .....</b>	<b>39</b>
2.1. Ecuațiile de descriere a mișcării roții de încorporare .....	39
2.2. Factorii de influență a procesului de încorporare a semințelor în sol.....	42
2.3. Argumentarea sarcinii radiale a roții de încorporare .....	42
2.4. Traectoria mișcării organelor de încorporare a semințelor.....	48
2.5. Simularea la calculator a procesului de lucru a secției MSR .....	53
2.6. Alegerea parametrilor pentru condiția rotirii uniforme a roții de încorporare.....	57
2.7. Calculul rezistenței la rostogolire a roții de încorporare .....	63
2.8. Concluzii la capitolul 2.....	67
<b>3. METODOLOGII ȘI PROGRAME PRIVIND REALIZAREA CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE</b> .....	<b>68</b>
3.1. Programa cercetărilor.....	68
3.2. Elaborarea instalației de laborator, alegerea instrumentelor și a echipamentelor de măsurare .....	68
3.3. Încercările experimentale ale cinematicii organelor de lucru (încorporare) ale secției MSR .....	69
3.4. Studiul procesului de alunecare a roții de încorporare .....	72
3.5. Determinarea experimentală a rezistenței la tracțiune a secției MSR .....	74
3.6. Elaborarea și încercarea organelor de încorporare .....	76
3.7. Metodologia prelucrării datelor experimentale.....	77

3.8. Condițiile de realizare a încercărilor de câmp.....	79
3.9. Concluzii la capitolul 3.....	80
<b>4. REZULTATELE CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE.....</b>	<b>81</b>
4.1. Analiza datelor privind forma și dimensiunile cuiburilor.....	81
4.2. Analiza regresională a procesului de funcționare a secțiilor de lucru ale MSR (experimentală) și cu brăzdar de tip patină (analog) .....	83
4.3. Analiza dispersională a procesului de funcționare a secțiilor de lucru ale MSR (experimentală) și cu brăzdar de tip patină (analog) .....	89
4.4. Pregătirea și prelucrarea informației rezultatelor experimentale .....	95
4.5. Rezultatele încercărilor de câmp .....	103
4.6. Argumentarea parametrilor constructivi și dimensionali ai secției mașinii de semănat de tip rotativ .....	114
4.7. Argumentarea tehnico-economică privind utilizarea MSR .....	117
4.8. Concluzii la capitolul 4.....	120
<b>CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI .....</b>	<b>121</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXE .....</b>	<b>130</b>
<b>Anexa 1.</b> Parametrii traiectoriilor descrise de vârful organelor de încorporare în procesul de simulare a mișcării roții secției MSR la calculator .....	131
<b>Anexa 2.</b> Analiza regresională a datelor experimentale.....	132
<b>Anexa 3.</b> Rezultatul calculului caracteristicilor numerice.....	135
<b>Anexa 4.</b> Determinarea caracteristicilor probabilistice .....	138
<b>Anexa 5.</b> Act de încercare MSR .....	156
<b>Anexa 6.</b> Indicatorii tehnico-economici ai eficacității semănatului porumbului cu ajutorul MSR.....	158
<b>Anexa 7.</b> Rezultatele cercetărilor științifice și unele mențiuni ale acestora.....	162
<b>DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII .....</b>	<b>167</b>
<b>CURRICULUM VITAE .....</b>	<b>168</b>

## ADNOTARE

**Nastas Andrei. „Argumentarea parametrilor constructiv-funcționali ai organelor de încorporare în sol a semințelor pentru semănători”. Teză de doctor în științe tehnice, Chișinău, 2019.**

**Teza este formată din:** introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografia însumând 105 titluri, 7 anexe, 122 de pagini de text de bază, 65 de figuri și 29 de tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 9 lucrări științifice.

**Cuvinte-cheie:** semănat, mașină de semănat, secție, organ de încorporare, cuib, parametru tehnologic, rezistență la tracțiune.

**Domeniul de studiu** – tehnică.

**Scopul lucrării:** Îmbunătățirea indicatorilor tehnologici ai calității semănatului de precizie prin optimizarea parametrilor constructivi-funcționali ai organelor de încorporare a semințelor a semănătorilor de tip rotativ.

**Obiectivele cercetării:** sinteza informației privind metodele și mijloacele tehnice pentru desfășurarea semănatului culturilor prășitoare, clasificarea lor, precum și evaluarea capacităților lor funcționale în limitele cerințelor agrotehnice impuse mașinilor de semănat culturi prășitoare; studiul teoretic a procesului de funcționare a organelor de lucru pentru încorporarea în sol a semințelor culturilor prășitoare; elaborarea mostrelor experimentale și efectuarea încercărilor de laborator și de câmp, cu evaluarea indicilor agrotehnici și energetici; cercetarea caracteristicilor de exploatare ale organelor de încorporare a semințelor culturilor prășitoare; determinarea eficacității economice de la utilizarea organelor de încorporare cercetate pentru semănatul culturilor prășitoare; argumentarea, în baza rezultatelor obținute, a necesității modernizării operației de semănat culturi prășitoare.

**Metodologia cercetării științifice:** prevede utilizarea metodei empirice asociată cu verificarea experimentală a teoriei și urmărirea evoluției proceselor naturale și tehnice.

**Noutatea și originalitatea științifică:** au fost argumentate forma și parametrii constructivi-funcționali ai organelor de încorporare a semințelor în sol; în baza cercetărilor de laborator și de câmp, au fost obținute dependențele analitice și experimentale care oferă posibilitatea optimizării parametrilor constructivi-funcționali și a celor tehnologici ai organelor de încorporare în sol a semințelor culturilor prășitoare.

**Rezultatele obținute:** utilizarea organelor de lucru optimizate ale mașinilor de semănat de tip rotativ permit realizarea semănatului cu respectarea strictă a distanței dintre semințe (plante) de-a lungul rândului și pe adâncime a culturilor prășitoare la viteze de lucru majorate, în cadrul tehnologiilor de producere cu consum redus de energie.

**Semnificația teoretică** a lucrării constă în analiza teoretică a procesului de funcționare ale mașinilor de semănat de tip rotativ și modelarea interacțiunii organelor de încorporare cu solul.

**Valoarea aplicativă** a lucrării constă în elaborarea recomandărilor practice privind optimizarea și proiectarea organelor de lucru ale mașinilor de semănat de tip rotativ, precum și utilizarea acestor rezultate în procesul de instruire a studenților și specialiștilor din domeniul mașinilor agricole.

**Implementarea rezultatelor științifice:** rezultatele obținute au stat la baza elaborării modelului experimental, supus încercărilor de către reprezentanța AGCO Ltd Ucraina (com. Ciabană, reg. Kiev).

## АННОТАЦИЯ

**Настас Андрей. „Обоснование конструктивно - функциональных параметров органов заделывания семян в почву для сеялок”. Диссертация на соискание учёной степени доктора (кандидата) технических наук, Кишинёв, 2019.**

**Диссертация состоит из:** введения, четырех глав, общих выводов и рекомендаций, библиографии, содержащей 105 источников; 7 приложений; 122 страниц основного текста; 65 рисунков и 29 таблиц. По результатам исследований опубликованы 9 научных работ.

**Ключевые слова:** посев, сеялка, секция сеялки, заделывающий орган, лунка, технологический параметр, тяговое сопротивление.

**Область исследования** - техника.

**Цель работы:** Улучшение технологических показателей качества точного высева за счет оптимизации конструктивно-функциональных параметров заделывающих органов сеялок роторного типа.

**Задачи работы:** Сбор и анализ информации относительно методов и технических средств для посева пропашных культур, их классификацию, а также определение эксплуатационных параметров сеялок для пропашных культур в пределах агротехнических требований; теоретическое изучение рабочего процесса органов заделки в почву семян пропашных культур; разработка экспериментальных образцов, на основе результатов исследований, выполнение лабораторных и полевых исследований с оценкой агротехнологических и энергетических показателей; определение экономической целесообразности внедрения экспериментальных заделывающих органов для высева семян пропашных культур; обоснование на основе полученных результатов необходимости модернизации посевной операции.

**Методология научного исследования:** предусматривает использование эмпирического метода, связанного с экспериментальной проверкой теории и эволюцией природных и технических процессов.

**Новизна и научная оригинальность:** Обоснованы форма и конструктивно-функциональные параметры рабочих органов для заделки семян в почву; на основании лабораторных и полевых исследований получены аналитические и экспериментальные зависимости, позволяющие оптимизировать конструктивно-функциональные и технологические параметры заделывающих органов, предназначенных для внесения семян в почву.

**Полученные результаты:** использование оптимизированных заделывающих органов ротационных высевающих машин позволяет высев пропашных культур с чётким соблюдением расстояния между семенами (растениями) вдоль ряда и по глубине на повышенных рабочих скоростях, в процессе энергосберегающих технологий.

**Теоретическое значение** диссертационной работы состоит в теоретическом анализе работы ротационных высевающих машин, и моделировании взаимодействия заделывающих органов с почвой.

**Прикладное значение** диссертации состоит в составлении практических рекомендаций по оптимизации и разработке органов заделки ротационных высевающих машин, а также использование этих результатов при подготовке студентов и специалистов.

**Внедрение научных результатов:** полученные результаты легли в основу экспериментальной модели, подвергнутой испытаниям представительством AGCO Ltd, Украина (пос. Чабаны, Киев).

## ANNOTATION

**Nastas Andrei. “The argumentation of constructive-functional parameters of punch planters’ organs for seeders”. The doctor’s thesis in technics, Chisinau, 2019.**

**The thesis is composed** of introduction; four chapters; general conclusions and recommendations; bibliography of 105 titles; 7 annexes; 122 pages of essential text; 65 figures and 29 tables. The obtained results are published in 9 scientific works.

**Key words:** sowing, seed drill, seeder section, punch planters’ organs; hole, technological parameter, traction resistance.

**Field of study** - technics.

**The work goal:** Improvement of the technological indicators of the quality of precision sowing by optimizing the constructive-functional parameters of the punch planters’ organs of the rotary type seeders.

**The work task:** synthesis of information on the methods and technical means for the sowing of the seed, their classification, as well as the assessment of their functional capacities within the limits of agrotechnical requirements imposed on sowing machines; the theoretical study of the working process of the working organs for soil incorporation of the seed; the development of experimental samples and laboratory and field trials, with the evaluation of agro-technical and energy indices; investigating the exploitation characteristics of the organs for the incorporation of the seed; determining the economic effectiveness of using new working organs for sowing seed; the argumentation, on the basis of the obtained results, of the need to modernize the sowing operation.

**Methodology of scientific research:** it provides for the use of the empirical method associated with the experimental verification of the theory and the evolution of natural and technical processes.

**Scientific novelty and originality:** the constructive-functional shape and parameters of the soil incorporation organs were argued; based on laboratory and field research, analytical and experimental dependencies have been obtained which offer the possibility of optimizing the constructive-functional and technological parameters of the soil incorporation organs of the seed.

**Results:** the use of optimized close-up organs of rotary sowing machines allows sowing of row crops with strict observance of the distance between seeds (plants) along the row and in depth at increased operating speeds, in the process of energy-saving technologies.

**The theoretical value:** of the thesis consists in a theoretical analysis of the work of rotary sowing machines, and modeling the interaction of the planter organs with the soil.

**The applied value:** of the thesis is in the elaboration of the practical recommendations for optimizing and design the planter organs of rotary sowing machines, as well as using these results in the process of training of students and specialists.

**Implementation of scientific results:** The obtained results are formed the basis of the experimental model, subjected to tests by the representative of AGCO Ltd Ukraine (Ciabany, Kiev).

## ABREVIERI ȘI NOTAȚII UZUALE

UASM – Universitatea Agrară de Stat din Moldova

AGEPI – Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală

UTM – Universitatea Tehnică a Moldovei

MSR – mașină de semănat de tip rotativ

3D – tridimensional

B.I. – brevet de invenție

*ha* – hectar

*kg* – kilogram

*q* – chintál (= 100 *kg*)

*h* – oră

*min.* – minut

*m* – metru

*l* – litru

*N* – newton

*Pa* – pascal

*MMB* – masa a 1000 de boabe

buc. – bucăți

Nr. – numărul

*MA* – mașină agricolă

*T* – tractor

*sch* – schimb

*an.* – anual

*ag* – agregat

*mb* – mașină de bază

*mn* – mașină nouă



## INTRODUCERE

Agricultura constituie un domeniu vital de activitate a omului, fiind o sursă de hrană, un furnizor important de materie primă pentru industrie și totodată o însemnată piață de desfacere pentru producția acesteia. Agricultura este o ramură a producției materiale în care, cu ajutorul plantelor și sub acțiunea omului, are loc transformarea energiei cinetice a soarelui în energie potențială – materia organică – formă de energie accesibilă organismului uman și animal.

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

Una dintre metodele efective de sporire a productivității muncii în agricultură este intensificarea proceselor tehnologice, în special majorarea vitezelor de lucru ale agregatelor, inclusiv și ale celor de semănat. Gospodăriile agricole sunt dotate cu surse energetice ce asigură executarea operațiilor tehnologice la viteze majorate. Ce privește mașinile și echipamentele agricole, este necesar să se lucreze asupra verificării calității și fiabilității operațiilor tehnologice îndeplinite de organele lor de lucru în condiții de viteze majorate.

Majorarea vitezei de semănat este limitată de construcția aparatelor de distribuție și a brăzdalelor ce formează rigola pentru semănatul culturilor prășitoare, răsfrângându-se în mod considerabil asupra indicatorilor energetici și calitativi de lucru ai organelor de încorporare.

Astfel, pentru a putea executa lucrările de semănat la viteze majorate, sunt necesare mașini cu construcții conceptuale noi. Pentru lucrările de semănat a culturilor prășitoare, o alternativă este utilizarea mașinilor de semănat de tip rotativ (MSR).

Analiza procesului și a vitezei de lucru a MSR, acestea demonstrează un avantaj considerabil față de mașinile de semănat cu brăzdar, fiind posibilă utilizarea primelor în cadrul tehnologiilor de lucrare minimă a solului cu distribuția precisă a semințelor de-a lungul rândului.

MSR, fiind, conceptual, construcții cu alt principiu de lucru, pentru a putea fi utilizate la regimuri de viteze înalte în cadrul tehnologiilor conservative de lucrare a solului, sunt necesare investigații științifice ale fazelor de lucru și de modernizare a construcției acestora.

Culturile prășitoare ocupă suprafețe considerabile din terenurile cu destinație agricolă a R. Moldova, conform datelor statistice prezentate în tabelul I [1] acestea constituie aproximativ 40 % (sunt prezentate valorile medii pentru anii 2008 – 2018).

**Tabelul I. Cota parte a terenurilor ocupate cu culturi prășitoare R. Moldova [1]**

<b>Cultura</b>	<b>Terenuri cu destinație agricolă R. Moldova, mii ha</b>	<b>Suprafața medie anuală cu cultura respectivă, mii ha</b>	<b>Cota parte din suprafața totală, %</b>
porumb pentru boabe	1980	460	23,2
sfecla de zahar		24,9	1,2
floarea soarelui		303,8	15,3

**Actualitatea și importanța problemei abordate.** Tema tezei de doctorat se înscrie în prevederile *Strategiei de Dezvoltare a Agriculturii și Mediului Rural din Moldova 2014 – 2020* și ale Direcției strategice din sfera științei și inovării pentru anii 2013–2020. *Materiale, tehnologii și produse inovative* [2].

Ridicarea calității semănatului culturilor prășitoare cu ajutorul mașinilor de semănat de tip rotativ este o temă cercetată de colective științifice din țară precum și peste hotare. Astfel de cercetări au efectuat: firma „Huard” (Franța), Universitatea din Bonn, școala doctorală Brinkmann (Germania), Departamentul Biological Systems Engineering al Universității din Nebraska (SUA) etc. [21 – 23, 34 - 52] unde au fost elaborate diverse construcții ale MSR, axate pe distribuția semințelor de-a lungul rîndului. În Republica Moldova, prioritar la UASM, această problemă a fost studiată de către: P. Sclear, V. Levenet, V. Serbin, V. Bumacov, [24 - 33] care au propus aplicarea diametrului variabil pentru roata de lucru a MSR. Colectivul de cercetare al catedrei ”Mecanizarea agriculturii” a obținut o serie de brevete și a elaborat modele experimentale a le secțiilor mașinilor de semănat de tip rotativ, au fost susținute o serie de teze de doctor și doctor habilitat pe această temă. În studiile menționate o atenție mai mică a fost atrasă organelor de încorporare, formei și parametrilor acestora.

Reieșind din cele menționate, **problema științifică a cercetărilor** constă în elaborarea și optimizarea parametrilor constructiv-funcționali ai organelor de încorporare în sol a semințelor pentru semănători.

**Scopul lucrării:** Îmbunătățirea indicatorilor tehnologici ai calității semănatului de precizie prin optimizarea parametrilor constructivi-funcționali ai organelor de încorporare a semințelor a semănătorilor de tip rotativ.

#### **Obiectivele cercetării:**

1. Analiza stadiului actual privind metodele și mijloacele tehnice pentru desfășurarea semănatului culturilor prășitoare, clasificarea lor, precum și evaluarea capacităților lor funcționale conform cerințelor agrotehnice impuse mașinilor de semănat, operației de semănat și culturilor prășitoare.
2. Elaborarea metodologiei, și alegerea metodelor de cercetare.
3. Argumentarea teoretică:
  - a) a funcționării MSR și organelor de încorporare în sol a semințelor;
  - b) a procesului de formare a cuiburilor de către organele de încorporare în condiții de lucru la viteze majorate.
4. Cercetarea parametrilor tehnologici ai organelor de încorporare a semințelor culturilor prășitoare în condiții de laborator.

5. Elaborarea, în baza rezultatelor cercetărilor, a mostrelor experimentale și efectuarea încercărilor de laborator și de câmp, cu evaluarea indicilor agrotehnici și energetici.
6. Determinarea eficacității economice a operației de semănat, utilizând organele de încorporare cercetate.
7. Elaborarea recomandărilor, privind proiectarea și exploatarea organelor de încorporare și a MSR.

**Ipoteza de cercetare:** posibilitatea îmbunătățirii indicatorilor calității semănatului de precizie prin modificarea și optimizarea organelor de încorporare a MSR cu plasarea forțată a semințelor în patul germinativ.

**Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese:** metoda empirică care prevede verificarea experimentală a teoriei și urmărirea evoluției proceselor naturale și tehnice a fost realizată în laboratorul de cercetare a catedrei "Mecanizarea Agriculturii" a Universității Agrare de Stat din Moldova, utilizându-se: studiu bibliografic cu evidențierea problemelor nesoluționate în domeniu; cercetări teoretice cu utilizarea legilor "Mecanicii teoretice"; simularea la calculator a procesului de funcționare a secției MSR cu ajutorul softului SolidWorks; petrecerea experimentelor utilizând planurile Box-Behnken; prelucrarea matematică și statistică a datelor experimentale obținute cu utilizarea softurilor Minitab, și Excel; folosirea metodelor standarde și aprobate de măsurare a factorilor de răspuns; folosirea la realizarea încercărilor a mijloacelor de măsurare etalonate și atestate conform normelor legale, stabilite de către Institutul de Standardizare din Moldova.

**Inovația științifică:**

1. Argumentarea experimentală a construcției secției MSR pentru semănatul de precizie cu un consum minim de energie.
2. Obținerea modelelor matematice pentru estimarea rezistenței la tracțiune în funcție de factorii tehnologici.
3. Realizarea cercetărilor de laborator și de câmp, obținerea relațiilor analitice și experimentale, care au oferit posibilitatea optimizării parametrilor constructivi și tehnologici ai organelor de încorporare în sol a semințelor culturilor prășitoare.

**Importanța practică și valoarea aplicativă a lucrării** constă în elaborarea schemelor constructive ale MSR cu organele de lucru, care asigură implementarea în agricultură a tehnologiilor energo-economice.

Rezultatele cercetărilor științifice au fost materializate în elaborarea unor noi tipuri constructive de organe de încorporare a semințelor ale mașinilor de semănat, care, în procesul încercărilor de producere, au demonstrat indici tehnico-economici înalți, și reducerea costului de producție, inclusiv cantității materialului semincer, sporirea productivității muncii, majorarea recoltei culturilor prășitoare.

Cercetările teoretice și experimentale au permis stabilirea parametrilor constructivi și funcționali pentru organele de încorporare a semințelor în sol, care pot fi folosiți în procesul de proiectare a mașinilor de semănat și în procesul didactic.

### **Implementarea rezultatelor cercetărilor:**

Organele de lucru pentru încorporarea semințelor în sol, elaborate, au fost încercate de către reprezentanța AGCO Ltd Ucraina (com. Ciabană, reg. Kiev);

Implementarea în procesul didactic la disciplina „Proiectarea mașinilor agricole de lucrat solul, semănat și întreținerea plantelor”, pentru studenții specialității Construcții de Echipamente și Mașini Agricole, UTM.

### **Aprobarea lucrării:**

Teza în întregime și principiile de bază ale lucrării au fost prezentate într-o serie de publicații, expoziții și conferințe: 1 articol publicat în revista „Intellectus”, AGEPI, 1 articol publicat în revista „Meridian Ingineresc”, UTM, 1 articol publicat în revista „Știința Agricolă”, publicație a Universității Agrare de Stat a Moldovei, 2 brevete de invenție de scurtă durată BOPI, expunerea brevetelor și a mostrelor în cadrul „Salonului internațional de invenție PRO INVENT”, ediția a XII-a, 2014, Cluj-Napoca, România, fiind apreciate cu diploma de excelență și medalia de bronz, în cadrul expoziției internaționale specializate „INFOINVENT”, ediția a XIV-a, 25–28 noiembrie 2015, Chișinău, R. Moldova, fiind apreciate cu o diplomă și medalia de bronz, prezentări în cadrul Conferinței tehnico-științifice a studenților, masteranzilor și cadrelor didactice ale UTM (17 noiembrie 2017), în materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în ingineria agrară și transportul auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea UASM, 2018, în cadrul ședințelor departamentului Inginerie și Management Industrial al facultății Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi a UTM (2016–2018), în cadrul ședințelor Consiliului științifico-metodic al Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto a UASM (2016–2018).

**Sumarul compartimentelor tezei.** Obiectivele expuse sunt realizate în capitolele lucrării după cum urmează.

*Primul capitol*, „**Stadiul actual al cercetărilor și realizărilor în domeniul organelor de lucru ale mașinilor de semănat de tip rotativ**”, prezintă o analiză a publicațiilor științifice de ultimă oră care reflectă următoarele aspecte: rolul și importanța lucrării de semănat pentru culturile prășitoare, proprietățile fizico-mecanice ale semințelor culturilor prășitoare, cerințe agrotehnice impuse mașinilor, operația tehnologică de semănat al culturilor prășitoare, clasificarea mașinilor pentru semănatul culturilor prășitoare, studiul echipamentelor de semănat prin inserare analoage, problema de cercetare și direcțiile de soluționare în domeniul semănatului culturilor prășitoare cu ajutorul MSR.

Au fost depistate problemele tipice ale semănatului culturilor prășitoare, precum: asigurarea distribuției uniforme a semințelor de-a lungul rândului, micșorarea rezistenței specifice la semănat, executarea semănatului la viteze majorate fără pierderea calității acestuia. S-a abordat soluționarea acestor probleme în cadrul utilizării MSR pentru semănatul culturilor prășitoare care, la rândul lor, mai au o serie de neajunsuri, cum ar fi: neuniversalitatea acestora (utilizarea uneia și aceleiași mașini de semănat pentru mai multe culturi), asigurarea diferitor distanțe dintre semințe

(plante) de-a lungul rândului și adâncimii de încorporare pentru diferite culturi. Căile de soluționare a problemelor enumerate este utilizarea MSR cu diametru variabil sau utilizarea organelor de încorporare schimbabile (cu lungime și număr diferit de organe montate pe una și aceeași roată). Au fost elaborate și apoi brevetate două scheme funcționale a MSR.

*Capitolul doi, „Premisele teoretice (contribuții teoretice) privind modelarea procesului de încorporare a semințelor în sol”,* include metodică efectuării cercetărilor teoretice privind: determinarea ecuațiilor mișcării roții de inserare, factorii care influențează procesul de încorporare a semințelor în sol, determinarea sarcinii radiale a roții de încorporare, traiectoria mișcării organelor de încorporare, alegerea parametrilor pentru condiția rotirii uniforme a roții de încorporare, determinarea rezistenței la rostogolire a roții de încorporare.

Astfel, în urma cercetărilor teoretice, s-au stabilit cele două scheme dinamice de rostogolire posibile a roții de încorporare cu inserare: prima – când cu solul interacționează numai unul din organele de încorporare montate pe roată; a doua – când cu solul interacționează concomitent nu mai puțin de două organe de încorporare. Au fost executate calcule pentru determinarea sarcinii radiale pe roata sau masa roții de încorporare, stabilită în limitele 20 ... 50 kg. A fost descrisă traiectoria de formă cicloidală pe care se deplasează vârful organelor de încorporare și simulat la calculator lucrul roții de încorporare. S-au stabilit factorii ce influențează rezistența la tracțiune a secției MSR, și anume: sarcina aplicată pe roată, diametrul și lățimea jantei roții, lungimea organelor de încorporare, adâncirea lor în sol și proprietățile mecanice ale solului. Rezistența la tracțiune poartă un caracter ciclic: la rostogolirea pe jantă, rezistența este minimă, la răsturnarea peste organul de încorporare, rezistența crește până la valoarea maximă.

*Capitolul trei, „Metodologii și programe privind realizarea cercetărilor experimentale”,* cuprinde informații privind: programa cercetărilor, elaborarea instalației de laborator, alegerea instrumentelor și a echipamentelor de măsurare, metodologia încercărilor experimentale privind: aprecierea traiectoriei de deplasare a organelor de încorporare în sol de diferite lungimi, caracterului și parametrilor cuibului, valorii alunecării și rezistenței roții MSR; influența masei (sarcinii) secției mașinii de semănat asupra parametrilor traiectoriei organelor de încorporare și alunecării roții mașinii de semănat; influența vitezei de deplasare asupra alunecării și rezistenței la tracțiune a secției mașinii de semănat; caracterul deformării solului, reacția solului în urma acțiunii organelor de încorporare și procesul de amplasare a semințelor în sol; aprecierea agrotehnică a calității lucrărilor de semănat în condiții de câmp și a rezistenței la tracțiune a secției mașinii de semănat, comparativ cu indicatorii secțiilor mașinilor analogice și ale mașinilor de semănat în rigole.

Au fost aprobate metodele de organizare și de planificare a experimentului. S-au elaborat standurile și mostrele experimentale, echipamentele și instrumentele necesare la efectuarea

cercetărilor. A fost stabilită strategia de prelucrare a rezultatelor obținute și metoda de estimare a modelelor matematice. S-au determinat caracteristicile în baza cărora s-a realizat analiza statistică a rezultatelor obținute.

*Capitolul patru, „Rezultatele cercetărilor experimentale”*, reflectă date privind: studiul formei și dimensiunile cuiburilor, a caracterului deformării solului de către organele de încorporare; rezultatele cercetărilor de laborator ale influenței masei secției mașinii de semănat, lungimii organelor de încorporare și vitezei de deplasare asupra alunecării roții de încorporare; reacțiunea solului la acțiunea organelor de încorporare; aprecierea rezistenței la tracțiune a secției MSR în funcție de lungimea organului de încorporare, masa secției și numărul organelor de lucru pentru mai multe viteze de lucru; aprecierea calității distribuției semințelor de-a lungul rândului precum și pe adâncime; dinamica răsării plantelor; rezultatele încercărilor de câmp privind determinarea rezistenței la tracțiune a secției MSR în condiții reale de lucru; concluzii pe marginea experimentelor de laborator și de câmp, argumentarea parametrilor constructivi și dimensionali ai organelor de lucru ale MSR.

Eficiența tehnico-economică a MSR include calculele eficienței economice a implementării în producere a organelor de lucru ale MSR. La baza procesului tehnico-economic stă metoda de determinare a eficienței economice a utilizării în agricultură a invențiilor, a tehnicii noi și a raționalizărilor.

Lucrarea se încheie cu **concluzii finale și recomandări**, care sintetizează principalele rezultate, contribuțiile personale și direcțiile de aprofundare a cercetărilor în viitor.

Teza de doctorat s-a realizat sub îndrumarea conducătorului științific Vladimir SERBIN, doctor habilitat în tehnică, profesor universitar, și a consultantului științific Petru STOICEV (UTM), doctor habilitat în tehnică, profesor universitar, fapt pentru care autorul le exprimă cele mai sincere mulțumiri.

# 1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ȘI REALIZĂRILOR ÎN DOMENIUL ORGANELOR DE LUCRU ALE MAȘINILOR DE SEMĂNAT DE TIP ROTATIV

## 1.1. Considerații generale privind lucrările de semănat culturi prășitoare

### 1.1.1. Rolul și importanța lucrărilor de semănat

Semănatul este lucrarea prin care semințele sunt introduse în sol la o anumită adâncime, într-o anumită cantitate la hectar și sub o anumită formă de distribuire în vederea înființării unei noi culturi și reprezintă una din cele mai importante lucrări agrotehnice, care influențează esențial recolta și calitatea acesteia. Semănatul asigură condițiile pentru încolțirea semințelor și dezvoltarea de mai departe a culturii. Asigurând aceste condiții, se creează o baza de obținere a recoltei datorită adaptabilității plantelor la factorii și condițiile externe.

Calitatea lucrării de semănat depinde de un șir de factori cum ar fi tipul semănatului, timpul semănatului, materialul pentru semănat, tehnica utilizată etc. *Tipul semănatului* este condiționat de cultura cultivată și de cerințele biologice ale acesteia – suprafața de alimentare, iluminare, asigurarea cu umiditate și bioxid de carbon. Pentru culturile prășitoare, mai avem condiția utilizării prelucrării mecanizate a spațiului dintre rânduri și plante. *Timpul semănatului*, în funcție de cultură, este individual și depinde de factorul termic (temperatura minimă de germinare) și factorul de umiditate, care sunt necesare să fie în sol la nivelul seminței. Materialul pentru semănat se alege luând în considerație capacitatea de germinație, forma, mărimea, greutatea semințelor, originalitatea soiului și puritatea semințelor. Tehnica utilizată la semănat determină calitatea lucrărilor executate, adică respectarea adâncimii de semănat și distribuirea uniformă a semințelor.

### 1.1.2. Cerințe agrotehnice impuse mașinilor, operației de semănat și culturilor prășitoare

Principalele cerințe de ordin agrotehnic impuse **mașinilor de semănat** sunt următoarele [3, pag. 5-7]:

– să poată fi utilizate pentru semănatul unui număr cât mai mare de culturi; în acest scop, în construcția mașinilor de semănat trebuie să fie prevăzută posibilitatea reglării debitelor aparatelor de distribuție, în corespundere cu normele de însămânțare (densitatea culturii) impuse fiecărei culturi, a distanței dintre rânduri și a adâncimii de încorporare a semințelor, conform tehnologiei aplicate pentru culturile respective;

– să asigure stabilitatea debitelor aparatelor de distribuție respective, conform normelor de însămânțare, în limitele vitezelor de lucru corespunzătoare condițiilor de exploatare a mașinii;

– să asigure distribuția uniformă a semințelor atât pe lățimea de lucru, cât și de-a lungul rândurilor de plante; iar pentru aceasta, toate aparatele de distribuție ale mașinii de semănat trebuie să debiteze în aceeași perioadă de timp cantități de semințe egale, respectiv, pe fiecare unitate de lungime a rândurilor, iar fluxul de semințe debitat spre organele de încorporare trebuie să fie cât mai uniform.

Față de **operația de semănat** sunt înaintate următoarele cerințe agrotehnice de bază [4 – pag. 62, 63]:

- semănatul trebuie executat în condiții optime pentru fiecare cultură din zona respectivă;
- amplasarea unui anumit număr de semințe pe o unitate de suprafață: abaterea de la norma de însămânțare nu trebuie să depășească 3 %;
- distribuirea uniformă pe suprafața semănată: neuniformitatea medie de distribuire a semințelor între aparatele de distribuție a unei mașini de semănat nu trebuie să depășească 4 %.
- încorporarea uniformă pe adâncime a semințelor.

La semănatul terenurilor supuse eroziunii eoliene, este necesar de executat tăvălugirea solului după încorporarea semințelor.

Variația distanței dintre rânduri nu trebuie să depășească următoarele valori:  $\pm 1\text{ cm}$  – pentru mașinile de semănat unitare;  $\pm 2\text{ cm}$  – pentru mașinile de semănat alăturate din agregat;  $\pm 5\text{ cm}$  – pentru trecerile alăturate.

Abaterea de la adâncimea de încorporare nu trebuie să depășească  $\pm 1,5\text{ cm}$ .

Nu se admit semințe neacoperite pe suprafața solului.

La semănatul de precizie, nu mai puțin de 80 % de semințe unitare trebuie amplasate la distanța stabilită una față de alta.

Golurile neșemănate nu trebuie să depășească 2 % din suprafață.

Mai jos vom prezenta unele cerințe agrotehnice specifice pentru **semănatul culturilor prășitoare** cum ar fi: porumbul, floarea-soarelui și sfecla de zahăr [5 – pag. 247, 339, 479,480; 6 – pag. 189, 255, 309, 310; 7 – pag. 263, 345, 391].

**Porumbul** se seamănă cu semințe calibrate, tratate contra dăunătorilor și bolilor de soiuri și hibridi raionate. Pentru porumb se aplică metoda de semănat cu distanța dintre rânduri mare (70 sau 75 cm). Distanța dintre rândurile de porumb trebuie să permită o bună aerare pentru a asigura o bună polenizare și multă lumină care să permită frunzelor realizarea fotosintezei și umplerea boabelor. O distanță prea mare nu asigură protecția suficientă a solului și favorizează pe deasupra îmburuienirea culturii.

Schema de semănare variază în funcție de umiditatea zonei și scopul cultivării. La cultivarea porumbului pentru boabe, se aplică schemele  $70 \times 30$ ;  $70 \times 35\text{ cm}$ . La aplicarea acestor scheme, densitatea culturii este de 47,6 și 40,8 mii de plante la ha. Pentru zonele cu umiditate înaltă, norma poate fi mărită până la 60 ... 70 mii de plante la ha, iar pentru terenurile irigate – până la 70 ... 80 mii de plante la ha. La cultivarea porumbului pentru siloz sau furaj verde, densitatea semințelor poate fi



mărită până la 70 ... 120 *mii de plante la ha*. Semănatul porumbului se execută după încălzirea solului peste 10 °C. Adâncimea de încorporare depinde de tipul solului și de umiditatea acestuia, variind în limitele a 4 ... 10 *cm*.

Pentru semănatul **florii-soarelui**, se folosește sămânța certificată cu puritatea de 98 % și germinația de peste 85 %. Cantitatea de sămânță la hectar variază în funcție de densitatea culturii, de puritate și de germinație, variind între 3,5 și 7 *kg/ha*. Distanța între rânduri se recomandă a fi de 70 *cm*, iar între plante pe rând – de 20 ... 25 *cm*. Densitatea culturii este stabilită în corelare cu fertilitatea solului, gradul de aprovizionare cu apă și talia hibridului. Hibrizii de talie redusă se seamănă cu o densitate de 60 *mii de plante recoltabile la ha* – pentru culturile irigate și de 50 *mii de plante recoltabile la ha* – pentru culturile neirigate. Hibrizii de talie înaltă se seamănă ca să se obțină 45 *mii de plante recoltabile la ha* pentru culturile irigate și 40 *mii de plante recoltabile la ha* pentru cele neirigate. Semănatul florii-soarelui începe primăvara, când solul atinge 7 °C la adâncimea de semănat, aceasta fiind de 5 ... 8 *cm*.

**Sfecla de zahăr** se seamănă folosind sămânța cu puritatea de 98 % și germinația de peste 80 %. Semințele sfeclei de zahăr sunt preparate la fabrici de semințe, unde acestea sunt sortate, calibrate, dacă e necesar – șlefuite și drajate. Semințele sunt tratate contra bolilor și dăunătorilor, îmbogățite cu substanțe nutritive, inclusiv cu microelemente. Distanța dintre rânduri se stabilește în funcție de complexul de mașini folosite la semănat, întreținere și recoltare. Se recomandă distanța între rânduri de 45 *cm*, iar între plante pe rând – de 15 ... 18 *cm*. Densitatea culturii sfeclei de zahăr trebuie să atingă valorile de 100 ... 110 *mii de plante recoltabile la ha* în condiții de irigare, și 80 ... 100 *mii de plante recoltabile la ha* – pentru terenurile neirigate. Pentru asigurarea acestor condiții, se plantează 250 *mii de glomerule germinabile la ha* – la sămânță nudă, și 125–150 *mii de glomerule germinabile la ha* – pentru sămânța drajată și incrustă. Semănatul sfeclei de zahăr se face atunci când în sol se atinge temperatura de 3 ... 4 °C, la o adâncime de semănat de 2 ... 4 *cm* – pentru semințele monogerme, și de 3 ... 4 *cm* – pentru semințele plurigerme.

## **1.2. Analiza procesului de încorporare a semințelor în sol la mașinile de semănat moderne**

Actualmente, procesul de încorporare a semințelor în sol poate fi realizat prin mai multe metode, și anume: semănatul prin împrăștiere pe suprafața solului, semănatul în rigole și semănatul prin inserare în rânduri.

*Semănatul prin împrăștiere* pe suprafața solului se utilizează pentru ierburi și culturi furajere, necesitând acoperirea semințelor pentru un contact mai bun cu solul umed. Această metodă nu se utilizează pentru culturile prășitoare și, din acest motiv, nu ne vom opri la descrierea ei.

Procesele mecanico-funcționale de *semănare în rigole* și legitățile acestora sunt studiate foarte detaliat. Problemele nerezolvate și cele care apar în cadrul tehnologiilor noi mărturisesc că semănatul în rigole are mai puține rezerve de perfecționare și modernizare a mijloacelor tehnice privind majorarea indicatorilor agrotehnici și de producere. Astfel, problemele de modificare a operației de semănat care, la momentul actual de dezvoltare a producerii agricole, devin destul de acute nu pot fi rezolvate fără trecerea la elaborarea și implementarea unor metode noi de însămânțare.

O direcție de perspectivă în schimbarea procesului de semănat a culturilor prășitoare este trecerea la *metoda de inserare a semințelor*, care presupune încorporarea punctiformă locală a fiecărei semințe, iar în unele cazuri – a câtorva semințe, cu o precizie înaltă, și amplasarea prognozată a acestora în sol după coordonate.

Metoda de inserare a semințelor, din punctul de vedere economic și al calității lucrărilor, este evident avantajoasă. Această metodă, pentru porumb, se utiliza încă de azteci care, cu ajutorul unui băț, făceau o adâncitură în sol, în care se plasa bobul, iar deasupra un pește, apoi se astupa cu sol [12]. În Republica Moldova, în perioada anilor 40–50 ai secolului XX, se executa semănatul în cuiburi, așezate în pătrat cu ajutorul mașinilor de semănat manuale de tipul PK-1 de către M. Ozernâi, N. Coșic și alții, care obțineau recolte mari de porumb, de 90 – 100 q/ha, pentru acele timpuri [13, 14, 15].

Această metodă este destul de atractivă în comparație cu metoda formării rigolelor, deoarece se majorează un șir de indicatori tehnologici și economici. Analiza metodei de semănat prin inserare, în comparație cu metoda de semănat cu formarea rigolei, scoate în evidență următoarele avantaje:

- se micșorează considerabil cheltuielile energetice datorită lucrului ciclic, în comparație cu cel continuu al brăzdarelor;
- se asigură menținerea distanței dintre semințe și adâncimea de încorporare;
- pot fi aplicate viteze mari de lucru;
- realizarea semănatului prin inserare cu ajutorul mașinilor de semănat speciale poate sta la baza implementării și aplicării tehnologiilor noi de cultivare a culturilor prășitoare.

Avantajele enumerate anterior sunt evidente. Însă numărul lucrărilor de cercetare în domeniul semănatului prin inserare sunt puține, dintre care putem menționa:

- lucrările lui N. Ledin [16] de cercetare a secției mașinii de semănat pneumatice fără brăzdar;
  - lucrările de la Universitatea din Bonn, școala doctorală Brinkmann [17, 18, 19, 20].
- Încercările mașinii de semănat experimentale cu inserare, elaborate de Universitatea din Bonn, au demonstrat cele mai performante rezultate în comparație cu alte mașini de semănat de acest gen.

Astfel, la semănatul sfeclei de zahăr, cu distanța dintre semințe de 18 cm de-a lungul rândului, acesta s-a respectat în proporție de 75 – 80 %, iar capacitatea de germinație a semințelor a atins 75%. Motivele încolțirii și răsării bune a plantelor s-au datorat plasării semințelor în strat umed de sol, tasării și acoperirii ulterioare cu un strat de sol afânat de 1,8 – 2,0 cm;

– elaborările firmei „Huard” (Franța). Mașina de semănat cu încorporare prin inserare se utilizează pentru semănatul porumbului în strat de mulci din folie. Mașina de semănat perforază pelicula, apoi inserează în sol câte un bob cu ajutorul organelor de încorporare. Conform datelor acestei firme, semănatul sub strat de mulci din folie mărește recolta porumbului cu până la 30 q/ha, de asemenea se reduc cheltuielile de întreținere pe perioada de vegetație a culturii [21, 22, 23];

– cercetările privind elaborarea mașinilor de semănat prin inserare de tip rotativ efectuate în Republica Moldova, prioritar la UASM, printre care pot fi menționate lucrările prof. P. Sclear, care a cercetat operația de însămânțare a porumbului cu mașina de semănat de tip rotativ în teza sa de doctorat [24]. La UASM au fost elaborate și obținute o serie de brevete pentru mașini de semănat și secții de tip rotativ prin inserare de către V. Leveneț [25, 26, 27, 28, 29, 30], V. Serbin [31], V. Bumacov [32]. În teza sa de doctor habilitat, dl V. Serbin [33] a argumentat bazele teoretice ale semănatului culturilor prășitoare și a elaborat mașina de semănat prin inserare de tip rotativ.

– încercări ale secțiilor de semănat prin inserare s-au efectuat și realizat și de către José P. Molin, doctorand la Departamentul Biological Systems Engineering al Universității din Nebraska, Lincoln [34, 35]. Astfel, au fost studiate roțile de inserare cu diametrele de 620, 825 și 1000 mm cu câte 15 organe de inserare, care distribuiau semințele la distanțe de 136, 165 și 210 mm. Vitezele de deplasare aplicate roților de inserare constituiau 1,5; 2,0 și 2,5 m/s – pentru culturile de porumb, de sorg și de soia.

### **1.3. Schemele constructive ale MSR pentru semănatul culturilor prășitoare**

#### ***1.3.1. Studiul mașinilor analoage (echipamentelor de semănat prin inserare)***

Cele mai reprezentative mașini de semănat prin inserare sunt cele *cu deplasare verticală a organului de lucru* și cele *rotative*.

*Mașinile de semănat prin inserare cu deplasare verticală a organului de lucru* pot fi diferite ca complexitate, de la cele manuale până la mașinile combinate, care execută mai multe operații simultan. Pentru aceste mașini este caracteristică utilizarea clemelor în calitate de organ de încorporare.

Mașinile de semănat din grupa celor cu clemă introduc semințele în sol prin deschizăturile organelor de inserare. Caracteristica lor comună este aceea că organele de inserare sunt executate în formă de cleme sau ace, cu părți rotativ articulate, sau supape. Mecanismele pentru deschiderea clemelor sau a supapelor pot fi diferite.

Din această grupă fac parte cele mai simple dispozitive, cum ar fi dispozitivele de plantare de tip manual PK-1 [36] și PC-1 [37].

Soluții tehnice mai complexe, precum organele de încorporare cu supape, le au mașinile de semănat cu dirijare automată a semințelor către patul germinativ. Vom analiza schemele tipice ale acestor mașini de semănat din punctul de vedere al cinematicii mișcării organelor de inserare.

Organul de lucru al mașinii de semănat propus de I. Crinicinâi [37], în formă de clemă, este antrenat în mișcarea de „du-te-vino” de către un mecanism „glisieră-manivelă”, care este legat cinematic cu roata de sprijin. Clema transmite semințele cu periodicitatea unei turații a roții. Pentru eliberarea semințelor, pe roată este prevăzută o proeminență care deschide clema. Așadar, la o turație a roții, mașina de semănat formează un singur cuib, ceea ce reprezintă un neajuns al mașinii în cauză, deoarece intervalul dintre semințe nu poate fi mai mic decât lungimea circumferinței exterioare a roții. Sistemul de supape pentru transmiterea semințelor în sol este folosit pe larg în schemele constructive ale mașinilor de semănat de tip rotativ prin inserare. Mecanismele de dirijare a semințelor sunt diferite ca construcție și ca principiu de acționare. Astfel, la unele mașini de semănat cu tambur, supapele organelor de inserare se deschid sub acțiunea solului [38]. Supapele organelor de inserare au o pârghie articulată în formă de **L**. Odată cu rostogolirea tamburului, reacția solului acționează asupra pârghiei și o face să se deplaseze către centrul tamburului, astfel formându-se cuibul și deschizându-se supapa. După același principiu lucrează și mașina de semănat prin inserare propusă de A. Nanaenco și alții [39, 40, 41]. La această grupă poate fi atribuită mașina de semănat KT-2 [42] și mașina lui N. Sicora [37], care au fost elaborate pentru semănatul în cuiburi în pătrate. Încercarea și implementarea acestor mașini de semănat nu s-a soldat cu succes, metoda în cauză fiind anevoioasă, cu cheltuieli mari de muncă.

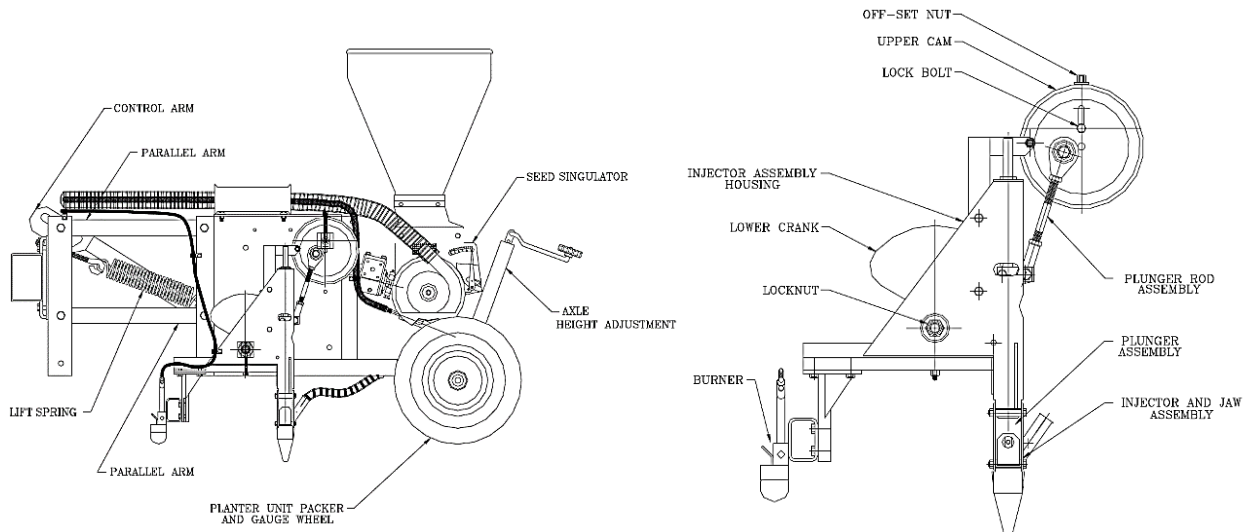
**Mașina de semănat pneumatică de precizie a firmei americane Renaldo Sales & Service, GVB 520** (figura 1.1) [44]. Mașina de semănat este de tip cu ciocuri cu inserare verticală a semințelor. Organul de inserare execută mișcări asemănătoare deplasării mașinii cu pași. Mașina poate executa plasarea semințelor direct în sol sau în stratul de mulci din folie. Construcția mașinii de semănat, pentru fiecare secție, prevede un aparat de distribuție de tip pneumatic al firmei italiene Gaspardo și un organ de inserare care execută mișcări verticale datorită unui mecanism „bielă-manivelă”. Partea care inserează semințele în sol este de tip cu ciocuri care se deschid doar în poziția extremă de jos, adică atunci când se adâncește în sol. Semințele distribuite de către aparatul de distribuție nimeresc prin conducte către organul de inserare. Construcția mașinii de semănat se bazează pe sistemul patentat Posi-Flow™ Ground Engaging, care se află în uz comercial din 1998.

La semănatul în strat de mulci din folie, mașina execută patru operații simultan:

- găurirea foliei cu ajutorul unui arzător;

- inserarea precisă a semințelor în sol prin gaura preformată;
- tasarea solului pentru o fixare mai bună a seminței;
- umezirea patului germinativ în care a nimerit sămânța cu o porție de apă.

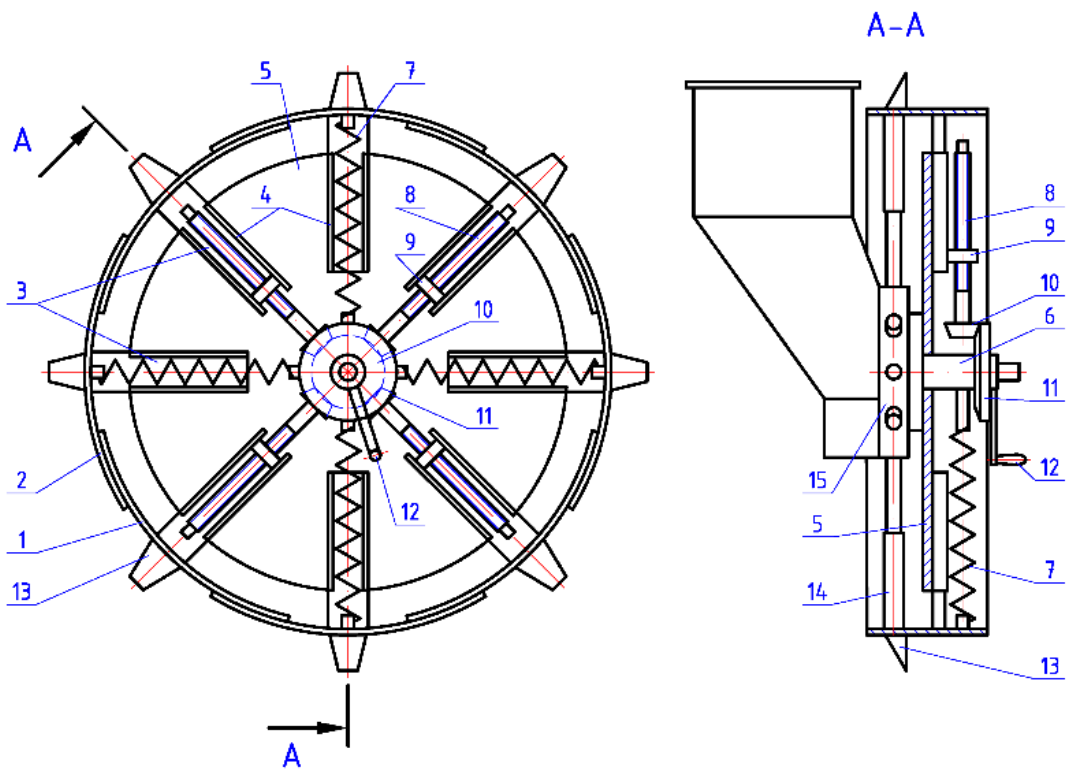
Mașina de semănat poate fi dotată cu una sau mai multe, până la nouă, secții, care pot fi reglate pentru distanțe dintre rânduri de la 48 până la 80 *inch* (122 ... 203 *cm*). Distanța dintre semințe pe rând, la fel, poate fi reglată prin intermediul schimbării brațului manivelei ce asigură distanțe între 8 și 26 *inch* (20 ... 66 *cm*). Mașina de semănat este universală și poate fi utilizată la semănatul următoarelor culturi: cicoare, salată verde, ridiche, țelină, morcov, roșii, piper, pătrunjel, conopidă, pepene galben, spanac, castravete, sparanghel, pepene verde, dovleac, sfeclă, fasole și porumb.



**Fig. 1.1.** Mașina de semănat pneumatică de precizie a firmei americane Renaldo Sales & Service, GVB 520 [44].

*Mașinile de semănat de tip rotativ, constructiv, sunt constituite dintr-o roată sau tambur, pe periferia circulară a căroră sunt montate organele de lucru care, la rotirea și deplasarea roții, introduc semințele în sol. Astfel de mașini de semănat există la nivel de invenții și de mașini funcționale, fiind utilizate la semănatul culturilor prășitoare. În continuare, prezentăm descrierea a câtorva dintre aceste mașini:*

**Semănătoare pentru însămânțat în cuiburi.** Autor Levenet V. N. (1984) (figura 1.2) [45]. Roata secției mașinii de semănat de tip rotativ este formată din elementele mobile interioare (1) și cele exterioare (2), care se suprapun consecutiv. Elementele mobile se pot deplasa în direcție radială cu ajutorul suporturilor (3) pe ghidajele (4) amplasate pe discul (5), care, la rândul său, este fixat rigid pe butucul (6). Elementele mobile exterioare (2) sunt legate cu butucul (6) prin arcurile de întindere (7), iar elementele mobile interioare (1) sunt dotate cu o transmisie „șurub (8) – piuliță (9)”. Pe șurubul (9) este montată, la capătul interior, o roată pinion conică (10) care obține mișcare de rotație de la roata conică centrală (11) amplasată pe butucul (6) și dotată cu o manivelă (12). Pe elementele mobile sunt montate organele de încorporare (13), conectate cu aparatul de distribuție pneumatic (15) prin intermediul conductelor telescopice (14).



**Fig. 1.2.** Schema secției mașinii de semănat de tip rotativ cu diametru variabil cu mecanism „șurub-piuliță” [45].

1 – element mobil interior; 2 – element mobil exterior; 3 – suport; 4 – ghidaj; 5 – disc; 6 – bucșă; 7 – arc; 8 – șurub; 9 – piuliță; 10 – arbore pinion conic; 11 – roată dințată conică; 12 – manivelă; 13 – organ de încorporare; 14 – conducte; 15 – aparat de distribuție.

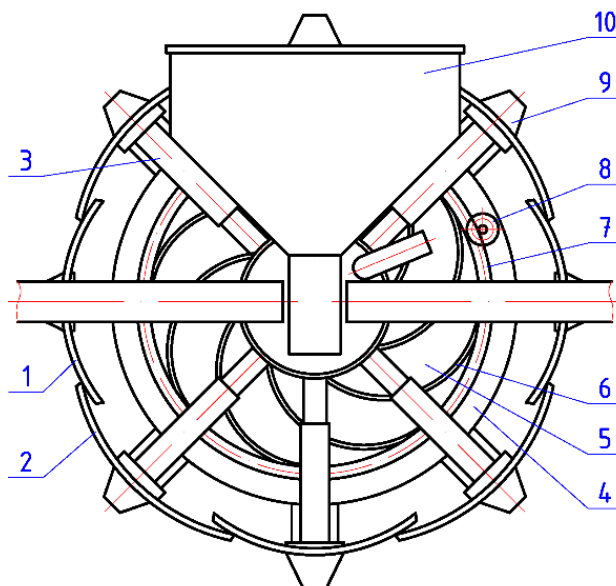
Norma de însămânțare se reglează datorită măririi sau micșorării distanței dintre semințe (plante) de-a lungul rândului, prin intermediul schimbării razei cercului de amplasare a organelor de încorporare (13). Spre exemplu, pentru a micșora norma de însămânțare, trebuie să mărim pasul dintre organele de încorporare; acest lucru se înfăptuiește prin rotirea roții dințate conice centrale

(11) cu ajutorul manivelei (12). Roata (11) pune în mișcare roțile pinion (10) și șuruburile (8), care, la rândul lor, datorită filetelui, deplasează piulița (9) împreună cu suportul (3) pe ghidajele (4). Astfel, pe direcția radială se deplasează elementele mobile interioare (1) care apasă asupra elementelor mobile exterioare (2) și care, la rândul lor, înving forțele de întindere ale arcurilor (7). Procedura de mărire a normei de însămânțare se efectuează prin rotirea inversă a manivelei (12). În acest caz, arcurile (7) fac ca elementele mobile exterioare (2) să fie lipite de cele interioare (1), asigurând conturul închis al roții. Datorită mecanismelor „șurub-piuliță”, reglarea se face lent și foarte precis, asigurând distanța necesară dintre organele de încorporare și, respectiv, dintre semințele încorporate în sol.

*Avantaje:* Posibilitatea reglării distanței dintre semințe de-a lungul rândului.

*Dezavantaje:* Imposibilitatea reglării adâncimii de încorporare.

**Semănătoare de tip rotativ pentru cuiburi cu parametri reglabili.** Autori: Gaina A. V., Levenț V. N., Bumacov V. M. (1989) (figura 1.3) [46]. Semănătoarea de tip rotativ are elementele mobile interioare (1) executate după raza maximă posibilă a roții, iar elementele mobile exterioare (2) – executate cu raza minimă posibilă a roții. Barele (3) se deplasează pe ghidajele fixate pe discul (4). Pe butucul roții este montat un disc (5) care are executat pe el canale profilate circulare (6), legate cinematic, prin intermediul unor osii, cu barele (3). Pe periferia discului (5) este plasată coroana dințată (7) care intră în angrenaj cu roata dințată (8), fixată pe discul (4).



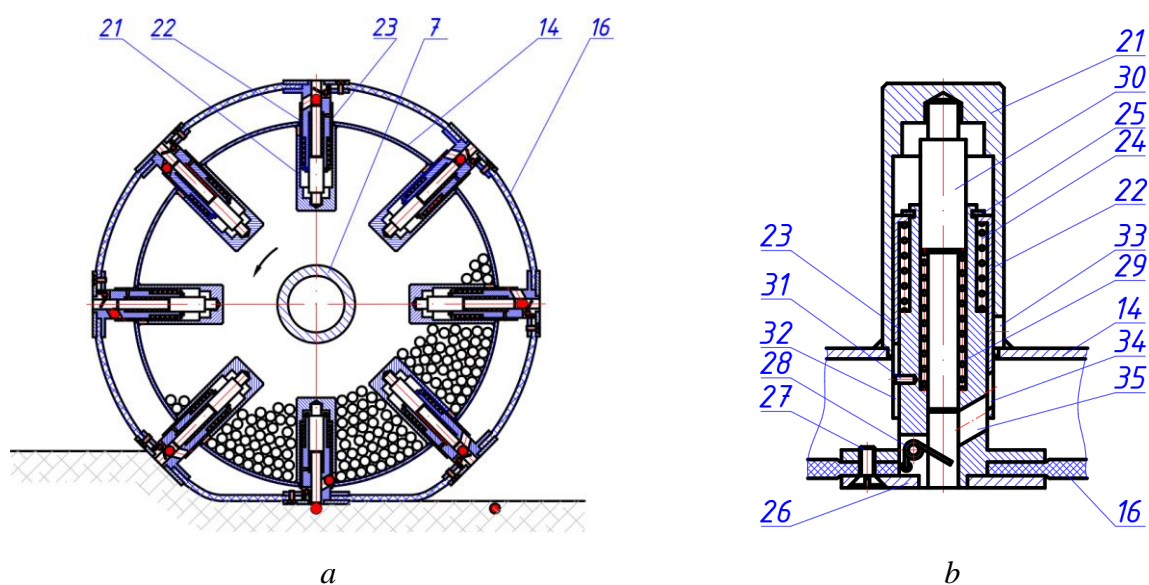
**Fig. 1.3.** Schema secției mașinii de semănat de tip rotativ cu diametru variabil cu mecanism cu came [46].  
 1 – element mobil interior; 2 – element mobil exterior; 3 – bară; 4 – disc; 5 – disc profilat; 6 – canalul profilat; 7 – coroană dințată; 8 – roată dințată; 9 – organ de încorporare; 10 – buncăr pentru semințe.

Ca și la varianta precedentă a secției mașinii de semănat de tip rotativ, norma de însămânțare necesară se poate realiza prin schimbarea pasului dintre organele de încorporare. Pentru a realiza acest lucru, se rotește roata dințată (8) contra acelor de ceasornic, punând în mișcare discul (5). În acest caz, barele (3), prin intermediul osiilor amplasate în canalele profilate circulare (6), deplasează în direcție radială elementele mobile (1) și (2) împreună cu organele de încorporare. Astfel, se mărește diametrul roții și pasul dintre organele de încorporare, fapt ce conduce la micșorarea normei de însămânțare. Pentru micșorarea normei de însămânțare, roata dințată (8) este rotită în direcția acelor de ceasornic.

*Avantaje:* Posibilitatea reglării distanței dintre semințe de-a lungul rândului.

*Dezavantaje:* Imposibilitatea reglării adâncimii de încorporare.

**Mașina de semănat pentru teren bilonat.** Autori: Iacimeniov V., Nosovschii V., Necras Iu. (2007) (figura 1.4) [47]. Mașina de semănat pentru teren bilonat este o mașină combinată, care execută inițial biloane pe sol, apoi semănatul. Dispozitivele de încorporare (figura 1.4, a) prezintă un tambur constituit din doi cilindri coaxiali, cel exterior (poz. 16) este fabricat dintr-un material elastic, iar cel interior (poz. 14) este rigid. Între cilindri, pe perimetrul circular, sunt montate aparatele de distribuție de tip plunjor (figura 1.4, b). Plunjorul este alcătuit dintr-o piesă de tip păhar (21), care este fixată în interiorul cilindrului rigid (14). În păhar sunt instalate o bucășă (23) și un plunjor (30), ambele arcuite. Bucășă (23) este fixată pe cilindrul elastic. În păhar și bucășă, lateral, sunt executate orificii care, în anumite momente, coincid pozițional și prin care sămânța ajunge în centrul bucășei. Pentru ca sămânța să nu cadă involuntar în partea de jos a bucășei, este montat un arc de sprijin (28).



**Fig. 1.4.** Mașină de semănat pentru teren bilonat B. I. 2334385 RU (2007) [47].

*a* – secția mașinii de semănat; *b* – organul de încorporare în secțiune

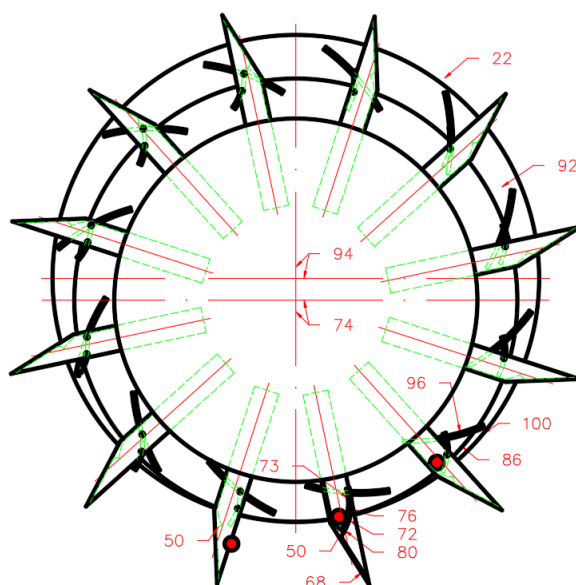


Principiul de funcționare se bazează pe posibilitatea deformării și deplasării discului elastic (16) (figura 1.2, a). În stare nedeformată, ambii cilindri sunt concentrici, însă în partea de jos, unde acționează forța de greutate din partea mașinii, discul elastic (16) se deformează, apropiindu-se de discul rigid (14), deplasând bușa (23) către centrul discurilor. La deplasarea bușei către centru, au loc două operații simultan: o sămânță nimereste în orificiul bușei, când orificiile laterale dintre păhar și bușă coincid, și, în același timp, plunjorul (30) împinge sămânța din orificiul central în sol, învingând forța arcului de sprijin (28). La deplasarea inversă a bușei, plunjorul deschide orificiul bușei și sămânța de acolo nimereste în orificiul central, dar nu poate să cadă datorită arcului de sprijin.

*Avantaje:* Distribuție precisă și inserarea forțată a semințelor în sol.

*Dezavantaje:* Imposibilitatea reglării distanței dintre semințe de-a lungul rândului și adâncimii de încorporare; necesitatea semințelor calibrate; deservire complicată în caz de înfundare.

**Secție a mașinii de semănat.** Autor A. Makkink (1989) [48]. Secția mașinii de semănat (figura 1.5), prezintă un disc (22), pe perimetrul exterior al căruia sunt montate organele de încorporare în formă de tuburi (68). În interiorul tuburilor este montată câte o clapetă articulată (96), legată cu câte o pârghie laterală (77). La deschiderea clapetei, semințele nimeresc în sol datorită acțiunii pârghiei, care este pusă în mișcare numai în partea de jos a roții.



**Fig. 1.5.** Secție a mașinii de semănat, patent 5359948 SUA (1994) [48]

*Avantaje:* Distribuție precisă a semințelor.

*Dezavantaje:* Imposibilitatea reglării distanței dintre semințe de-a lungul rândului și adâncimii de încorporare; înfundarea organelor de încorporare.

**Mașina combinată SMP (Semnatrice pneumatică) cu semănătoare pneumatică a firmei italiene SPAPPERI** este prezentată în figura 1.6 [49, 105]. Constructiv, mașina este formată din mașina de semănat pneumatică și dispozitivul de mulcire cu folie, care permite, la o

singură trecere, să acopere solul cu folie, să străpungă găuri în folie, să introducă semințele în sol (cu diametrul mai mare de 4 mm) prin găurile formate și să taseze solul.

Suplimentar, mașina poate fi dotată cu tambur pentru amplasarea benzii de irigare prin picurare sub stratul de folie.

Principiul de lucru al mașinii combinate este următorul: tamburul anterior (primar) (1) nivelează solul și pregătește stratul germinativ. Rola centrală (2) întinde pelicula pe sol, care din părți este ținută și tasată de către roțile laterale (3). În spatele roților laterale este amplasată câte o cormană (4), care acoperă marginile foliei cu sol pentru o mai bună fixare a acesteia. Roțile mașinii de semănat cu țevile (acele) speciale (7), trecând prin buncărul cu semințe (6), prin aspirație, iau câte o sămânță. Acele (împreună cu sămânța), rotindu-se mai departe, străpung stratul de folie și, în momentul în care ajung în poziție verticală, datorită încetării acțiunii jetului de aer vacuumatic, plasează sămânța în sol. Roțile de tasare (5) tasează solul semănat peste stratul de folie. Această construcție a mașinii de semănat asigură un semănat de precizie, uniform, la aceeași adâncime cu deteriorarea minimă a foliei, fapt ce conduce la reducerea vaporizării umidității din sol.

Mașina SMP este destinată pentru semănatul porumbului și poate fi dotată cu două sau trei secții de semănat, pentru care distanța dintre rânduri poate fi reglată de la 35 la 75 cm. Distanța dintre semințe pe rând este de 18 cm. Adâncimea de încorporare a semințelor – 4,5 cm. Pentru a obține alte distanțe dintre plante pe rând și alte adâncimi de încorporare sunt folosite roți cu alți parametri dimensionali. În figura 1.4 este prezentată mașina cu un singur modul, care plasează o fâșie de folie. Mai există mașini cu 2 sau 3 module, care pot executa semănatul pe 4 (6) sau 6 (9) rânduri.



**Fig. 1.6.** Mașina combinată SMP cu semănătoare pneumatică a firmei italiene SPAPPERI [49]

*Avantaje:* Distribuție precisă a semințelor; posibilitatea utilizării la semănatul sub strat de folie.

*Dezavantaje:* Imposibilitatea reglării distanței dintre semințe de-a lungul rândului și adâncimii de încorporare; destinat doar pentru semănatul porumbului.

**Mașina de semănat Drum Punch Plastic Mulch Planter a firmei americane Specialty Sales Co.** (figura 1.7) [50] este destinată pentru semănatul în strat de mulci de folie. Mașina de semănat străpunge găuri în folie și plasează semințele în sol prin găurile formate, apoi tasează solul.

Elementul principal al acestei mașini de semănat este roata de inserare cilindrică (1), prevăzută cu orificii uniform repartizate pe partea circulară. În funcție de distanța dintre plante pe rând, în dreptul orificiilor din partea interioară este montată câte o pâlnie (2), iar din partea exterioară – câte un element de străpungere (3). În interiorul roții este montat un aparat de distribuție pneumatic (4) (de la firma Monosem), care distribuie semințele și le lasă să cadă în pâlnia amplasată vertical. Sămânța cade prin pâlnie și orificiul din roată, nimerind în locul format de elementul de străpungere din dreptul pâlniei verticale. Roata de tasare (5) execută astuparea semințelor și tasarea solului. Pentru a evita înfundarea orificiilor din roată, este prevăzut un mecanism cu perii (6) care curăță orificiile din roată.



**Fig. 1.7.** Mașina de semănat Drum Punch Plastic Mulch Planter a firmei americane Specialty Sales Co. [50]

Această mașină de semănat execută semănatul pe un singur rând. În funcție de numărul de elemente de străpungere și de pâlnii amplasate pe roată, se stabilește distanța dintre plante pe rând. Numărul elementelor de străpungere poate fi de 12, 6, 4, 3 și 2, care permit obținerea distanțelor dintre semințe pe rând de 8, 16, 24, 32 și 48 *inch* (20,3; 40,6; 60,9; 81,3 și 121,9 *cm*).

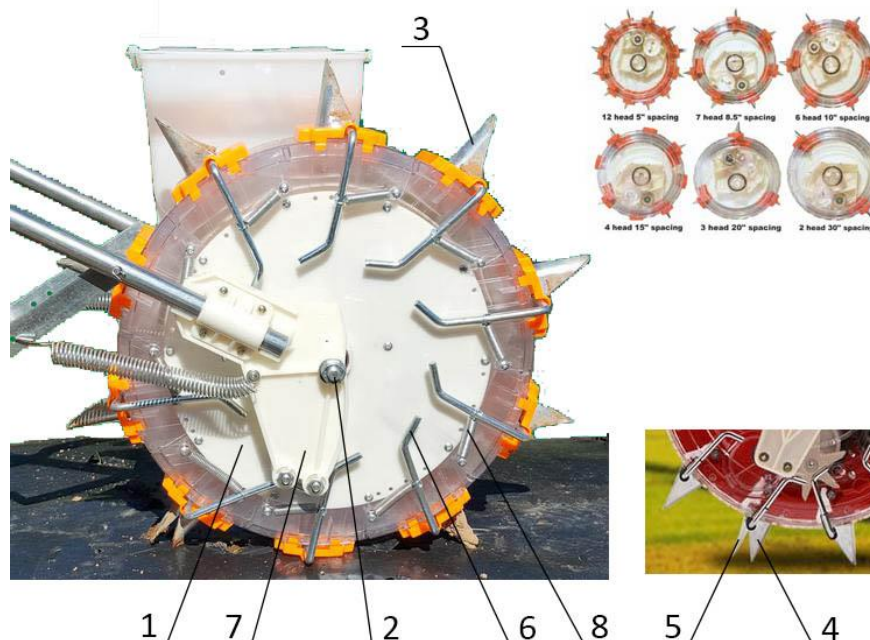
*Avantaje:* Distribuție precisă a semințelor; posibilitatea semănatului a diferitor culturi.

*Dezavantaje:* Imposibilitatea reglării distanței dintre semințe de-a lungul rândului și adâncimii de încorporare; înfundarea organelor de încorporare.

**Mașina de semănat Polyplanter Junior** (figura 1.8) [51, 105] este o semănătoare de tip rotativ manuală, care poate fi utilizată pentru semănatul sub strat de mulci din folie sau direct în sol. Cu ajutorul ei, pot fi semăntate atât semințe de dimensiuni mici (cum sunt cele de salată) cât și boabe mari (cum sunt cele de fasole lima).

Polyplanter Junior are în dotare 10 discuri de dozare pentru diferite semințe. Construcția permite să fie dozate câte una sau câte două semințe în fiecare cuib, cu posibilitatea reglării distanței dintre plante pe rând – de la 5 până la 25 *inch* (12,7 – 63,5 *cm*). Operațiunea de reglare nu ocupă mai mult de 20 *min*.

Polyplanter Junior este executat din plastic rigid și cântărește aproximativ 11,35 *kg* (25 *lbs*), este ușor de manevrat și poate fi împins de o singură persoană la mers liber.



**Fig. 1.8.** Mașina de semănat Polyplanter Junior [51]

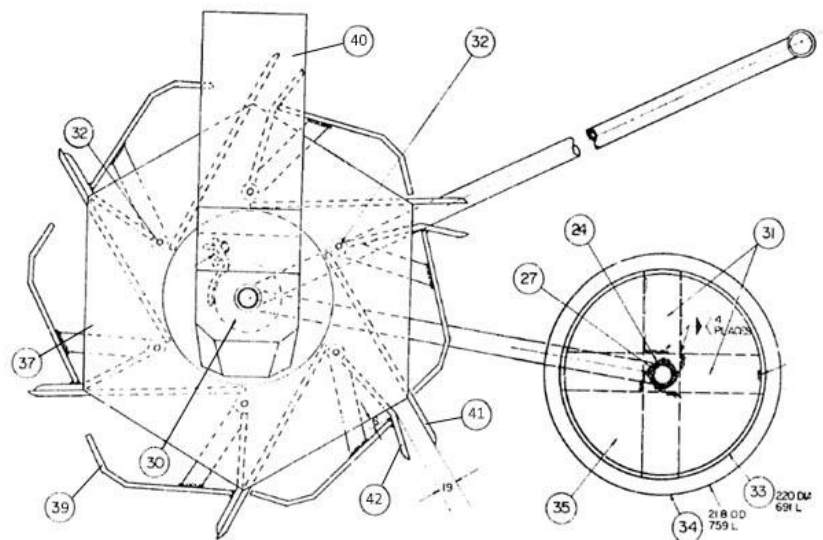
Constructiv, Polyplanter Junior reprezintă un tambur (1) care se rotește pe un ax (2), pe periferia circulară a căruia sunt amplasate uniform organele de încorporare a semințelor (3) în formă de ciocuri. Ciocul constă dintr-o parte montată rigid (4) și una articulată (5) pe disc. Partea articulată a ciocului (5) este legată cu o tijă încovoiată (6), amplasată pe una din părțile frontale

ale discului. Pe partea frontală a discului, la mâner (partea care nu se rotește), este montată o placă (7) cu care intră în contact tija încovoiată (6) a ciocului articulată (5). Poziția plăcii este aleasă astfel încât ciocul să se deschidă în sol numai în poziție verticală. Tija încovoiată (6), împreună cu ciocul (5), se întoarce în poziție „închis” datorită unui arc (8) legat de disc.

*Avantaje:* Distribuție precisă a semințelor; posibilitatea montării a unui număr diferit de organe de încorporare.

*Dezavantaje:* Imposibilitatea reglării distanței dintre semințe de-a lungul rândului și adâncimii de încorporare; înfundarea organelor de încorporare.

**Mașina de semănat Haraka Rotary Punch Push Planter for Maize** (figura 1.9) [52] este de tip rotativ, cu acționare manuală, care realizează încorporarea semințelor în sol prin inserare. Corpul mașinii este compus din două plăci hexagonale, una dintre ele dispunând de o gaură centrală prin care semințele ajung la organele de încorporare în formă de ciocuri. Ciocul este format din două părți, dintre care una (41) este fixată între hexagoane, perpendicular pe laturile acestuia, în partea din față a direcției de înaintare. Cealaltă parte (42) a ciocului este articulată între hexagoane și este prevăzută cu o pedală (39). Pe hexagonul (37) cu gaura centrală este plasat rezervorul de semințe (40) cu aparatul de distribuție (30). Semințele din rezervor, fiind distribuite de aparatul de distribuție (30), prin gaura centrală nimeresc între ciocurile organelor de încorporare. La trecerea de pe o latură a hexagonului pe cealaltă, pedala (39) a ciocului articulată (42) ajunge în contact cu solul și, datorită greutateii mașinii, conduce la deschiderea ciocului când latura hexagonului este paralelă cu solul și semințele nimeresc în cuibul format. Pentru acoperirea cuiburilor cu semințe, este prevăzută o roată de tasare (34).



**Fig. 1.9.** Mașina de semănat Haraka Rotary Punch Push Planter for Maize [52]

Pentru mașina de semănat Haraka Rotary Punch Push Planter for Maize, lungimea laturilor hexagonului determină distanța dintre plante pe rând, aceasta variind între 15 și 20 *cm*. Viteza medie de lucru a mașinii este între 0,5 și 1 *m/s*. Vitezele mai mari conduc la aruncarea semințelor din semănătoare.

*Avantaje:* Distribuție precisă a semințelor; posibilitatea semănatului pe câmpuri neprelucrate.

*Dezavantaje:* Imposibilitatea reglării distanței dintre semințe de-a lungul rândului și adâncimii de încorporare; înfundarea organelor de încorporare; aruncarea semințelor din semănătoare; destinată doar pentru o cultură.

Construcțiile mașinilor de semănat prin inserare sunt variate, însă în această lucrare au fost analizate și prezentate cele mai reprezentative dintre ele.

### ***1.3.2. Tipizarea mașinilor de semănat prin inserare***

Operația de încorporare a semințelor prin inserare include următoarele faze [33]: selectarea unitară a boabelor din masa de semințe, formarea consecutivă a patului germinativ (locașurilor) la distanțe egale unul față de celălalt, transportarea semințelor de la aparatul de distribuție către patul germinativ și plasarea lor în sol. Spre deosebire de fazele operației de semănat în rigole, fazele semănatului prin inserare, în anumite perioade de timp, trebuie bine determinate și corelate între ele, ceea ce poate fi obținut prin legăturile cinematice de funcționare a tuturor organelor de lucru a mașinii de semănat; însă cea mai semnificativă corelare trebuie să fie dintre aparatul de distribuție și dispozitivele de formare a patului germinativ.

Din mulțimea de indicatori care pot sta la baza clasificării (tipizării) mașinilor de semănat prin inserare, cele mai reprezentative sunt metodele de execuție a fazelor operației tehnologice și cinematica deplasării organelor de inserare. Conform acestor indicatori, putem face următoarea clasificare:

– după metoda de transportare (alimentare) și încorporare a semințelor în sol, mașinile de semănat prin inserare pot fi: cu supape, contact-presiune, fără supape sau directe;

– după principiul de „selectare-divizare” a boabelor din masa totală de semințe și transportarea către locul de amplasare a acestora în sol, mașinile de semănat pot fi: mecanice, pneumatice și magneto-electrostatice;

– după tipul mișcării organelor de inserare, mașinile de semănat pot fi: cu pași, cu șenilă și rotative.

Mașinile de semănat „cu pași” și cele „cu șenilă” erau propuse, prioritar, pentru executarea semănatului în cuiburi așezate în pătrat și cuiburi [53, 54, 55], însă acestea nu și-au găsit implementarea în practică.

Pentru mașinile de semănat de tip rotativ este caracteristică mișcarea rotativă a organelor de inserare a semințelor. Mașinile de semănat de tip rotativ, constructiv, sunt de 2 tipuri: cu *tambur* și cu *roată*. Sunt cunoscute și unele echipamente de semănat executate în formă de rotor [42, 43, 56], care formează grupa mașinilor de semănat de tip rotativ cu rotor.

Mașinile de semănat cu inserare de tip rotativ pot avea diverse scheme ale transmisiei mișcării de rotație către organele de lucru. După tipul de transmitere a rotației către organele de inserare, mașinile de semănat pot fi *pasive* și *active*. La mașinile de semănat *pasive*, roata împreună cu organele de inserare se rostogolește pe sol, executând funcțiile tehnologice și de sprijin al organelor de lucru. Mașinile de semănat cu transmisie *activă* primesc mișcarea organelor de lucru de la roata de sprijin sau de la motor.

### ***1.3.3. Direcțiile de dezvoltare și elaborare a echipamentelor de semănat prin inserare a culturilor prășitoare***

După cum s-a menționat anterior, semănatul prin inserare este o metodă de alternativă semănatului în rigole, care însă nu și-a găsit o răspândire largă. Acest fapt este condiționat de anumite cauze obiective. Se poate afirma că factorii principali care au limitat aplicarea pe larg a semănatului prin inserare este construcția destul de complexă a echipamentelor și studiul insuficient al funcționării acestora. Cu toate acestea ideea semănatului prin inserare a fost destul de productivă, dat fiind faptul că, odată cu dezvoltarea mecanizării semănatului culturilor prășitoare, s-au propus pentru realizarea acestuia o serie de soluții tehnice la nivel de invenții, brevete, machete, modele experimentale, precum și mașini de semănat de tip rotativ prin inserare produse în serie [44, 49, 50, 51, 104].

### ***1.3.4. Analiza construcției organelor de încorporare ale mașinilor de semănat de tip rotativ***

Efectuând analiza constructivă a mașinilor de semănat de tip rotativ, putem menționa organele de lucru tipice ale acestora, care sunt: *aparatură de distribuție* a semințelor, *roata de lucru* și *organele de încorporare* a semințelor.

*Aparatele de distribuție* utilizate la mașinile de semănat de tip rotativ sunt aceleași ca și la mașinile de semănat tradiționale, utilizându-se diferite variante de tip mecanic sau pneumatic.

*Roata de lucru* este, de obicei, o construcție rigidă de tip circular [49, 50, 51] sau poligon, cu numărul de laturi egal cu numărul organelor de încorporare [52]. De asemenea, se întâlnesc construcții ale roților cu diametrul variabil [45, 46], unde se modifică pasul dintre organele de încorporare, astfel schimbându-se norma de însămânțare.

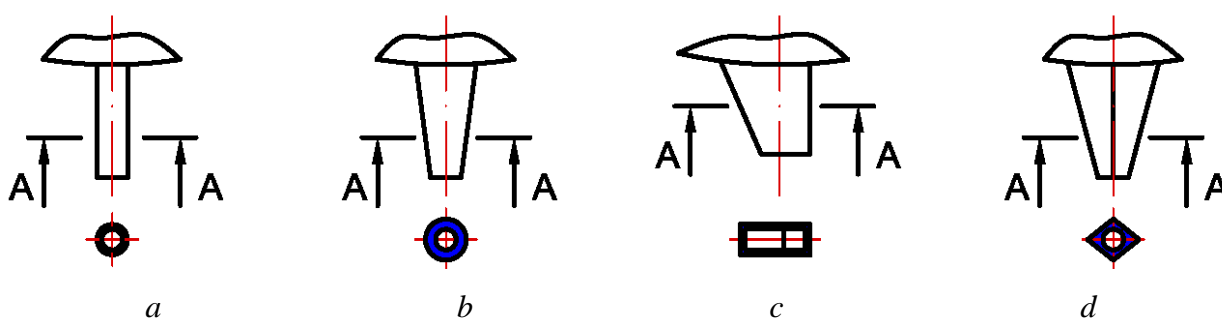
*Organele de încorporare* pentru mașinile de semănat de tip rotativ pot fi divizate în mai multe categorii, și anume:

- după numărul organelor amplasate pe roată. Acest parametru este condiționat de cerințele agrotehnice ale culturii (distanța dintre plante pe rând) și diametrul roții de încorporare. Având roata de lucru cu diametrul fix și montând un număr mare de organe de lucru, vom obține o distanță dintre semințe de-a lungul rândului mică, și invers, numărul mic de organe de încorporare duce la mărirea distanței dintre semințe. Roțile de lucru sunt dotate de obicei cu un număr par de organe de încorporare – 6, 8, 10, 12 bucăți [49, 50, 51], dar există și modele cu număr impar – 15 bucăți [35];

- după lungimea organelor de încorporare. Acest parametru, la fel, este condiționat de cerințele agrotehnice ale culturii, și anume adâncimea de plantare (pentru **porumb** – 4 ... 10 cm, pentru **floarea-soarelui** – 5 ... 8 cm, pentru **sfecla de zahăr** – 2 ... 4 cm; a se vedea capitolul 1.1.2). Lungimea organelor de încorporare întâlnită este de 4, 6, 8 și 10 cm;

- după forma organelor de încorporare, acestea pot fi: cilindrice (figura 1.10, a), conice (figura 1.10, b), prismatice (figura 1.10, c) [50], cu secțiune rombică (figura 1.10, d) etc.;

- după construcție, se disting două tipuri pronunțate: organe de încorporare de tip supapă (figura 1.4, b) [47] și organe de încorporare cu ciocuri (figurile 1.8, 1.9) [51, 52].



**Fig. 1.10.** Forme ale organelor de încorporare

#### 1.4. Elaborarea schemelor funcționale a MSR noi

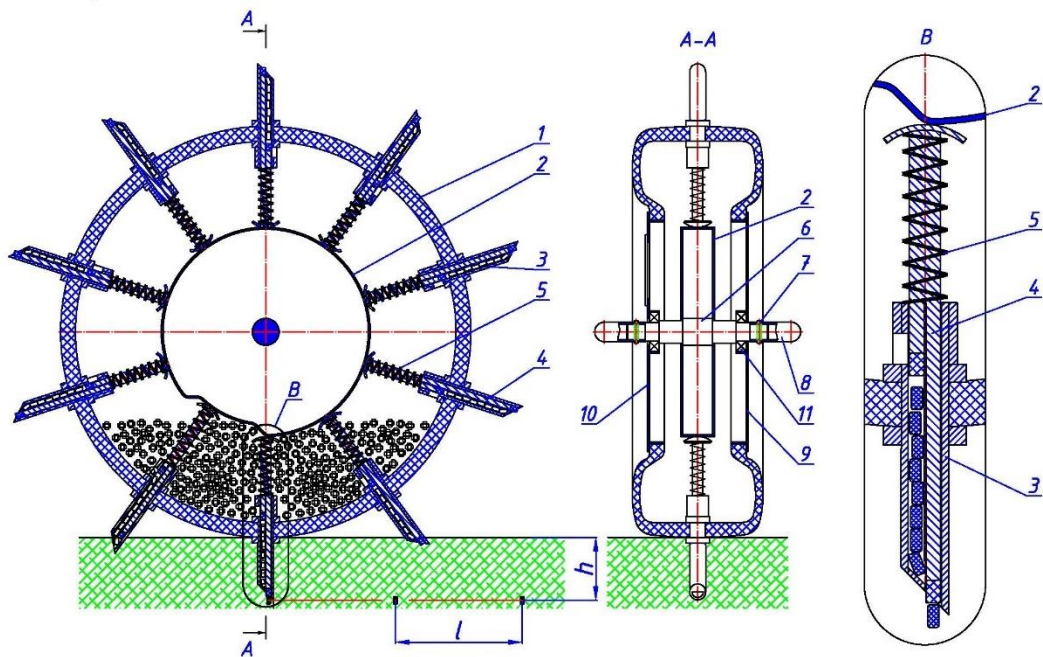
În urma analizei construcției și principiului de funcționare a mașinilor și secțiilor de semănat de tip rotativ au fost elaborate mai multe scheme funcționale noi pentru MSR. Două din schemele propuse au fost perfectate și înaintate spre brevetare. Ulterior pentru acestea au fost obținute brevete de invenție de scurtă durată.

**Semănătoare manuală.** Autori: Nastas A., Botez I., Stoicev P., Bezeid J. (2014) (figura 1.11) [59, 102, 103]. Semănătoarea manuală conține roata 1 cu două capace laterale 9, 10, în care este amplasată cama 2 cu profil cu un diametru mai mic pe un sector, fixată rigid pe axul 6, montat



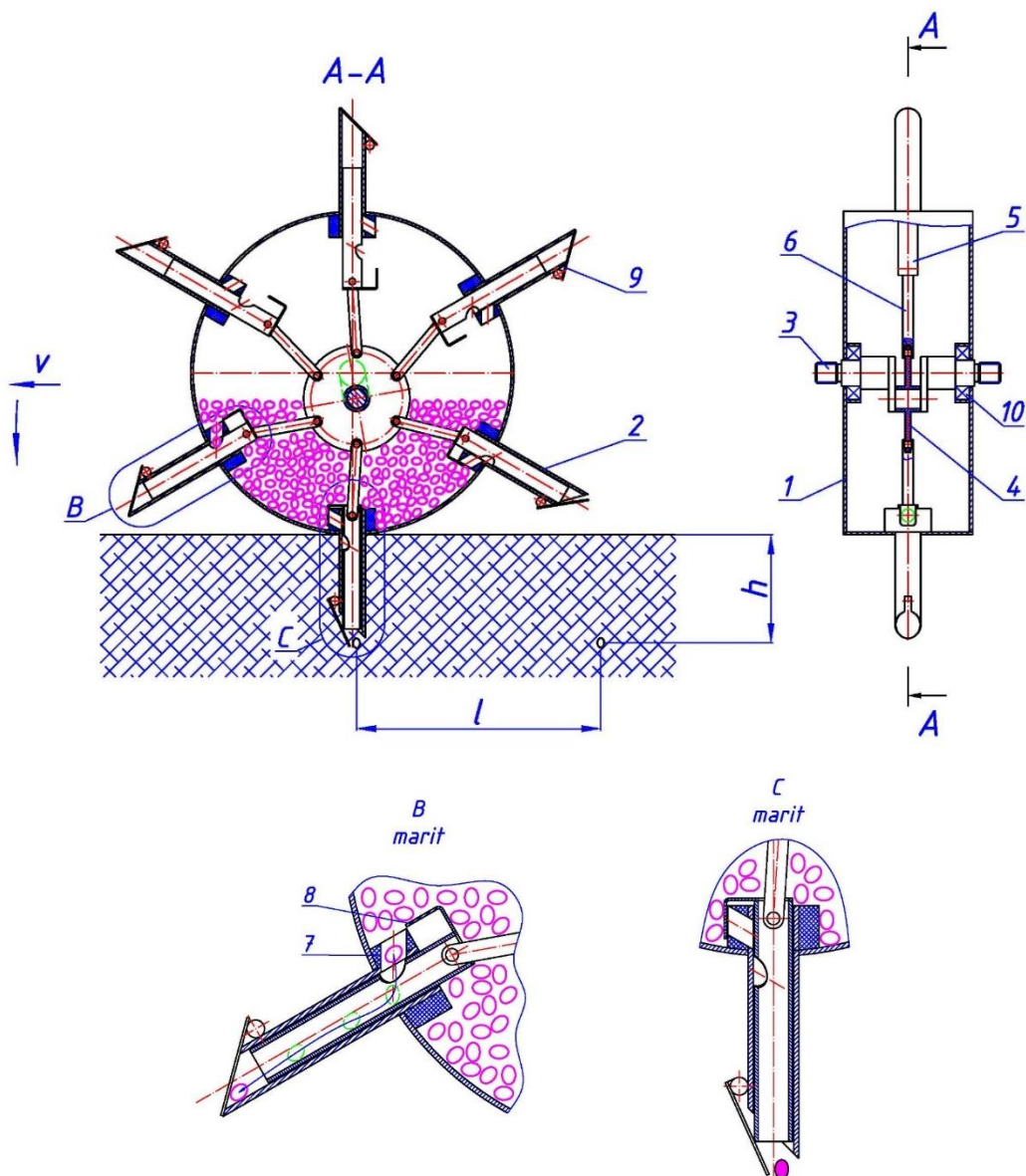
în capacele 9, 10 prin rulmenții 11 și unit cu mânerul de tragere 8 prin intermediul știfturilor 7. Pe suprafața frontală a roții 1 sunt executate găuri străpuse, în care sunt fixate tuburi 3 pentru introducerea semințelor în sol cu câte o gaură laterală la capăt din interiorul roții 1. Capătul liber al tuburilor 3 este executat teșit, parțial orb. În fiecare tub 3 este amplasat câte un tachel 4, un capăt al căruia alunecă pe suprafața camei 2, arcuit față de tubul 3, prin arcurile 5, capătul opus fiind executat cu o treaptă.

Semănătoarea manuală funcționează în modul următor, în procesul de lucru roata 1 cu capacele laterale 9 și 10 se rotește pe rulmenții 11, în timp ce cama 2 sudată pe axul 6, fiind unită de mânerul de tragere 8, are o poziție neschimbată. Roata 1 se rotește apăsând tubul 3 în sol. Când tubul 3 de jos atinge poziția verticală, tachelul 4 din el se deplasează, datorită profilului camei 2, și împinge o sămânță, la capătul de jos al tubului 3, lăsând-o în sol, totodată tachelul 4 împinge o sămânță nimerită prin gaura laterală la capătul tubului 3 din interiorul roții 1. După trecerea poziției verticale tachelul 4 închide gaura laterală și capătul liber al tubului 3 teșit, parțial orb, datorită profilului camei și arcului 5, păstrând poziția pe parcursul rotirii roții la 315°, până când aceasta ajunge la profilul cu diametrul mai mic de pe sectorul camei 2. Când tachelul 4 ajunge în această poziție, arcul 5 îl deplasează, și se deschide gaura laterală, astfel încât semințele nimeresc în tubul 3 și prin capătul liber al acestuia o sămânță iese, ulterior fiind presată în sol. Procesul se repetă pentru fiecare tub 3, când acesta ajunge în partea de jos în poziție verticală. Lungimea tuburilor 3 determină adâncimea de semănare  $h$ , iar numărul tuburilor 3, fixate pe roata 1, determină distanța  $l$  dintre semințe pe rând.



**Fig. 1.11.** Semănătoare manuală B. I. 728 MD (2014) [59]

**Semănătoare.** Autori: Nastas A., Botez Il., Botez Al., Gulco, V. (2015) (figura 1.12) [60, 102, 103]. Semănătoarea conține corpul cilindric 1, în care se introduc semințele, cu două capace laterale, în care este amplasat arborele cotit 3, montat în capace prin rulmenții 10 și fixat rigid pe subsansamblul de tragere. Pe suprafața frontală a corpului 1 sunt executate găuri străpunse, în care sunt fixate tuburi 2 pentru introducerea semințelor în sol cu bușele de admisie 7, fixate la capetele din interiorul corpului 1. Capătul liber al tuburilor 2 este executat teșit și acoperit cu capacul 9 cu resort. În tuburile 2 sunt amplasate mobil pistoanele 5 în formă de tub, la unul din capetele cărora sunt fixate limitatoarele 8 și biețele 6. Pe fusul arborelui cotit 3 este amplasat mobil discul 4, care este unit cu capetele opuse ale bielelor 6. În bușele de admisie 7 și în capetele tuburilor 2 și pistoanelor 5 din interiorul corpului 1 este executată câte o gaură laterală înclinată.



**Fig. 1.12.** Semănătoare B. I. 863 MD (2015) [60]

Semănătoarea fiind acționată de subansamblul de tragere, pune corpul 1 în rotație și tuburile 2 intră în sol. Arborele cotit 3, care este fixat rigid pe subansamblul de tragere, permite corpului 1 și discului 4 să se rotească în jurul rulmenților 10. Datorită acestui fapt, pistoanele 5 execută mișcarea de du-te-vino în interiorul tuburilor 2 prin intermediul bielelor 6. Pe fusul arborelui cotit 3 se rotește discul 4, amplasat astfel încât să asigure poziția cea mai de jos a pistonului 5, atunci când tubul 2, în care acesta se află, ocupă poziția verticală în sol. În bușele de admisie 7 și în capetele tuburilor 2 și pistoanelor 5 din interiorul corpului 1 este executată câte o gaură laterală înclinată, prin care trec semințele. Capătul liber al tuburilor 2 este executat teșit pentru pătrunderea mai ușoară în sol și acoperit cu capacul 9 cu resort, care împiedică căderea prematură a seminței. Bucșele de admisie 7 sunt executate cu pereții groși, astfel încât să poată reține un număr minim de semințe în gaura laterală înclinată. Pistoanele 5 sunt executate în formă de tub, la un capăt al cărora sunt fixate limitatoarele 8 și bielele 6. În procesul de lucru, pistoanele 5 cu limitatoarele 8 închid și respectiv deschid găurile laterale înclinate, ceea ce limitează numărul de semințe care nimeresc în tuburi. Sămânța, care nimereste în gaura laterală, datorită executării înclinate a acesteia, tinde să cadă în jos, când găurile din tubul 2 și pistonul 5 coincid. Pistonul împinge capacul 9 cu resort și tubul 2, fiind deschis, sămânța cade în sol. Procesul este identic și se repetă pentru fiecare tub. Lungimea tuburilor 2 determină adâncimea de semănare  $h$ , iar numărul tuburilor, fixate pe corpul 1, determină distanța  $l$  dintre semințe pe rând.

### **1.5. Scopul și obiectivele tezei**

**Scopul lucrării:** Majorarea recoltei culturilor prășitoare cu îmbunătățirea parametrilor tehnologici ai calității semănatului de precizie prin argumentarea parametrilor organelor semănătorilor destinate încorporării în sol a semințelor.

#### **Obiectivele cercetării:**

- Analiza stadiului actual privind metodele și mijloacele tehnice pentru desfășurarea semănatului culturilor prășitoare, clasificarea lor, precum și evaluarea capacităților lor funcționale conform cerințelor agrotehnice impuse mașinilor de semănat, operației de semănat și culturilor prășitoare.
- Elaborarea metodologiei, și metodicii de cercetare.
- Argumentarea teoretică: a funcționării MSR și organelor de încorporare în sol a semințelor; a procesului de formare a cuiburilor de către organele de încorporare în condiții de lucru la viteze majorate.
- Cercetarea parametrilor tehnologici ai organelor de încorporare a semințelor culturilor prășitoare în condiții de laborator.
- Elaborarea, în baza rezultatelor cercetărilor, a mostrelor experimentale și efectuarea încercărilor de laborator și de câmp, cu evaluarea indicilor agrotehnici și energetici.

- Determinarea eficacității economice a operației de semănat, utilizând organele de încorporare cercetate.
- Elaborarea recomandărilor, privind proiectarea și exploatarea organelor de încorporare și a MSR.

### **1.6. Problema de cercetare și direcțiile de soluționare**

Analiza multilaterală a proceselor operației de semănat a culturilor prășitoare ne permite să concludem că în funcționarea mașinilor de semănat moderne, indiferent de construcție și gradul de perfectare a organelor de încorporare, există un șir de neajunsuri constructive de același fel. Neajunsurile mașinilor de semănat pot fi grupate în mai multe categorii.

Neajunsuri de *caracter tehnologic*. Pentru încolțirea semințelor plasate în sol (semămate) și dezvoltarea lor inițială, sunt necesare anumite condiții fizice primare: contactul bun între semințe și sol, existența, în zona de amplasare a seminței în sol, a umidității, temperaturii necesare și a aerului. Din aceste condiții decurg cerințele agrotehnice înaintate organelor de încorporare a semințelor. Conform acestor cerințe, semințele trebuie plasate la o anumită adâncime, pe un strat tasat, care asigură un regim capilar de admisie a umidității către semințe din straturile inferioare, și acestea trebuie să fie acoperite cu un strat de sol umed și afânat.

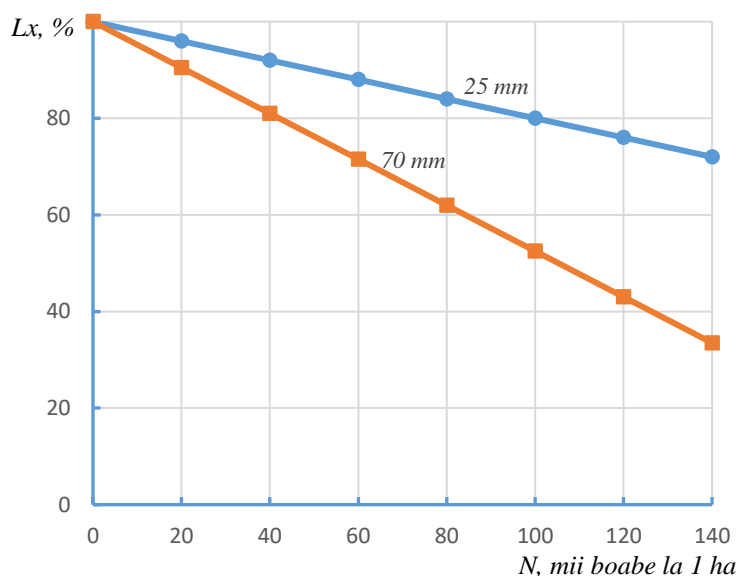
Mașinile de semănat moderne adesea nu corespund acestor cerințe. Calitatea încorporării semințelor scade mult la vitezele mari de lucru și la insuficiența umidității în straturile superioare ale solului. La formarea rigolei continue, presiunea de scurtă durată a părții tăietoare a brăzdarului asupra solului nu întotdeauna asigură o tasare suficientă a fundului rigolei. La viteze mari de lucru, rezistența specifică a brăzdarelor crește și, ca urmare, brăzdarele tind să iasă la suprafață, iar tasarea fundului rigolei scade. În cazul rigolelor cu fundul netasat și al umezelii insuficiente, în stratul superior al solului apare deficitul de umezeală în zona de plasare a semințelor. Încorporarea necalitativă a semințelor este agravată și de deplasările oscilatorii ale brăzdarului pe verticală, fapt ce condiționează o amplasare neuniformă a semințelor în adâncime. Toate aceste fenomene se supun unor legi probabilistice și se încadrează în limitele cerințelor față de semănatul în rânduri cu mașini de semănat cu brăzdare, aceasta însemnând că o parte din semințe, nimerind în condiții fizice nefavorabile, nu răsar.

Astfel, se observă că încolțirea semințelor într-o mare măsură este legată de calitatea lucrului organelor de încorporare și că nivelul calitativ de încorporare a semințelor cu ajutorul mașinilor de semănat moderne nu asigură precondiții pentru stimularea încolțirii semințelor.

Una din problemele creșterii recoltelor programabile pentru culturile prășitoare este obținerea unei densități și distribuții uniforme ale plantelor pe suprafața terenului. Este evident că distribuția plantelor depinde de inserarea și de distribuția uniformă inițială a semințelor în sol.

Actualmente, nici nu pot apărea discuții în privința raționalității folosirii semănatului de precizie. Precizia semănatului trebuie să fie cerința agrotehnică de bază. După cum s-a mai menționat, mașinile de semănat moderne nu corespund acestei cerințe. La semănatul în rigole, fenomenele de inversie și rostogolire aduc la apariția diferitor intervale dintre semințe, a căror dispersie nu se încadrează în cerințele actuale. În pofida perfecționării mașinilor de semănat în această direcție, problema semănatului de precizie este actuală.

Unul din neajunsurile caracteristice mașinilor de semănat pentru culturi prășitoare este *organizarea nerațională a proceselor de încorporare a semințelor* – la distribuirea unitară a semințelor în sol are loc încontinuu formarea rigolei și acoperirea semințelor cu sol. Procesul este caracterizat prin funcționarea în gol a brăzdarului și a altor organe de încorporare. Acest fenomen a fost studiat de către N. P. Ledin [16], acesta demonstrând că lungimea rigolei pentru încorporarea unei semințe de porumb, de floarea-soarelui sau de ricin nu este mai mare de 25 mm, iar în cazul cuiburilor – de 70 mm. Pentru cazul ideal, această lungime trebuie să fie egală cu dimensiunea seminței. Mașinile de semănat actuale execută rigole pentru o singură sămânță cu lungimea de 200–700 mm în loc de 15–70 mm. Funcționarea în gol a brăzdarelor depinde de densitatea culturii. Raportul dintre mersul în gol și funcționarea productivă a brăzdarului este prezentat în figura 1.13 [16], unde, pentru densitatea culturii de 80 mii de boabe la ha, s-a stabilit că mersul în gol al brăzdarului este de 83%, în cazul amplasării în rând, cu cuibul de 25 mm, iar în cazul cuiburilor cu mărimea de 70 mm – mersul în gol este de aproximativ 60 %.



**Fig. 1.13.** Mersul în gol ( $Lx$ ) al brăzdarului în funcție de densitatea culturii ( $N$ ), pentru cuiburi cu mărimea de 25 mm și 70 mm [16]

Un neajuns semnificativ al mașinilor de semănat cu brăzdar este că, odată cu mărirea vitezei de lucru, scade calitatea semănatului. Anume prin aceasta poate fi explicată utilizarea

metodei extensive de mărire a productivității agregatelor de semănat din contul măririi lățimii de lucru. Aceasta deja a condus la mărire în exces a puterii reduse a mașinilor de semănat pentru culturi prășitoare, fapt ce acutizează problema exploatării mașinilor în cauză.

Neajunsurile expuse au o argumentare principală: procesul de lucru al mașinilor de semănat se bazează pe principiul incorporării continue a semințelor care sunt distribuite discret în rigola formată de brăzdar. Formarea cu brăzdarul a rigolei continue impune anumite limitări în proiectările constructiv-funcționale și tehnologice de perfecționare a mașinilor de semănat pentru culturile prășitoare.

În contextul problemelor analizate, putem deduce următoarele concluzii:

- \* îmbunătățirea semănatului culturilor prășitoare, primordial, respectarea distanței dintre plante în rând și pe adâncimii de încorporare în sol, în condițiile tehnologiilor actuale, pot fi rezolvate prin distribuirea determinată a semințelor prin inserare;

- \* metoda de semănat prin inserare este o direcție progresivă de perfecționare a tehnicii destinată semănatului și are o perspectivă mare în tehnologiile noi, inclusiv și în cadrul tehnologiilor „no till”, „mini till” și în creșterea culturilor sub strat de mulci;

- \* metoda de semănat prin inserare și mijloacele tehnice elaborate pentru realizarea ei necesită argumentări și cercetări fundamentale, teoretice și experimentale.

## **1.7. Concluzii la capitolul 1**

1. În cadrul studiului bibliografic, au fost depistate problemele tipice ale operației de însămânțare a culturilor prășitoare: asigurarea distribuției uniforme a semințelor de-a lungul rândului, micșorarea rezistenței specifice pentru lucrarea de semănat, executarea lucrării de semănat la viteze majorate fără pierderea calității acesteia.

2. S-a stabilit calea de soluționare a problemelor enumerate mai sus prin utilizarea mașinilor de semănat de tip rotativ pentru semănatul culturilor prășitoare.

3. Au fost stabilite neajunsurile mașinilor de semănat de tip rotativ, cum ar fi: neuniversalitatea acestora (utilizarea uneia și aceleiași mașini de semănat pentru mai multe culturi); asigurarea diferitor distanțe dintre semințe (plante) de-a lungul rândului și a adâncimii de încorporare pentru diferite culturi.

4. Neajunsurile depistate au stabilit direcțiile și problemele care trebuie soluționate în cadrul acestei lucrări, și anume: cercetarea funcționării mașinilor de semănat de tip rotativ cu organe de încorporare schimbabile (cu lungimi și număr diferite de organe montate pe una și aceeași roată).

5. În baza analizei literaturii de specialitate în domeniul mijloacelor tehnice de semănat în cuiburi, au fost propuse și brevetate 2 concepte ale schemelor constructive pentru MSR cu distribuția și transportarea mecanică a semințelor care constă în plasarea forțată a semințelor în patul germinativ de către organele de lucru [59, 60].

## 2. PREMISELE TEORETICE (CONTRIBUȚII TEORETICE) PRIVIND MODELAREA PROCESULUI DE ÎNCORPORARE A SEMINTELOR ÎN SOL

După cum s-a mai menționat anterior, schemele MSR prin inserare diferă unele de altele. Ca exemplu, cea mai simplă variantă, poate fi reprezentarea secției mașinii ca o roată care obține mișcarea de rotație în urma contactului ei cu solul (un rotor care se rotește datorită unor elemente ale lui care contactează direct cu solul; un rotor care obține mișcare combinată, când, în afară de angrenarea cu solul, acesta mai obține mișcare de la roțile de sprijin ale mașinii).

Analiza acestor scheme demonstrează că, pentru obținerea datelor necesare pentru recomandări și concluzii practice, este suficient să se analizeze procesele dinamice ale variantei mașinii de semănat în formă de roată. În procesul analizei, este necesar să se obțină date despre rezistența la tracțiune a mașinilor de semănat, rezultate privind legitățile de alunecare a roții în funcție de forțele axiale aplicate, precum și influența altor factori asupra parametrilor tehnologici de funcționare a organelor de încorporare.

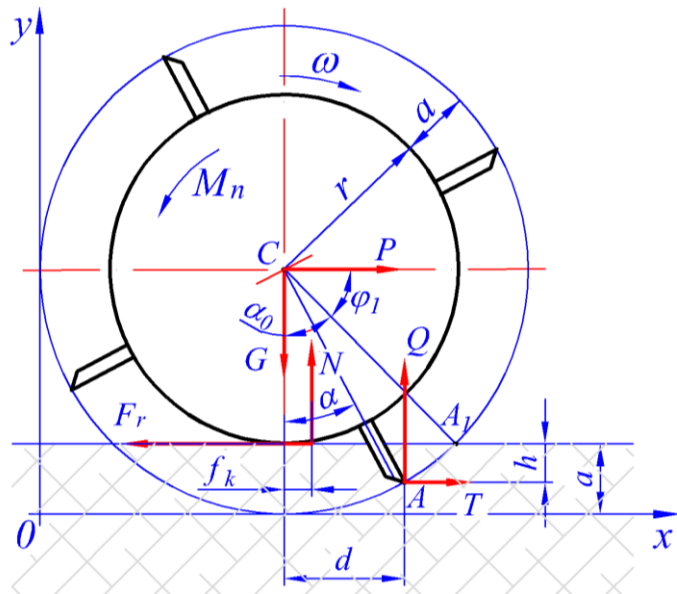
### 2.1. Ecuatiile de descriere a mișcării roții de încorporare

Pentru rezolvarea acestei probleme, vom utiliza schemele de solicitare a forțelor asupra unei roți analogice, utilizând legile mecanicii teoretice [61 – pag. 16, 17; 62 – pag. 71, 72; 63 – pag. 431, 432]. În figura 2.1 este prezentată faza de pătrundere a organului de încorporare în sol, când componentele reacției solului  $Q$  și  $T$ , aplicate în vârful lui, conduc la frânarea roții. În anumite condiții, forța  $T$  își poate schimba direcția de orientare (în direcție opusă). În faza de adâncire a organului de încorporare în sol, aceasta e posibil dacă forța de frecare  $F_f$ , aparentă la contactul dintre janta roții și sol, este insuficientă pentru a învinge momentul reacțiunii solului, care apare la vârful organului de încorporare. Este evident că, la ieșirea organului de încorporare din sol, forța  $T$  tot timpul va fi orientată împotriva deplasării centrului roții. În această fază, organul de încorporare se manifestă ca element de angrenare cu solul, care generează momentul de rotație a roții  $M_n$ . În dependență de numărul organelor de încorporare amplasate pe roată, sunt posibile două scheme dinamice de rostogolire: *prima* – când cu solul contactează doar un singur organ de încorporare; *a doua* – când cu solul contactează nu mai puțin de două organe de încorporare, la care reacțiunile  $T$  sunt orientate opus și se echilibrează parțial sau total.

Conform figurii 2.1, numărul limită al organelor de încorporare, care delimitează prima schemă dinamică de a doua, se determină cu relația:

$$z_1 = \frac{2\pi}{2\alpha_0} = \frac{\pi}{\alpha_0}, \quad (2.1)$$

unde:  $\alpha_0$  este unghiul de poziționare a organului de încorporare la intrarea în sol, °.



**Fig. 2.1.** Forțele de solicitare asupra organului de încorporare și roții MSR.

$G$  – sarcina axială asupra roții;  $N$  – reacțiunea solului asupra jantei roții;  
 $Q$  – componenta verticală a reacției solului asupra vârfului organului de încorporare;  
 $T$  – componenta orizontală a reacției solului asupra vârfului organului de încorporare;  
 $F_f$  – forța de frecare;  $P$  – forța motrică;  $M_n$  – momentul mecanismului de acționare;  
 $f_k$  – coeficientul de rostogolire.

$$\text{Deoarece } \cos \alpha_0 = \frac{r}{r+a} = \lambda^{-1}, \Rightarrow \alpha_0 = \arccos \lambda^{-1}, \quad (2.2)$$

$$\text{atunci: } z_1 = \frac{\pi}{\arccos \lambda^{-1}}. \quad (2.3)$$

Dacă numărul organelor de încorporare  $z$  montate pe roată va fi

$$z < z_1, \quad (2.4)$$

atunci cu solul va contacta doar unul din ele.

$$\text{În cazul, când } z \geq z_1, \quad (2.5)$$

cu solul vor contacta nu mai puțin de două organe de încorporare.

Numărul limită al organelor de încorporare depinde de mărimea factorului cinematic  $\lambda$ , iar mai precis de raportul care include raza roții și lungimea organului de încorporare. Razele relativ mici și organele de încorporare lungi micșorează numărul limită (tabelul 2.1).

**Tabelul 2.1. Numărul organelor de încorporare în dependență de mărimea factorului cinematic  $\lambda$**

$\lambda$	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
$z_1$	10,0	7,3	6,1	5,3	4,9	4,5	4,2	4,0



Să analizăm schema interacțiunii mașinii de semănat pentru un caz concret, și anume – semănatul porumbului pentru boabe. Conform cerințelor agrotehnice (c. 1.1.3), semințele trebuie să fie încorporate la adâncimea de  $a = 0,06 \text{ m}$  cu norma de însămânțare de 4 semințe pe un metru liniar. Pentru roata cu diametrul de  $d = 2r = 0,58 \text{ m}$  vom obține:

$$\lambda = \frac{r+a}{r} = \frac{0,29+0,06}{0,29} = 1,206; \quad z_1 = 5,3 \approx 5 \text{ buc.}$$

Pentru norma de însămânțare enunțată mai sus, va fi necesar de montat următorul număr de organe de încorporare:

$$z = 4 \cdot (2 \pi r), \Rightarrow z = 4 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 0,29) = 7,29 \approx 8 \text{ buc.}$$

De unde se observă că  $z \geq z_1$ , astfel, rostogolirea roții se va produce după a doua schemă dinamică.

Pentru semănatul sfeclei de zahăr cu norma de însămânțare de 10 semințe pe metru liniar și adâncimea de încorporare de  $0,02 \text{ m}$ , pentru același diametru  $d = 2r = 0,58 \text{ m}$ , vom obține:

$$\lambda = \frac{r+a}{r} = \frac{0,29+0,02}{0,29} = 1,068; \quad z_1 = 10 \text{ buc.}$$

$$z = 10 \cdot (2 \pi r) = 18,2 \approx 18 \text{ buc.}; \quad z > z_1.$$

Conform acestor calcule, cu solul trebuie concomitent să interacționeze două organe de încorporare. În aceste condiții, forțele  $T$ , aplicate la ambele vârfuri ale organelor de încorporare, se echilibrează parțial sau total. Astfel, forța principală care impune roata să se rotească rămâne forța de frecare aplicată către janta roții. Momentul de rotație al acesteia, în raport cu axa de rotație, învinge momentul de rezistență a solului și face ca organul de încorporare să se deplaseze după legea cicloidei alungite.

Să analizăm condițiile de echilibru al roții care se rostogolește în regimul de interacțiune cu solul a două organe de încorporare. Neglijând cu forța  $T$ , ecuațiile mișcării roții pot fi prezentate în felul următor:

$$m\ddot{x} = P - F_T, \tag{2.6}$$

$$m\ddot{y} = G - N - Q, \tag{2.7}$$

$$J_c \ddot{\varphi} = F_T r - f_\kappa N - Qd - M_n, \tag{2.8}$$

unde:  $J_c$  – momentul de inerție a roții în raport cu axa de rotație;

$d$  – brațul de aplicare a reacțiunii  $Q$ .

Pentru deplasarea uniformă a roții, când viteza ei este constantă, iar procesului de încadrare în sol a organului de încorporare practic nu i se opune nici o rezistență, putem constata:

$$\dot{x} = V; \quad \dot{y} = 0.$$

Din acest motiv, și accelerațiile centrului roții după axele de coordonate vor fi egale cu zero:

$$\ddot{x} = 0; \quad \ddot{y} = 0.$$

Pe fonul alunecării uniforme, periodic vor apărea alunecări de vârf, care se măresc atunci când organele de încorporare trec prin faza inițială de intrare în sol. Acest lucru este însoțit de o încetinire a rotației jantei (roții) și, respectiv, de schimbare a vitezei unghiulare a acesteia. Neuniformitatea rotirii jantei (roții) demonstrează că accelerația unghiulară diferă de zero. Pe fundalul alunecării, accelerația unghiulară  $\ddot{\varphi} = 0$ , iar în regimul de frânare de alunecare, când organul de încorporare intră în sol – accelerația unghiulară a roții va fi mai mică decât zero ( $\ddot{\varphi} < 0$ ). În acest caz, alunecarea de fond va fi în creștere.

## 2.2. Factorii de influență a procesului de încorporare a semințelor în sol

Roata secției MSR servește drept element de sprijin, de transport și organ de lucru, care execută operația de semănat. În procesul de lucru, roata se rotește datorită angrenării acesteia (jantei și organelor de încorporare) cu solul. În același timp, rostogolirea roții este însoțită și de alunecarea ei. Într-o mare măsură, mărimea alunecării depinde de forța de angrenare a roții cu solul. Totodată, alunecarea nu este uniformă. Ea se mărește în acel moment în care organul de încorporare începe să se încadreze în sol și provoacă o rezistență suplimentară la rostogolirea roții. Pentru realizarea operației de semănat, este necesar ca organul de încorporare în locaș să formeze o cupolă temporară pentru semințe. Această cupolă se obține numai în cazul în care organul de încorporare, în procesul de adâncire în sol, se deplasează contrar sensului de deplasare a mașinii. Aceasta e posibil doar dacă lipsește alunecarea sau când aceasta este destul de mică.

Gradul de alunecare a roții depinde de mulți factori. Influența cea mai decisivă asupra alunecării o au următorii factori:

- sarcina pe roată, exprimată prin masa secției mașinii de semănat,  $G$ ;
- raza roții,  $r$ ;
- lungimea organelor de încorporare,  $a$ ;
- proprietățile mecanice ale solului.

Acești factori și determină mărimea tuturor forțelor ce acționează asupra roții secției mașinii de semănat.

## 2.3. Argumentarea sarcinii radiale a roții de încorporare

Un rol important îl joacă rostogolirea roții cu alunecarea uniformă de fond. Pentru respectarea acestei condiții, este necesar ca  $\ddot{\varphi} = 0$ .

Atunci, ecuațiile de echilibru al forțelor care acționează asupra roții vor obține forma:

$$P - F_T = 0, \quad (2.9)$$

$$G - N - Q = 0, \quad (2.10)$$

$$F_T r - f_k N - Qd - M_n = 0. \quad (2.11)$$

Din ecuația momentelor, reiese condiția de rostogolire a roții:

$$F_T r \geq f_k N + Qd + M_n. \quad (2.12)$$

Valoarea limită a forței de frecare o vom exprima prin reacțiunea solului, exercitată asupra roții, utilizând ecuația:

$$F_T = f \cdot N, \quad (2.13)$$

unde:  $f$  – coeficientul de frecare dintre roată și sol.

Din relația (2.10) determinăm:

$$N = G - Q. \quad (2.14)$$

În baza relațiilor (2.13) și (2.14), condiția de rostogolire a roții o vom reda în felul următor:

$$f(G - Q)r \geq (G - Q)f_k + Qd + M_n. \quad (2.15)$$

Toate mărimile componente ale acestei relații, în afară de sarcina axială  $G$ , le vom considera variabile independente. De aceea, rostogolirea roții cu viteză unghiulară constantă, la general, este determinată de greutatea acesteia. Rezolvând (2.15) în raport cu sarcina axială, vom obține:

$$\begin{aligned} G(f \cdot r - f_k) &\geq Q(f \cdot r - f_k) + Q \cdot d + M_n, \\ G &\geq Q + \frac{Q \cdot d + M_n}{f \cdot r - f_k}. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Aceste ecuații, exprimate în formă generală a echilibrului forțelor care acționează asupra roții, ne demonstrează că sarcina axială, după mărime, trebuie să fie suficientă pentru echilibrarea celor trei componente ale rezistenței. De aceea, în această problemă, sarcina axială, ca funcție a mai multor variabile independente, este un parametru de bază al secției mașinii de semănat, care trebuie optimizat.

Să analizăm componentele sarcinii axiale. Pentru comoditate, vom exprima:

$$Q_1 = \frac{Q \cdot d}{f \cdot r - f_k}; \quad Q_2 = \frac{M_n}{f \cdot r - f_k}. \quad (2.17)$$

Astfel, relația (2.16) va obține forma:  $G \geq Q + Q_1 + Q_2$ .

Pentru aprecierea sarcinii optimale, trebuie să se determine valoarea maximă a reacției  $Q$  și momentului ei. Vom reieși din presupunerea că acțiunea reacțiunii solului pe vârful organului de încorporare se supune unei legi liniare [64 – pag. 15, 16; 65, 66]:

$$Q = q \cdot S \cdot h, \quad (2.18)$$

unde:  $q$  – rezistența admisibilă la penetrarea solului de către organul de încorporare ( $kg/cm^3$ );

$S$  – suprafața de presiune ( $m^2$ );

$h$  – adâncimea curentă de încorporare a organului de lucru în sol ( $m$ ).

La rostogolirea roții, adâncimea de pătrundere a organului de încorporare în sol este în funcție de unghiul de rotație și se schimbă în funcție de lungimea organului de încorporare. De

aceea, trebuie să se considere că cea mai mare forță a reacțiunii solului asupra organului de încorporare trebuie determinată cu relația (2.18).

Determinăm momentul creat de această forță. Din figura 2.1, determinăm mărimea brațului de acționare a acesteia:  $d = (r+a)\sin\alpha$ ,

$$\cos\alpha = \frac{r+h}{r+a}; \quad \sin\alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{r-h}{r+a}\right)^2}, \quad (2.20)$$

$$d = \sqrt{(a-h)(2r+a+h)}. \quad (2.21)$$

Luând în considerare relațiile (2.18) și (2.21), cea de-a doua componentă a forței axiale  $Q_1$  o vom scrie în felul următor:

$$Q_1 = \frac{q \cdot S \cdot h \sqrt{(a-h)(2r+a+h)}}{f \cdot r - f_k}. \quad (2.22)$$

Analizând această relație, se observă că în punctele extreme de deplasare a organului de încorporare în sol (când:  $h = 0$  și  $h = a$ ), cea de-a treia componentă a forței de asemenea va fi egală cu zero ( $Q_2 = 0$ ). Aceasta înseamnă că funcția analizată are o extremă, unde  $Q_2$  obține valoarea maximă.

Pentru a determina coordonata extremei, exprimată prin adâncimea de pătrundere a organului de încorporare, vom utiliza acea parte a ecuației care conține variabila  $h$ , adică:

$$\xi = h \sqrt{(a-h)(2r+a+h)}. \quad (2.23)$$

Dacă această funcție are extremă, evident că valoarea funcției în punctul extrem va fi egală cu zero:  $\frac{d\xi}{dh} = 0$ .

$$\text{Respectiv, } \frac{d\xi}{dh} = \sqrt{(a-h)(2r+a+h)} + h \frac{-(2r+a+h) + (a-h)}{2\sqrt{(a-h)(2r+a+h)}} = 0.$$

După simplificare, obținem următoarea ecuație pătrată:

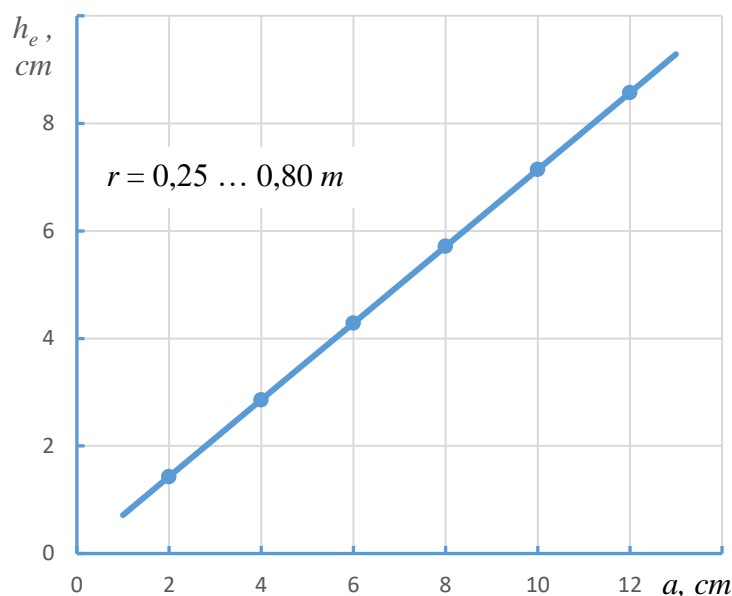
$$2h^2 + 3rh - a(2r+a) = 0, \quad (2.24)$$

a cărei rădăcină pătrată pozitivă va fi:

$$h_e = \frac{\sqrt{9r^2 + 8a(2r+a)} - 3r}{4}, \quad (2.25)$$

unde:  $h_e$  – adâncimea extremă de pătrundere a organului de încorporare în sol, la care apare un moment de frânare maxim.

Din relația (2.25) reiese că adâncimea maximă este în funcție de raza roții și de lungimea organului de încorporare. Totodată, raza roții, ținând cont și de analiza practică, nu influențează esențial mărimea acestui indicator. Adâncimea maximă de pătrundere depinde doar de lungimea organului de încorporare (figura 2.2).



**Fig. 2.2.** Dependența adâncimii extreme ( $h_e$ ) de lungimea organului de încorporare ( $a$ )

Înlocuind în relația (2.22) valoarea pătrunderii organului de încorporare cu valoarea extremă, obținem formula pentru cea de-a doua componentă a sarcinii axiale:

$$Q_1 = \frac{q \cdot S \cdot h_e \sqrt{(a - h_e)(2r + a + h_e)}}{f \cdot r - f_k} \quad (2.26)$$

De menționat că cea de-a treia componentă a sarcinii axiale, care nu este legată nemijlocit de procesul de interacțiune a roții cu solul, poate fi considerată o mărime constantă.

Astfel, având relațiile pentru toate cele trei componente ale forțelor  $Q$ ,  $Q_1$ , și  $Q_2$  (2.17), determinăm formula de optimizare a sarcinii axiale a roții:

$$G_{op} \geq qSa + \frac{qSh_e \cdot \sqrt{(a - h_e)(2r + a + h_e)} + M_n}{f \cdot r - f_k} \quad (2.27)$$

Optimizarea sarcinii axiale are o importanță practică mare. Rezultatele soluționării acestei probleme, în condiții de lucru și de cerințe agrotehnice concrete, sunt necesare pentru prognozarea masei constructive ale secției mașinii de semănat proiectate. Pentru determinarea masei secției vom folosi relația cunoscută:

$$m_{op} = \frac{G_{op}}{g} \quad (2.28)$$

Spre exemplu, să determinăm valorile numerice ale masei optime ale roții, exprimate în funcție de adâncirea organului de încorporare și raza roții, având valori fixate ale celorlalte componente ale relației.

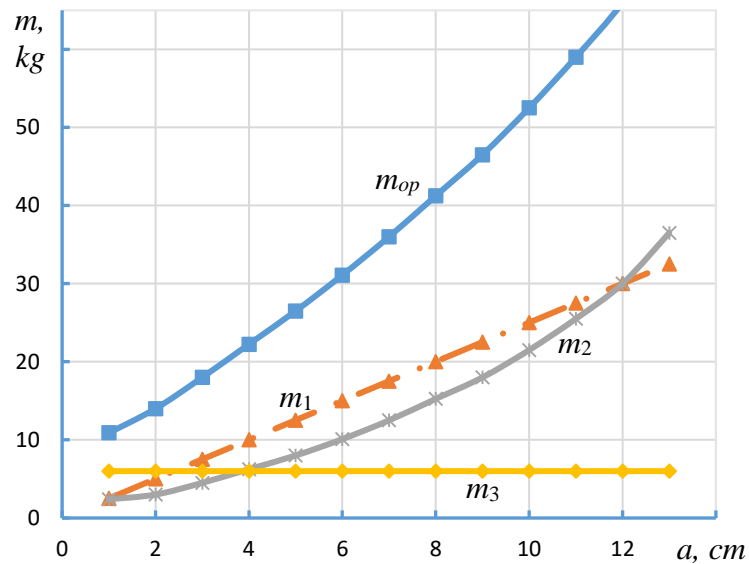
Pentru un caz concret:

$$q = 3 \text{ N / cm}^3; S = 8 \text{ cm}^2; f = 0,6; f_k = 6,0; M_n = 620 \text{ Ncm}.$$

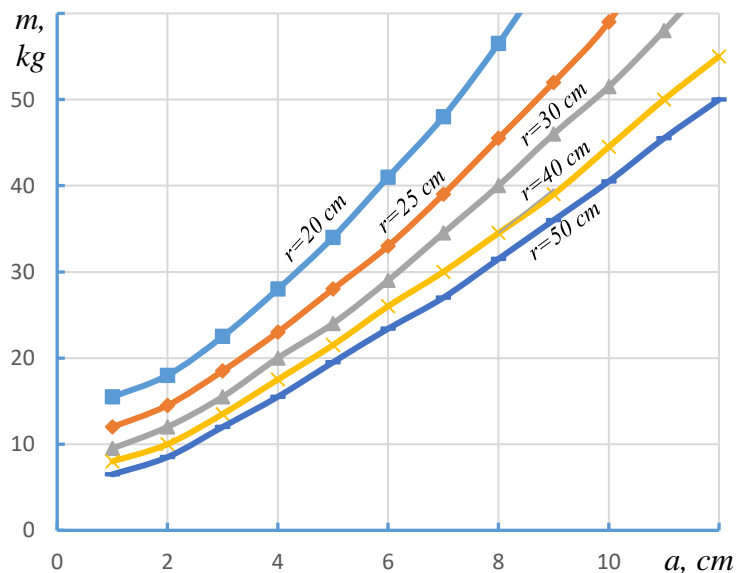
Valorile numerice ale acestor componente sunt corelate cu datele experimentale.

Interpretarea grafică a rezultatelor calculelor (figura 2.3) reprezintă structura și caracterul modificărilor componentelor masei roții. Astfel, componenta  $m_1$  provoacă sarcina radială, necesară pentru învingerea rezistenței solului la penetrare cu organul de încorporare la adâncimea de plasare a seminței. Masa  $m_2$  creează momentul forței de frecare pe janta roții, care echilibrează momentul

reacțiunii solului, care acționează asupra organului de încorporare. Pentru formarea unei forțe suplimentare de frecare pe jantă, care compensează momentul de rezistență a mecanismului de acționare, este necesară suplینirea masei –  $m_3$ . Cota-parte în optimizarea masei secției revine primelor două componente, a căror mărime, prioritar, depinde de lungimea organelor de încorporare. Din graficul prezentat mai jos (figura 2.4) se poate determina că mărimea adâncimii de semănat (lungimii organului de încorporare) cu 1 cm necesită un adaos de masă de circa 5 kg, mărimea adaosului scăzând odată cu mărimea razei roții.

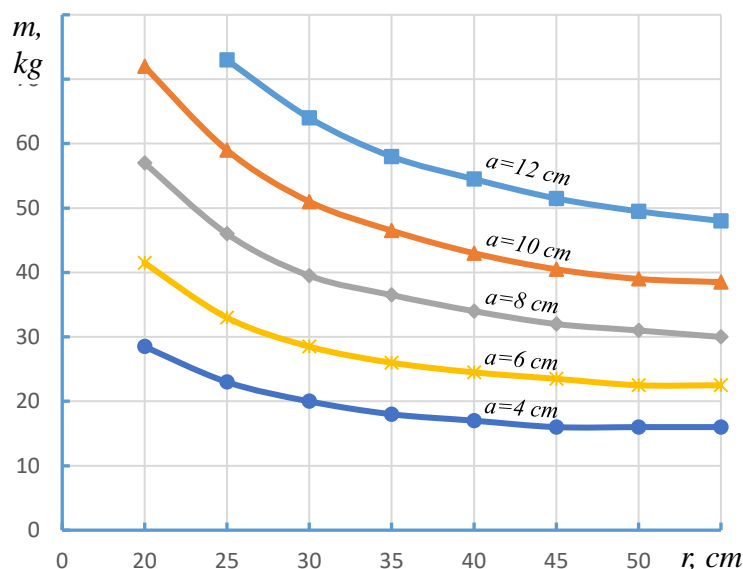


**Fig. 2.3.** Graficul componentelor masei roții ( $m$ ) în funcție de lungimea organului de încorporare ( $a$ )



**Fig. 2.4.** Masa optimală a roții ( $m$ ) în funcție de lungimea organului de încorporare ( $a$ )

Pentru roțile cu raze mici sunt necesare sarcini axiale mai mari. Odată cu creșterea razei roții, sarcina axială, sau masa care o determină, se micșorează (figura 2.5). La creșterea razei roții, timpul de mărire a masei scade odată cu stabilizarea ei la un anumit nivel, care depinde doar de lungimea organului de încorporare.



**Fig. 2.5.** Masa optimală ( $m$ ) a secției mașinii de semănat în funcție de raza roții ( $r$ ), pentru diferite lungimi ale organului de încorporare ( $a$ )

Așadar, pentru mașinile de semănat cu adâncimea de încorporare de 8 cm, raza roții, care practic stabilizează masa acesteia, se află în grafic pe axa absciselor, mai la dreapta de 40 cm. Pentru razele roților mai mici de 25 cm, masa optimală crește brusc. Ținând cont de acestea, putem recomanda că nu este rațional de a proiecta MSR cu raza roții mai mică de 20 ... 25 cm.

În urma analizei proceselor de lucru ale aparatelor de distribuție și conductelor de semințe, s-a constatat că razele tehnologice ale roților trebuie limitate în intervalul de 25 ... 40 cm. Referitor la roata cu raza de 30 cm, masa calculată a acesteia pentru condiții determinate constituie circa 40 kg, dacă adâncimea de încorporare a semințelor nu va depăși 8 cm. În aceleași condiții, pentru roțile cu raza de 25 și 40 cm, masele roților vor constitui 45,5 și 34,6 kg. În baza datelor obținute din calculele teoretice, masa constructivă acceptabilă a roții poate fi acceptată la valoarea de 40 ... 50 kg. Pentru culturile cu adâncimea de semănat mai mică de 8 cm, masa prognozată a roții va scădea. În particular, aceasta se referă la mașinile de semănat pentru sfecla de zahăr. În acest caz, masa optimală a roții secției mașinii de semănat cu raza de 25 cm, conform calculelor, constituie circa 20 kg.

## 2.4. Traectoria mișcării organelor de încorporare a semințelor

Funcționarea corectă a MSR cu încorporare este determinată de următoarele condiții: vârful organelor de încorporare trebuie să formeze, în sol, patul germinativ cu fundul tasat și, concomitent, un spațiu liber deasupra fundului patului germinativ pentru încorporarea seminței. Procesul de formare a patului germinativ (locașului) este condiționat de traiectoria descrisă de organul de încorporare și de zona acțiunii lui asupra solului [18].

Să analizăm procesul de formare a cuibului și traiectoria descrisă de vârful organului de încorporare. La construirea schemei procesului (figura 2.6), sunt admise următoarele ipoteze: adâncimea urmei formate de janta roții este neglijabil de mică; roata se rostogolește peste organul de încorporare cu alunecare. Conform teoriei roții, elaborate de către V. P. Goriacikin, coeficientul de alunecare se determină cu relația [67]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta r}{r + \Delta r}, \quad (2.29)$$

unde:  $r$  – raza roții;

$\Delta r$  – creșterea razei centrului instantaneu de rotație a roții.

Din relația (2.29):

$$\Delta r = \frac{\varepsilon \cdot r}{1 - \varepsilon}. \quad (2.30)$$

În timpul rostogolirii roții, organele de încorporare execută o mișcare complicată de rotație cu viteza  $\omega$ , în jurul axei de translație, egală cu viteza de deplasare a mașinii  $v_m$ . În sistemul de coordonate acceptat, la rotirea organului de încorporare la unghiul  $\omega t$ , roata se deplasează la distanța  $v_m t$ , iar punctul  $A_1$  – va trece în poziția  $A$ . Coordonatele punctului  $A$ , în raport cu axele nemișcate, se vor aprecia cu relațiile:

$$x = v_m t + (r + a) \cos \omega t, \quad (2.31)$$

$$y = r + a - (r + a) \sin \omega t. \quad (2.32)$$

Aceste ecuații determină traiectoria deplasării absolute a vârfului organului de încorporare și reprezintă o cicloidă.

După efectuarea unor transformări ale ecuațiilor (2.31) și (2.32), la alunecarea roții, vitezele de translație și de rotație sunt prezentate cu relația:

$$v_m = \omega(r + \Delta r). \quad (2.33)$$

De unde:



$$\omega = \frac{v_m}{r + \Delta r}. \quad (2.34)$$

Notăm unghiul de rotire a roții:

$$\omega t = \varphi \text{ sau } \varphi = \frac{v_m \cdot t}{r + \Delta r}. \quad (2.35)$$

Luând în considerare acestea din urmă, ecuațiile de deplasare a vârfului organului de încorporare pot fi prezentate matematic în următoarea formă:

$$x = v_m t (r + a) \cos \varphi, \quad (2.36)$$

$$y = (r + a) \cdot (1 - \sin \varphi). \quad (2.37)$$

Forma traiectoriei deplasării vârfului organului de încorporare depinde de raportul vitezelor lui periferice și de translație. Acest raport poartă denumirea de *factor cinematic* și se determină cu relația [68]:

$$\lambda = \frac{u}{v_m}, \quad (2.38)$$

unde:  $u$  – viteza periferică a vârfului organului de încorporare ( $m/s$ ),

$v_m$  – viteza de translație a organului de încorporare ( $m/s$ ).

Deoarece

$$u = \omega(r + a), \quad (2.39)$$

$$\text{atunci } \lambda = \frac{\omega(r + a)}{v_m}. \quad (2.40)$$

Utilizând relația (2.33) obținem:

$$\lambda = \frac{r + a}{r + \Delta r}. \quad (2.41)$$

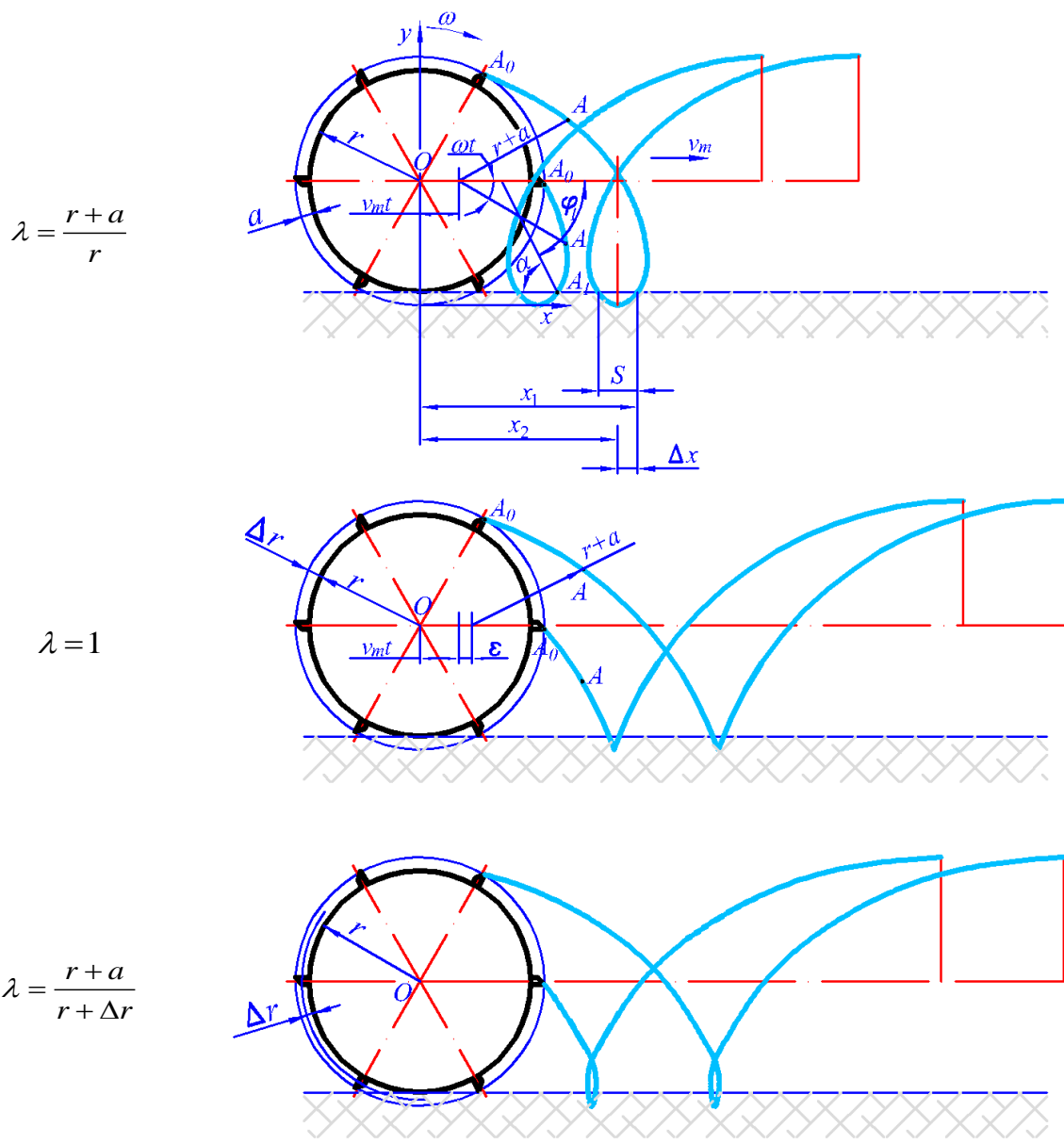
Din relația (2.41) se observă că valorile numerice ale factorului cinematic depind prioritar de  $\Delta r$  și influențează asupra formei traiectoriei de deplasare a organului de încorporare.

Este evident că mărirea dimensiunii razei centrului instantaneu de rotație a roții poate varia în limitele:  $0 \leq \Delta r \leq a$ .

Din acest motiv, valoarea factorului cinematic ( $\lambda$ ), conform (2.41), se află în intervalul:

$$1 \leq \lambda \leq \frac{r + a}{r}.$$

În figura 2.6 sunt prezentate formele traiectoriilor vârfului organului de încorporare pentru cazurile:  $\lambda = 1$ ;  $1 \leq \lambda \leq \frac{r + a}{r}$  și  $\lambda = \frac{r + a}{r + \Delta r}$ .



**Fig. 2.6.** Traiectoria deplasării organelor de încorporare

E de menționat faptul că, atunci când  $\lambda = 1$ , alunecarea roții, la trecerea (răsturnarea) peste organul de încorporare, va fi cea mai mare, iar când  $\lambda = (r + a) / r$  – alunecarea nu va avea loc.

Ecuțiile obținute permit determinarea celor mai importante caracteristici cinematice ale procesului de lucru al organului de încorporare, cum ar fi: viteza de deplasare, unghiul de rotire a organului de încorporare, când vârful în sol începe deplasarea în sensul invers deplasării secției, zona acțiunii organului de încorporare asupra solului.

Viteza de deplasare a organului de încorporare o obținem prin diferențierea ecuațiilor (2.36) și (2.37):

$$v_x = \frac{dx}{dt} = v_m - (r+a)\omega \sin \varphi, \quad (2.42)$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = -(r+a)\omega \cos \varphi. \quad (2.43)$$

Unghiul de rotire a organului de încorporare, atunci când vârful în sol începe deplasarea în sensul opus deplasării secției, se determină din condiția:

$$\frac{dx}{dt} = v_x = 0.$$

$$\text{Din (2.42) obținem: } v_m - (r+a)\omega \sin \varphi = 0.$$

$$\text{de unde } \sin \varphi = \frac{v_m}{(r+a)\omega}.$$

$$\text{Din relația (2.40) reiese că } \sin \varphi = \frac{1}{\lambda}.$$

Atunci, valoarea unghiului de rotire a organului de încorporare căutat se va aprecia ca:

$$\varphi = \arcsin \frac{1}{\lambda}. \quad (2.44)$$

Determinăm zona acțiunii organului de încorporare asupra solului.

Din figura 2.6 se observă că:

$$S = 2\Delta x, \quad (2.45)$$

$$\Delta x = x_1 - x_2. \quad (2.46)$$

Conform ecuației (2.31), coordonata  $x_1$  se determină cu relația:

$$x_1 = v_m t_1 + (r+a) \cos \omega t_1. \quad (2.47)$$

$$\text{Deoarece } t_1 = \frac{\varphi_1}{\omega}, \quad \cos \omega t_1 = \frac{\sqrt{\lambda^2 - 1}}{\lambda},$$

$$\text{atunci } x_1 = \frac{v_m \varphi_1}{\omega} + (r+a) \frac{\sqrt{\lambda^2 - 1}}{\lambda}. \quad (2.48)$$

Luând în considerare relațiile anterioare, după transformările corespunzătoare, obținem:

$$x_1 = r(\varphi_1 + \sqrt{\lambda^2 - 1}). \quad (2.49)$$

Analogic, determinăm coordonata și  $x_2$ :

$$x_2 = \frac{v_m \varphi_2}{\omega} + (r+a) \cos \omega t_2. \quad (2.50)$$

$$\text{Deoarece } \omega t_2 = \varphi_2 = \frac{\pi}{2}, \quad \cos \omega t_2 = 0,$$

$$\text{atunci: } x_2 = \frac{v_m \pi}{2\omega} = \frac{\omega r \pi}{2\omega} = r \frac{\pi}{2}. \quad (2.51)$$

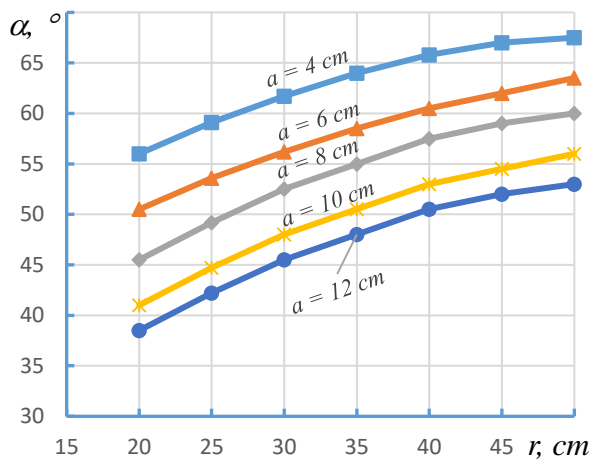
Înlocuind (2.49) și (2.51) în relația (2.46), obținem:

$$\Delta x = r \left( \varphi_1 + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right) - r \frac{\pi}{2}, \text{ sau } \Delta x = r \left( \varphi_1 + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2} \right). \quad (2.52)$$

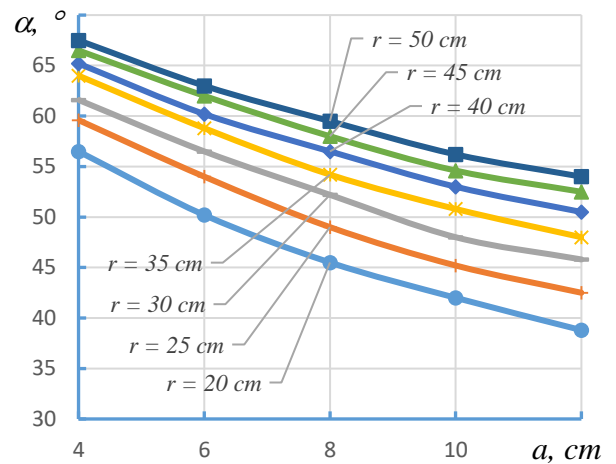
În final, obținem următoarea relație analitică a zonei acțiunii organului de încorporare asupra solului:

$$2\Delta x = s = 2r \left( \arcsin \frac{1}{\lambda} + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2} \right). \quad (2.53)$$

Luând în considerare relația (2.40), au fost construite graficele teoretice ale unghiului de intrare a organului de încorporare în sol ( $\alpha$ ) în funcție de raza roții secției mașinii de semănat ( $r$ ) și lungimea organelor de încorporare ( $a$ ) (figura 2.7 și 2.8).



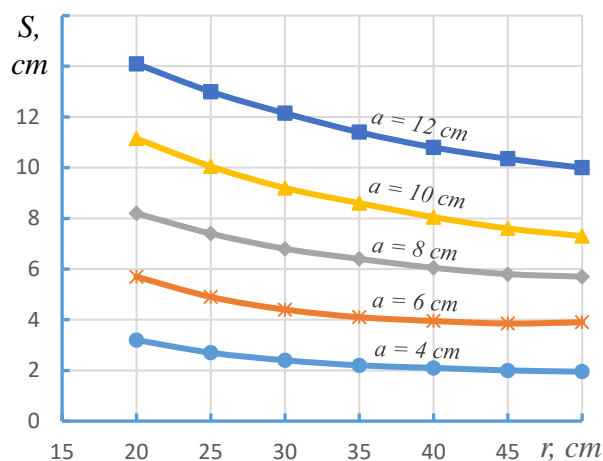
**Fig. 2.7.** Unghiul de intrare a organului de încorporare în sol ( $\alpha$ ) în funcție de raza roții secției mașinii de semănat ( $r$ )



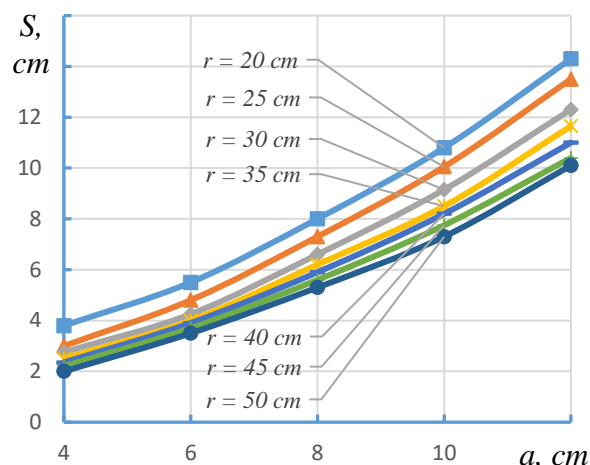
**Fig. 2.8.** Unghiul de intrare a organului de încorporare în sol ( $\alpha$ ) în funcție de lungimea organelor de încorporare ( $a$ )

Din graficele obținute se observă că, odată cu mărirea razei roții secției mașinii de semănat, unghiul de intrare a organului de încorporare în sol se mărește. Odată cu mărirea lungimii organelor de încorporare, pentru una și aceeași rază a roții secției mașinii de semănat, unghiul de intrare a organului de încorporare în sol se micșorează.

În baza relației (2.53) au fost obținute dependențele zonei de acțiune a organelor de încorporare asupra solului ( $S$ ) în funcție de mărirea razei roții secției mașinii de semănat ( $r$ ) și de lungimea organelor de încorporare ( $a$ ) (figurile 2.9 și 2.10).



**Fig. 2.9.** Mărimea zonei de acțiune a organelor de încorporare ( $S$ ) asupra solului în funcție de dimensiunea razei roții secției mașinii de semănat ( $r$ )



**Fig. 2.10.** Mărimea zonei de acțiune a organelor de încorporare ( $S$ ) asupra solului în funcție de lungimea organelor de încorporare ( $a$ )

Graficele obținute ne demonstrează că raza roții secției mașinii de semănat ( $r$ ) și lungimea organelor de încorporare ( $a$ ) influențează semnificativ parametrii locașului. La mărirea razei roții secției mașinii de semănat de la 25 la 50 cm, zona de acțiune a organului de încorporare se mărește aproximativ de 2 ori. La mărirea lungimii organului de încorporare în limitele  $a = 4 \dots 12$  cm, zona acțiunii lor asupra solului se mărește de 4,5 ... 5 ori. Aceasta ne demonstrează că gradul de influență a lungimii organelor de încorporare este mai mare decât influența mărimii razei roții secției mașinii de semănat asupra dimensiunilor locașurilor.

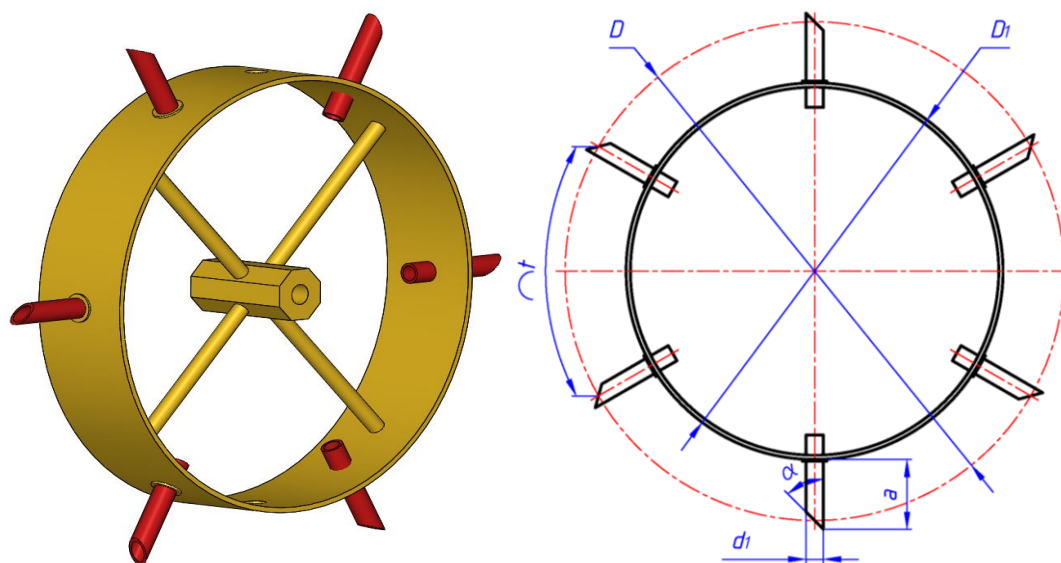
## 2.5. Simularea la calculator a procesului de lucru a secției MSR

Procesul de proiectare a produselor, actualmente, nu este de imaginat fără utilizarea calculatorului și a softurilor specializate de proiectare. Astfel, calculatorul ne permite modelarea 3D a organelor de lucru, a mașinii în întregime (a secției MSR), precum și simularea mișcărilor acestora.

Conform programului de realizare a cercetărilor experimentale de laborator și de câmp, se propunea încercarea organelor de încorporare ale MSR de diferite forme și dimensiuni, pentru diferite viteze de lucru.

Cu ajutorul softului SolidWorks [69], au fost modelate în 3D mai multe variante ale organelor de încorporare pentru MSR, de diferite forme și lungimi. A fost simulat procesul de

lucru al modelului 3D al secției MSR cu diferite organe de încorporare pentru o serie de viteze de lucru. Forma și parametrii dimensionali ai organelor de încorporare sunt prezentate în figura 2.11.



**Fig. 2.11.** Modelul 3D al roții de încorporare și dimensiunile acestuia

$D = 572 \text{ mm}$  – diametrul exterior de amplasare a vârfurilor organelor de încorporare;

$D_1$  – diametrul exterior al jantei roții de încorporare;  $a$  – lungimea organului de încorporare;

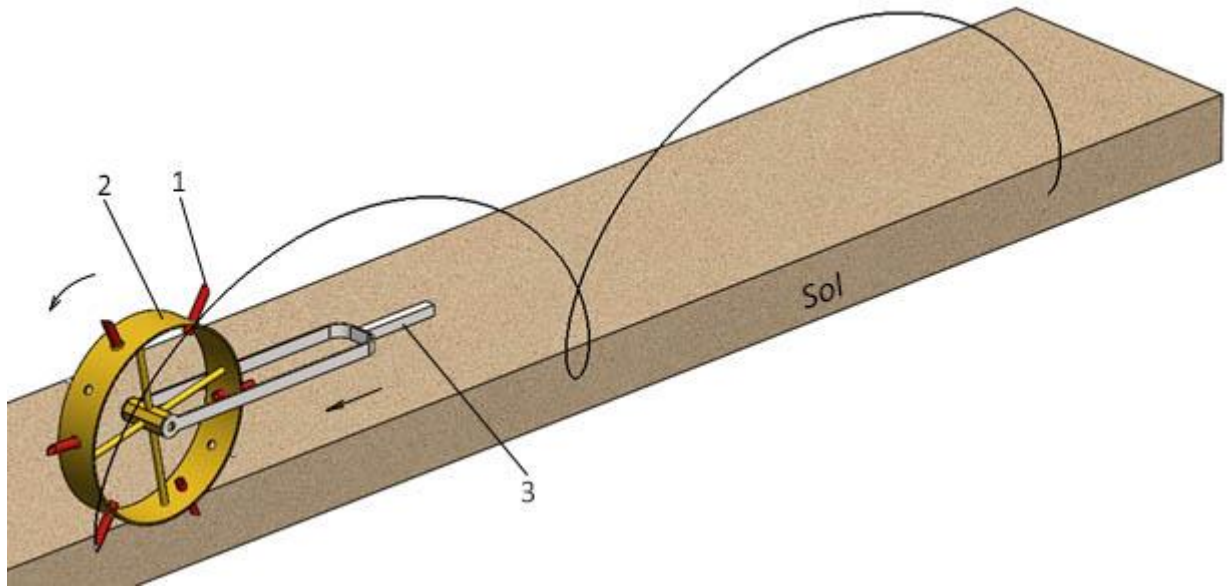
$d_1$  – diametrul organului de încorporare;  $\alpha = 45^\circ$  – unghiul de atac al vârfului organului de

încorporare;  $t = 300 \text{ mm}$  – pasul dintre organele de încorporare alăturate.

Pentru modelul secției MSR s-a simulat procesul de lucru pentru a obține traiectoria mișcării vârfului organului de încorporare (figura 2.12). Parametrii dimensionali și cinematici utilizați pentru simulare sunt prezentați în tabelul 2.2.

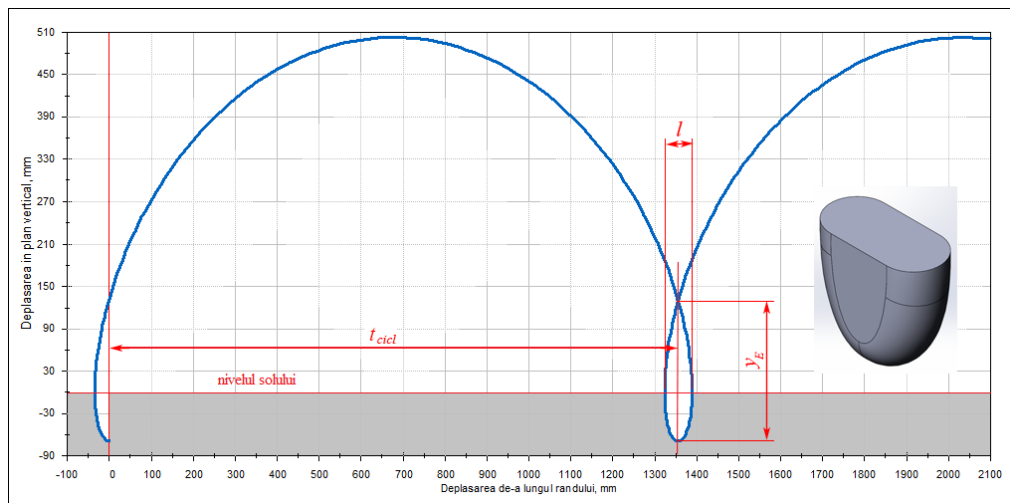
**Tabelul 2.2. Parametrii dimensionali și condițiile simulării modelului 3D**

Nr. crt.	Diametrul exterior, $D$	Lungimea organului de încorporare, $a$	Diametrul jantei roții, $D_1$	Lungimea circumferinței	Viteza de deplasare a barei de tracțiune, $v$		Numărul de turații ale roții de încorporare, $n$		Numărul de turații ale roții de încorporare, $n$ ( $\text{rot/min}$ ) cu coeficientul de alunecare $\varepsilon$		Durata de timp pentru o rotație a jantei roții, $t$
	mm	mm	mm	mm	m/s	km/h	rot/s	rot/min	(+ 20%)	(-20%)	s
1	572	40	512	1608,5	1,85	6,67	1,15	69,01	82,81	55,21	0,87
2		60	472	1482,8			1,25	74,86	89,83	59,89	0,80
3		80	432	1357,1			1,36	81,79	98,15	65,43	0,73
4		100	392	1231,5			1,50	90,13	108,16	72,11	0,67
5		120	352	1105,8			1,67	100,38	120,45	80,30	0,60

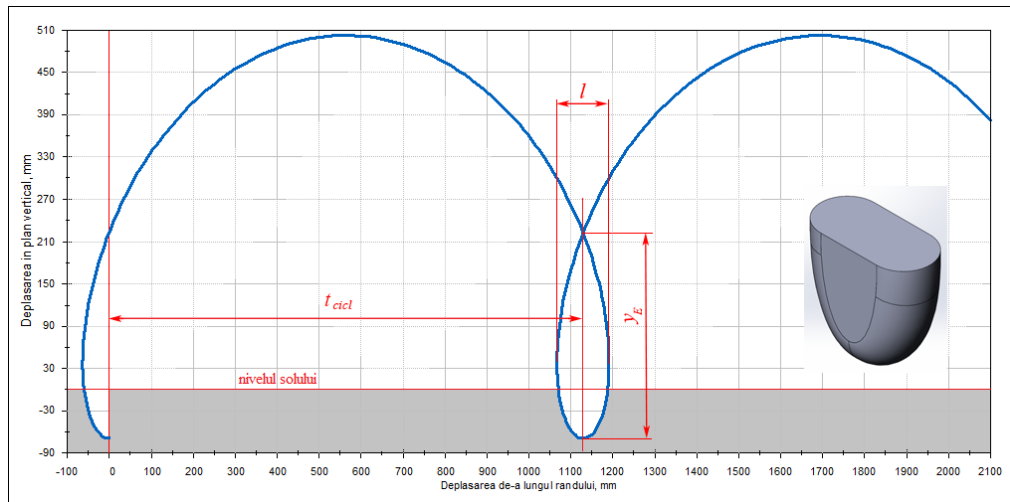


**Fig. 2.12.** Simularea mișcării secției MSR (cicloidă)

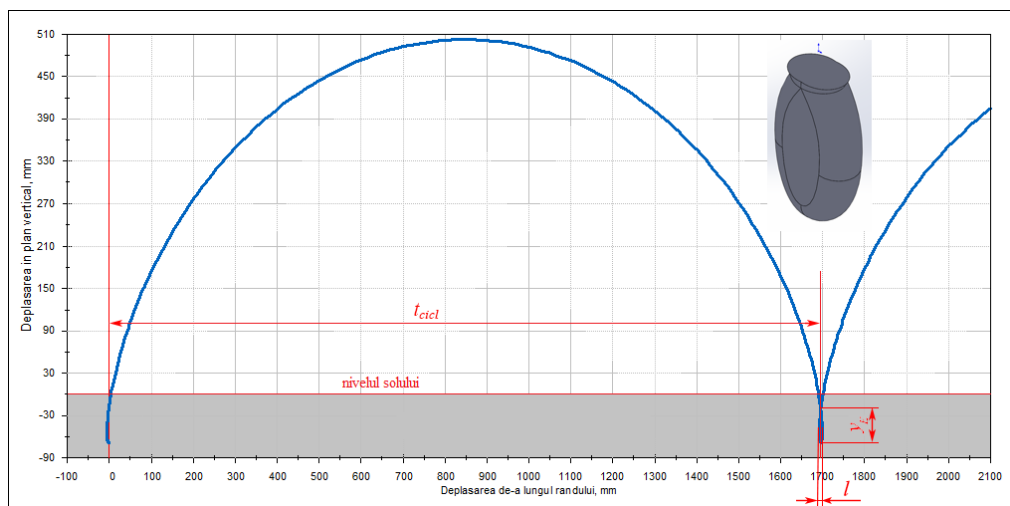
Traiectoriile mișcării vârfului organului de încorporare au fost înregistrate ca diagrame de deplasare pe verticală în funcție de deplasarea de-a lungul rîndului. Exemple de cicloide înregistrate sunt prezentate în figura 2.13.



Lungimea organului de încorporare  $a = 80 \text{ mm}$ ; viteza deplasării liniare (de-a lungul rîndului)  $v = 1,85 \text{ m/s}$ ; numărul de rotații ale roții  $n = 81,79 \text{ rot/min}$ ; coeficientul de alunecare  $\varepsilon = 0$



Lungimea organului de încorporare  $a = 80 \text{ mm}$ ; viteza deplasării liniare (de-a lungul rîndului)  $v = 1,85 \text{ m/s}$ ; numărul de rotații ale roții  $n = 98,15 \text{ rot/min}$ ; coeficientul de alunecare  $\varepsilon = + 20 \%$

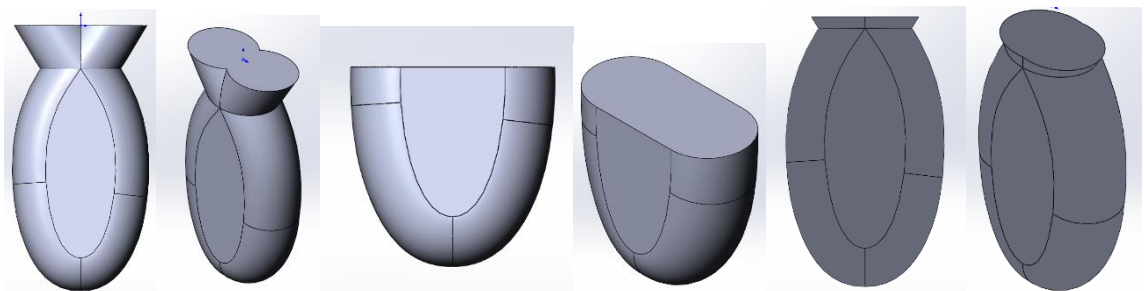


Lungimea organului de încorporare  $a = 80 \text{ mm}$ ; viteza deplasării liniare (de-a lungul rîndului)  $v = 1,85 \text{ m/s}$ ; numărul de rotații ale roții  $n = 65,43 \text{ rot/min}$ ; coeficientul de alunecare  $\varepsilon = - 20 \%$

**Fig. 2.13.** Exemple de cicloide înregistrate și condițiile simulării acestora

Formele cicloidelor cu parametrii dimensionali au fost analizate și prelucrate matematic, fiind prezentate în anexa 1.

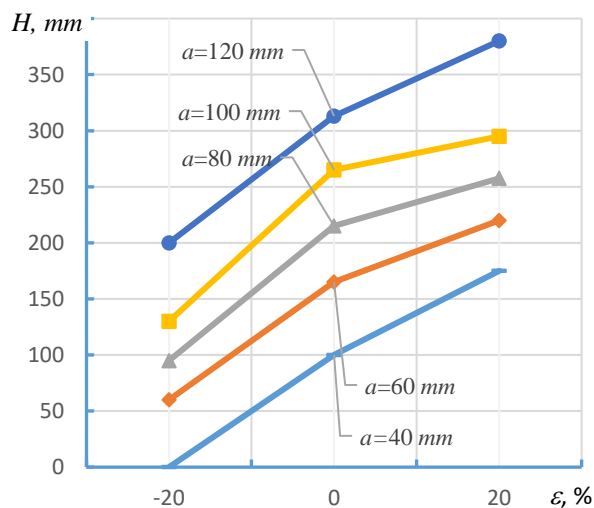
Conform formelor buclor cicloidelor și nivelului acestora față de suprafața solului, au fost modelate formele cuiburilor care se obțin în sol cu organe de încorporare de diferite lungimi. Exemple de forme ale cuibului, obținute ca modele 3D, sunt prezentate în figura 2.14.



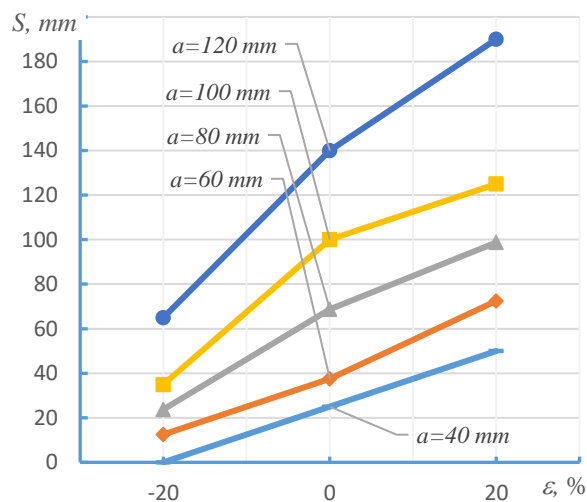
**Fig. 2.14.** Modele 3D ale formelor cuiburilor rămase în sol



Pentru a putea fi comparate rezultatele simulării la calculator cu parametrii dimensionali ai cicloidelor obținute pe instalația experimentală, construim dependențele înălțimii buclei ( $H$ ) și lățimii buclei ( $S$ ) cicloidei în funcție de coeficientul de alunecare ( $\varepsilon$ ) al roții secției mașinii de semănat (figurile 2.15 și 2.16).



**Fig. 2.15.** Înălțimea buclei ( $H$ ) cicloidei în funcție de coeficientul de alunecare ( $\varepsilon$ ) al roții secției mașinii de semănat



**Fig. 2.16.** Lățimea buclei ( $S$ ) în funcție de coeficientul de alunecare ( $\varepsilon$ ) al roții secției mașinii de semănat

Ca urmare a analizei cicloidelor înregistrate, s-a constatat că:

- la diferite viteze de înaintare ( $v$ ) ale secției mașinii de semănat de-a lungul rândului, având un număr diferit de rotații ( $n$ ) ale roții de încorporare, se obțin cicloide identice;
- odată cu mărirea alunecării, parametrii dimensionali ai buclelor cicloidelor se micșorează (adică roata execută un număr de rotații mai mic decât la rostogolirea ideală) și viceversa – parametrii dimensionali ai cicloidelor cresc atunci când numărul de rotații este mai mare decât la rostogolirea ideală;
- parametrii dimensionali ai buclelor cicloidelor depind și de lungimea organului de încorporare. Așadar, cea mai mare buclă se obține pentru organul cu lungimea  $a = 120$  mm, pe când la organul cu lungimea de  $40$  mm, bucla cicloidei dispare totalmente [70].

## 2.6. Alegerea parametrilor pentru condiția rotirii uniforme a roții de încorporare

Academicianul V. P. Goreacikin compara rostogolirea roții (din punct de vedere cinematic) cu răsturnarea unui corp cu un număr infinit de muchii [67]. Analogic, roata cu organele de încorporare are un număr stabilit de muchii cu o suprafață de sprijin destul de mare. Particularitatea rostogolirii unei astfel de roți constă în aceea că, la răsturnarea peste organul de încorporare, are

loc comprimarea consecutivă a solului la adâncimea de semănat. În acest caz, trebuie să se respecte următoarele condiții: *prima* – necesitatea existenței unei corelații între janta roții și suprafața de sprijin, datorită căreia are loc rostogolirea; *a doua* – aplicarea forței motrice corespunzătoare pe înălțime față de suprafața de sprijin. Când avem suprafața de sprijin prea lată și forța motrică aplicată prea aproape de ea, rostogolirea roții este însoțită de alunecare. Contactul roții cu solul, baza suprafeței de sprijin și punctul aplicării forței motrice sunt factorii de bază care influențează alunecarea. Factorii menționați sunt determinați de sarcina axială provocată de masa roții, raza acesteia și lungimea organului de încorporare.

Mărirea alunecării în momentul răsturnării în raport cu alunecarea de fond, așa cum a fost arătat, este însoțită de apariția unei accelerații unghiulare negative. De aceea, la rezolvarea problemei rotirii uniforme a roții, este necesar să se determine relațiile dintre factorii de bază, astfel încât rotirea neuniformă a roții și mărirea alunecării să fie diminuate sau puțin vizibile.

Accelerația unghiulară a roții se apreciază din relația (2.8). Utilizând relația (2.15), o vom prezenta în următoarea formă:

$$J_c \ddot{\varphi} = f(G-a)r - (G-Q)f_k - Qd - M_n, \quad (2.54)$$

$$J_c \ddot{\varphi} = G(fr - f_k) - Q(fr + f_k + d) - M_n.$$

Înlocuind momentul de inerție, forța de greutate și reacțiunile solului, obținem:

$$m\rho \ddot{\varphi} = mg(fr - f_k) - qSh(fr + f_k + d) - M_n.$$

În punctul extrem al funcției, ecuația va căpăta următoarea formă:

$$m\rho \ddot{\varphi} = mg(fr - f_k) - qSh_e(fr + f_k + d_e) - M_n, \quad (2.55)$$

unde:  $\rho$  – raza de aplicare a momentului de inerție a roții.

Pentru punctul extrem, valorile  $d_e$  și  $h_e$  se determină cu relațiile (2.21) și (2.25).

Rezolvând ultima relație în raport cu accelerația unghiulară, vom obține:

$$\ddot{\varphi} = \frac{g}{\rho}(fr - f_k) - \frac{qSh_e}{m\rho}(fr + f_k + d_e) - \frac{M_n}{m\rho}. \quad (2.56)$$

Această ecuație o vom folosi pentru interpretarea condițiilor care provoacă mărirea alunecării roții în faza de răsturnare peste organul de încorporare. Un indicator care ne demonstrează că alunecarea își schimbă valoarea este valoarea negativă a accelerației unghiulare. La o accelerație îndelungată, alunecarea roții este uniformă sau lipsește. Pentru a asigura valori pozitive accelerației unghiulare, este necesar să se respecte cel puțin două condiții. În primul rând, componenta părții din dreapta a ecuației trebuie să fie pozitivă, adică:

$$(f \cdot r - f_k) > 0, \quad (2.57)$$

și, în afară de aceasta, ea trebuie să fie mai mare decât suma celorlalte componente:

$$\frac{g}{\rho}(f \cdot r - f_k) \geq \frac{qSh_e}{m\rho}(f \cdot r + f_k + d_e) + \frac{M_n}{m\rho}. \quad (2.58)$$

Esența acestei ecuații este următoarea: în partea stângă a ecuației avem rezerva sau, altfel spus, potențialul accelerației unghiulare. Mărimea accelerației unghiulare este condiționată de interacțiunea jantei roții cu solul și depinde prioritar de raza roții. Componentele părții drepte includ accelerația care se cheltuie pentru învingerea rezistenței la rostogolire. Când accelerația consumată depășește potențialul său, accelerația sumară devine negativă, ceea ce și conduce la caracterul pulsatoriu al alunecării.

Pentru ca roata, la răsturnarea peste organul de încorporare, să nu încetinească (frâneze) procesul de rotație, trebuie respectată condiția:

$$\ddot{\varphi} > 0, \quad (2.59)$$

Ecuația (2.56) reprezintă un model dinamic al MSR cu inserare. Ea include, în afara celor trei parametri variabili ai organului de încorporare  $r$ ,  $a$  și  $\alpha$ , masa și raza roții, precum și mai multe mărimi (considerate constante) caracteristicile numerice ale cărora au o natură empirică. În literatura de specialitate sunt prezentate o serie de date experimentale privind valorile coeficienților de frecare și de comprimare volumetrică a solului. Însă datele și informațiile privind mărimea coeficientului de rostogolire al roții pe suprafața prelucrată a solului, practic, lipsesc. Din acest motiv, pentru determinarea coeficientului de rostogolire, au fost efectuate încercări speciale.

Pentru încercări, au fost utilizate roți cu rotire liberă în jurul axei cu lățimea jantei de 170 mm și diametrele de 524 și 712 mm. Înaintea fiecărui experiment, solul din canal se afâna și se nivela. Măsurarea forței motrice se aprecia cu ajutorul utilajului tensometric la viteza de deplasare de 0,47 m/s. Forțele axiale aplicate pe roată, exprimate prin masă, au avut două valori – 20 și 40 kg.

Calculul coeficienților de frecare au fost efectuate conform următoarelor relații [61 – pag. 16, 17]:

$$f_k = \frac{P \cdot r}{N}, \Rightarrow \frac{P \cdot r}{G}, \Rightarrow \frac{P \cdot r}{mg}, \quad (2.60)$$

unde:  $P$  – forța motrică (N);

$G$  – sarcina axială pe roată (N).

Rezultatele prelucrării datelor experimentale sunt prezentate în tabelul 2.2.

Luând în considerare datele experimentale, a fost analizat modelul dinamic pentru valorile coeficientului de frecare la rostogolire – 4 și 6 cm. Calculele, conform funcției (2.56), exprimate în forma  $\ddot{\varphi} = f(a, r, m)$ ,

$$(2.61)$$

s-au realizat cu ajutorul calculatorului [73, 74].

**Tabelul 2.3. Caracteristicile statistice ale coeficienților de frecare la rostogolire**

Indicator	Diametrul roții, <i>mm</i>	
	524	712
Valoarea medie a coeficienților $\bar{f}_k$ , <i>cm</i>	3,44	5,17
Abaterea medie aritmetică $\sigma$ , <i>cm</i>	0,567	0,768
Eroarea valorii medii $m$ , <i>cm</i>	0,232	0,314
Coeficientul de variație $V$ , %	16,48	14,86

Simbolizarea în formulele de calcul:

$$\ddot{\varphi} \Rightarrow y; \quad g\rho^{-1}(fr - f_k) \Rightarrow y1; \quad M_n(m\rho)^{-1} \Rightarrow y3; \quad qSh_e(fr + f_k + d_e)(m\rho)^{-1} \Rightarrow y2;$$

$$h_e = \left( \sqrt{9r^2 + 8a(2r + a)} - 3r \right) \cdot 4^{-1} \Rightarrow HE; \quad d_e = \sqrt{(a - h_e)(2r + a + h_e)} \Rightarrow DE.$$

Simbolizarea constantelor:

$$f \Rightarrow F = 0,5; \quad f_k \Rightarrow FK = 4...6 \text{ cm}; \quad q \Rightarrow Q = 3 \text{ Ncm}^{-3}; \quad S \Rightarrow S = 8 \text{ cm}^2;$$

$$\rho \Rightarrow RO = 20 \text{ cm}; \quad M_n \Rightarrow MP = 600 \text{ Ncm}.$$

Simbolizarea mărimilor variabilelor:

$$a \Rightarrow x = 1...10 \text{ cm}; \quad \Delta x = 2 \text{ cm}; \quad r \Rightarrow z = 20...50 \text{ cm}; \quad \Delta z = 2 \text{ cm};$$

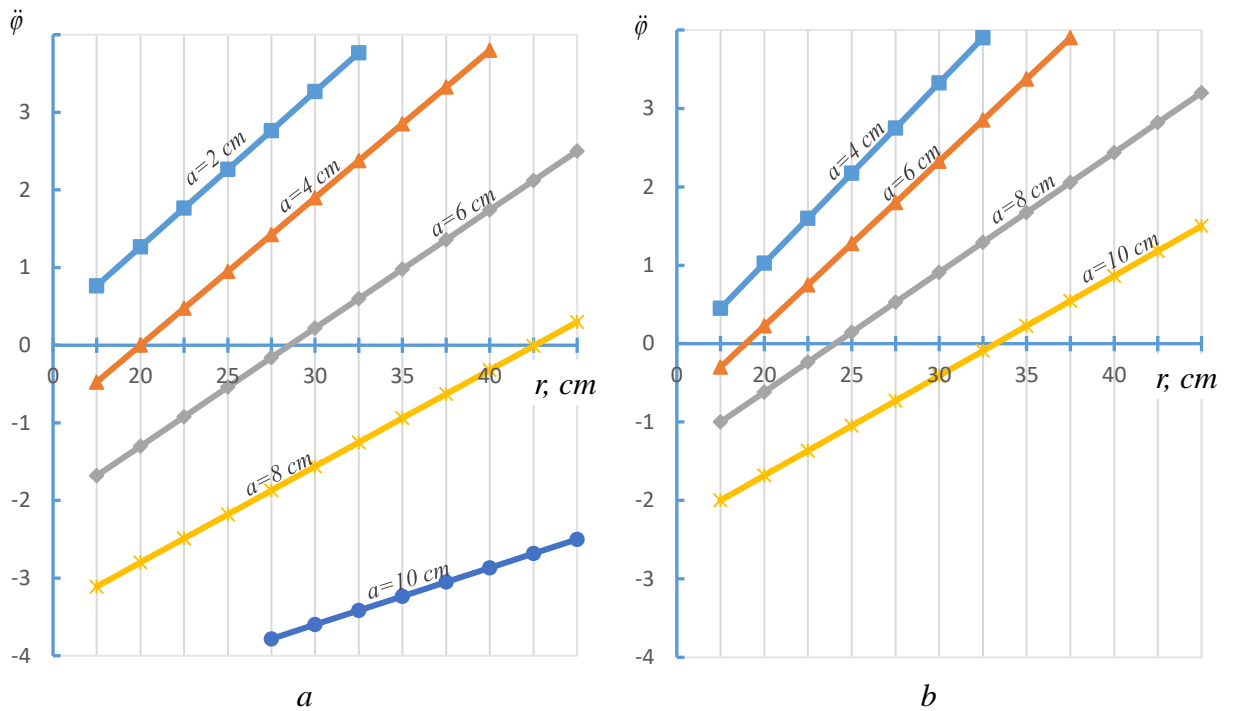
$$m \Rightarrow M = 20...75 \text{ kg}; \quad \Delta m = 5 \text{ kg}.$$

În programul de calcul, în afară de accelerația unghiulară a roții, au fost luate în considerație și alte mărimi ale componentelor elementare, cum ar fi potențialul și pierderile accelerației pentru învingerea rezistenței la rostogolirea roții.

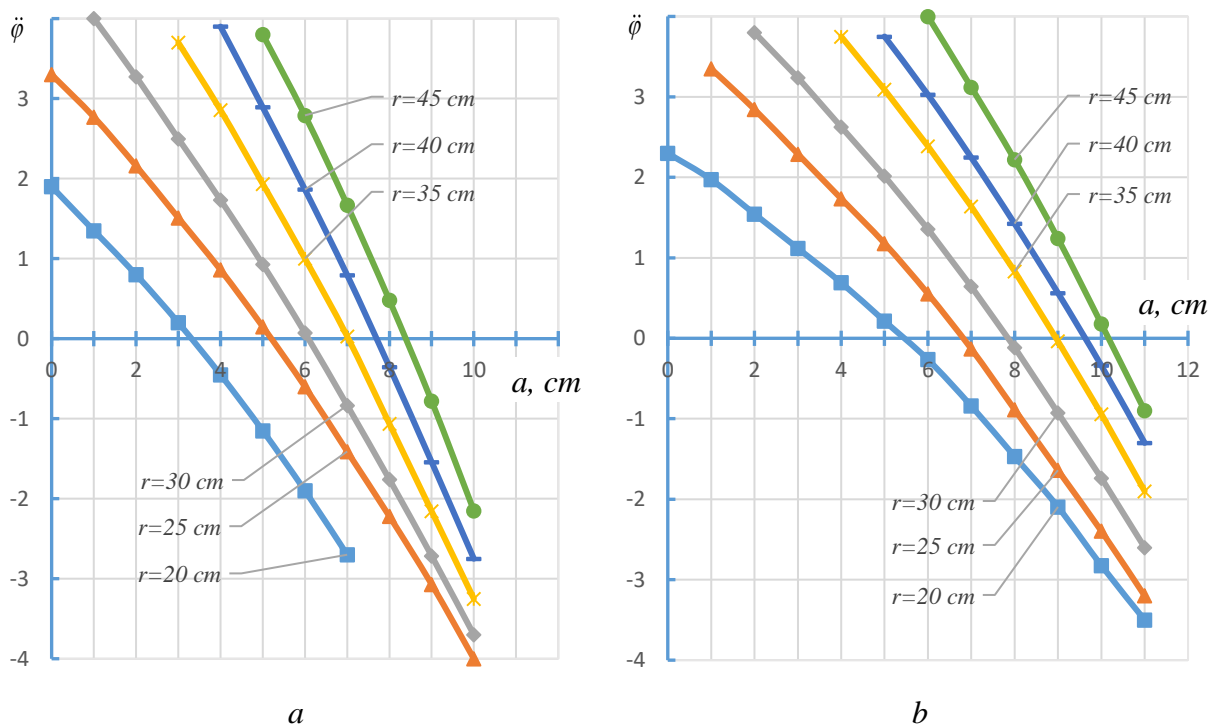
Sistematizarea rezultatelor calculelor este prezentată în formă de grafice, în figurile 2.17, 2.18 și 2.19. Acestea, respectiv, reflectă uniformitatea rotirii roții ( $\ddot{\varphi}$ ) în funcție de: raza roții ( $r$ ); lungimea organului de încorporare ( $a$ ) și masa roții ( $m$ ) în dependență de valoarea (negativă sau pozitivă) a potențialului accelerației modelului dinamic studiat.

Odată cu mărirea masei roții, hotarul optimizării razelor se deplasează pe axa absciselor către origine. Pentru roata cu masa de 55 kg (figura 2.17, b) și cu mărirea organului de încorporare de 4 cm, acest hotar se deplasează către valoarea de 15 cm, iar când organul de încorporare este de 8 cm, raza roții nu trebuie să fie mai mare de 25 cm. Graficele obținute ne demonstrează tendința de dispariție a alunecării pentru roțile cu raze relativ mari.

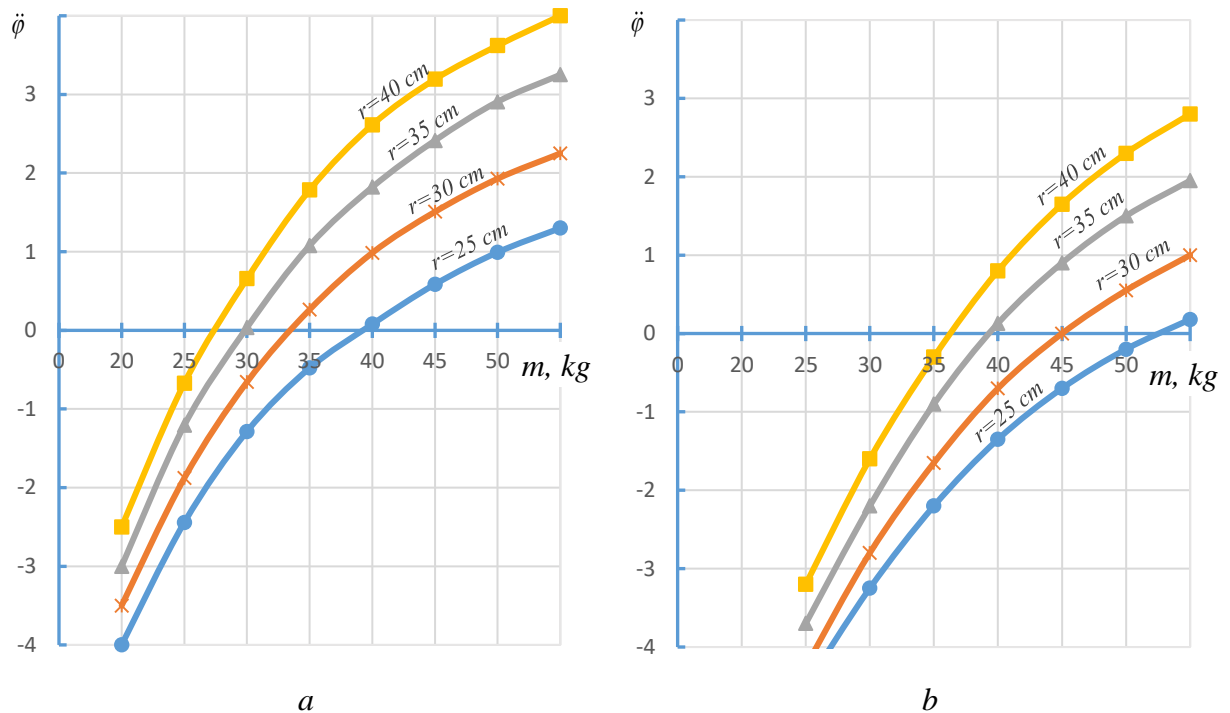
Alunecarea de impuls, sau de vârf, a roții este urmare a rezistenței de deplasare a organelor de încorporare. Ea apare în acel moment când partea pozitivă a accelerației unghiulare se cheltuie pentru compensarea accelerației cauzate de efectul de frânare a organelor de încorporare.



**Fig. 2.17.** Influența razei roții ( $r$ ) asupra accelerațiilor unghiulare ( $\ddot{\phi}$ ) ale roților cu masa ( $m$ ) de  
*a) 35 kg; b) 55 kg*



**Fig. 2.18.** Accelerațiile unghiulare ale roților ( $\ddot{\phi}$ ) în funcție de lungimea organelor de încorporare ( $a$ ), cu masa ( $m$ ) de  
*a) 35 kg; b) 45 kg*



**Fig. 2.19.** Graficele accelerațiilor unghiulare ale roților ( $\ddot{\varphi}$ ) în funcție de masa secției mașinii de semănat ( $m$ ), pentru diferite lungimi ale organelor de încorporare (a):

a) 6 cm; b) 8 cm

După cum se observă din diagrame (figura 2.18), odată cu mărirea lungimii organului de încorporare, accelerațiile unghiulare negative cresc cu o intensitate mai mare. Deja la lungimea organului de încorporare de 4 cm, pentru roata cu masa de 35 kg și raza de 20 cm, balanța accelerațiilor unghiulare devine egală cu zero. La astfel de parametri, nu este exclusă posibilitatea alunecării de impuls a roții.

Pentru a exclude acest fenomen, este necesar să se mărească raza roții până la 25 de cm sau să se mărească sarcina axială echivalentă masei de 45 kg.

La semănatul cu adâncimea de 8 cm, funcționarea roții fără alunecare de impuls este asigurată de următorii parametri: raza roții – 45 cm și masa secției – 35 kg, sau raza roții – 35 cm și masa secției – 45 kg.

Masa roții, la fel ca și raza ei, favorizează creșterea potențialului de accelerație unghiulară (figura 2.19). De aceea, odată cu mărirea razei roții, nu este necesară creșterea masei și, invers, odată cu creșterea masei, se permite micșorarea razei roții. Graficele obținute ne indică, de asemenea, că alunecarea de impuls a roții are tendința de a crește rapid odată cu creșterea adâncimii de semănat. Aceasta poate fi compensată parțial, sau exclusă, odată cu mărirea razei sau a masei roții.

## 2.7. Calculul rezistenței la rostogolire a roții de încorporare

Rezistența la rostogolire a roților pe sol poate fi calculată cu formula Grandvuane-Goriacikin [33, 67]:

$$P = 0,86 \sqrt[3]{\frac{G^4}{q \cdot B \cdot D^2}}, [kN], \quad (2.62)$$

unde:  $G$  – sarcina pe roată ( $N$ );

$q$  – coeficientul comprimării volumetrice a solului ( $N/cm^3$ );

$B$  – lățimea jantei roții ( $cm$ );

$D$  – diametrul roții ( $cm$ ).

Ecuția este valabilă pentru toate cazurile în care rostogolirea roții cu jantă netedă este însoțită de formarea urmei. Ca urmare, formula sau ideile de deducere a acesteia pot fi folosite și pentru cazul rezistenței la rostogolire a roții secției mașinii de semănat prin inserare [64]. Însă rezolvarea acestei probleme poate fi mai simplă, bazându-ne pe presupunerea că, în legătură cu masa mică a roții și sarcina ei, urma nu se formează sau este atât de mică pe adâncime încât influența ei asupra rezistenței poate fi neglijată. Calculele adâncimii urmei se pot efectua conform formulei [33, 66]:

$$h_k = 1,31 \sqrt[3]{\frac{G^2}{q^2 \cdot b^2 \cdot D}}, [cm]. \quad (2.63)$$

Pentru cazul în care sarcina este exercitată de masa de 45 – 60  $kg$  asupra roții cu diametrul de 60 – 80  $cm$  și lățimea jantei de 12 – 15  $cm$ , solul având coeficientul comprimării volumetrice de  $q = 3,0 \dots 5,0 N/cm^3$ , adâncimea urmei formate nu depășește 1,2 – 2,0  $cm$ . Influența adâncimilor mici ale urmei asupra rezistenței la rostogolire poate fi exprimată prin coeficientul de frecare la rostogolire.

Pentru rezolvarea problemei ne vom folosi de sistema de ecuații (2.9 ... 2.11), din care obținem:

$$P = F_T, \quad (2.64)$$

$$N = G - Q, \quad (2.65)$$

$$F_T = (f_k N - Qd + M_n) r^{-1}. \quad (2.66)$$

Înlocuind componentele, obținem:

$$P = \frac{((G - Q) f_k + Qd + M_n)}{r}. \quad (2.67)$$

Luând în considerare relația (2.18), formula pentru calculul rezistenței poate fi prezentată în felul următor:

$$P = \frac{(Gf_k + qSh(d - f_k) + M_n)}{r}. \quad (2.68)$$

După cum s-a demonstrat, brațul de aplicare a reacțiunii solului asupra organului de încorporare (2.21) depinde de lungimea acestuia și de adâncirea sa în sol. În procesul de rostogolire a roții peste organul de încorporare, cuibul format se schimbă în limitele:

$$0 \leq h \leq a.$$

În legătură cu aceasta, pe durata adâncirii organului de încorporare, rezistența la rostogolire nu este o mărime constantă. De la început ea crește în raport cu valoarea sa inițială, apoi, atingând valoarea maximă, scade până la valoarea inițială. Astfel, își fac apariția două nivele ale rezistenței: *cea de fond*, care corespunde adâncimii de intrare a organului de încorporare nulă ( $h = 0$ ), și *cea de vârf*, în care adâncimea de intrare atinge valoarea maximă, descrisă de relația (2.25). Conform relației (2.68), rezistența de fond la rostogolire este descrisă de o relație relativ simplă:

$$P_f = \frac{Gf_k + M_n}{r}. \quad (2.69)$$

Pentru rezistența de vârf, din aceeași relație, obținem:

$$P_{\max} = \frac{(Gf_k + qSh_e(d_e - f_k) + M)}{r}. \quad (2.70)$$

Adâncirea curentă a organului de încorporare este o funcție de timp și de unghiul de rotire a roții. Determinând această relație din figura 2.1, găsim:

$$h = a - y; \quad y = (r + a)(1 - \sin \varphi).$$

De unde:

$$h = (r + a)\sin \varphi - r. \quad (2.71)$$

Adâncirea organului de încorporare are loc în faza rotirii la unghiul:

$$\varphi = \varphi_1 + \alpha. \quad (2.72)$$

Din acest motiv:

$$h = (r + a)\sin(\varphi_1 + \alpha) - r. \quad (2.73)$$

Atunci:

$$\sin \varphi_1 = \frac{r}{r + a}; \quad \cos \varphi_1 = \frac{\sqrt{2ra + a^2}}{r + a},$$

După transformările ecuației (2.73), obținem relația necesară:



$$h = r \cos \alpha + \sqrt{a^2 + 2ar} \cdot \sin \alpha - r. \quad (2.74)$$

Totodată, unghiul de fază se modifică în intervalul:

$$\alpha = 0 \dots \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right). \quad (2.75)$$

Reieșind din aceasta, în limitele intervalului unghiului de rotație, se modifică parametrul  $d$ . În general, pentru condiții determinate, rezistența la rostogolire se modifică de la cea de fond – la cea de vârf și viceversa. Luând în considerare alunecarea roții, perioada de oscilație a rezistenței se determină din relația:

$$2\pi(r + \Delta r) = z v \tau, \quad (2.76)$$

unde:  $z$  – numărul organelor de încorporare pe roată;

$v$  – viteza centrului roții;

$\tau$  – perioada de oscilație a rezistenței.

Mai departe determinăm:

$$\tau = \frac{2\pi(r + \Delta r)}{z v}. \quad (2.77)$$

Exprimând mărirea razei prin coeficientul de alunecare, obținem:

$$\tau = \frac{2\pi r}{z v (1 - \varepsilon)}. \quad (2.78)$$

Să determinăm sectoarele de deplasare a roții unde apar rezistențele de fond și cea generală.

Deplasarea roții în intervalul dintre inserările organelor de încorporare poate fi exprimată cu relația:

$$x_z = v\tau \Rightarrow \frac{2\pi r}{z(1 - \varepsilon)}. \quad (2.79)$$

Totodată, rezistența comună va apărea doar pe o porțiune de cale (drum), și anume:

$$x_h = \frac{r\alpha_0}{1 - \varepsilon}, \Rightarrow r \cdot \arccos \frac{r}{r + a} (1 - \varepsilon)^{-1}. \quad (2.80)$$

Atunci, porțiunea de cale cu rezistența de fond se va aprecia astfel:

$$x_f = x_z - x_h. \quad (2.81)$$

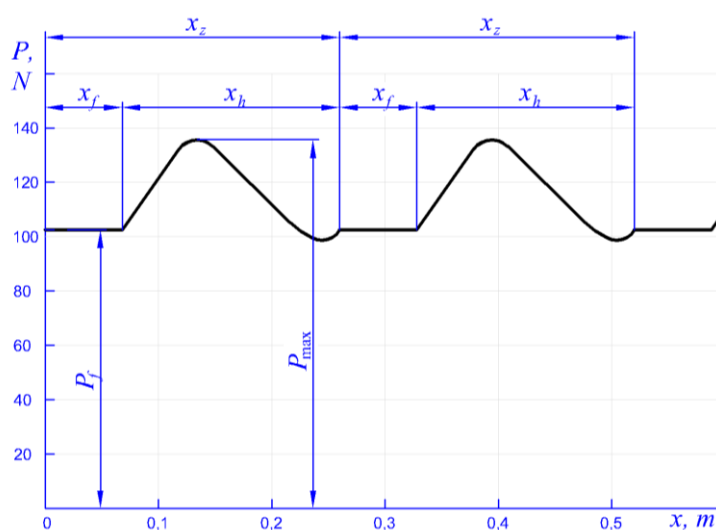
Pentru condiții concrete, utilizând relațiile de mai sus, vom prezenta grafic rezistența roții în funcție de deplasarea ei. Însă trebuie să ținem cont că deplasarea roții în faza de adâncire depinde de unghiul de rotire al roții și se poate aprecia cu următoarea relație:

$$x = \frac{r\alpha}{1 - \varepsilon}. \quad (2.82)$$

Calcululele datelor pentru trasarea graficului din figura 2.20 s-au efectuat pentru roata cu parametrii:  $r = 30 \text{ cm}$ ,  $a = 6 \text{ cm}$ ,  $z = 8 \text{ buc}$ . Prin calcule, au fost determinate sectoarele de deplasare cu rezistența de fond și cea maximă a roții:

$$x_z = 26,2 \text{ cm}; x_h = 19,5 \text{ cm}; x_f = 6,7 \text{ cm}.$$

Analizând graficul rezistenței la rostogolire a roții, trebuie să evidențiem că rapoartele numerice dintre rezistențele de vârf și cele de fond, practic, nu sunt atât de mari (valoroase). În cazul nostru, rezistența de vârf (maximă) este doar de 1,3 ori mai mare decât rezistența de fond. Dacă se compară valoarea medie a rezistenței organului de încorporare, ea va fi aproximativ de două ori mai mică decât rezistența de vârf.



**Fig. 2.20.** Graficul teoretic al rezistenței la rostogolire

Datele inițiale:  $r = 30 \text{ cm}$ ,  $a = 6 \text{ cm}$ ,  $z = 8 \text{ buc}$ ,  $G = 50 \text{ kg}$ ,  $f_k = 5 \text{ cm}$ ,

$$q = 4 \text{ N/cm}^3, S = 8 \text{ cm}^2, \varepsilon = 0,1, M_n = 600 \text{ Ncm}.$$

În urma calculelor, s-a obținut:  $P_f = 103,3 \text{ N}$ ;  $P_{\max} = 134,3 \text{ N}$ .

Așadar, putem considera că mărirea rezistenței în faza de adâncire a organului de încorporare, în raport cu rezistența de fond, nu depășește 15 %. La mărirea numărului de organe de încorporare, rezistențele provocate de acestea se suprapun parțial, din contul micșorării perioadei dintre încadrările în sol ale organelor de încorporare vecine. Aceasta conduce la o mărire a rezistenței totale. Mărirea razei roții și micșorarea lungimii organelor de încorporare micșorează rezistența de vârf, precum și cea totală a roții. Nu este exclus că rezistența de vârf relativă, într-o măsură oarecare, depinde de construcția și de forma vârfului organului de încorporare.

Astfel, s-a demonstrat că rezistența de fond a secției mașinii de semănat cu inserare, determinată de sarcina axială, de coeficientul de frecare de rostogolire și de momentul de acționare a mecanismelor, este determinativă în comparație cu rezistența provocată de organele de încorporare.

## 2.8. Concluzii la capitolul 2

1. S-a demonstrat că sunt posibile două scheme dinamice de rostogolire a secției mașinii de semănat prin inserare: *prima* – cu solul interacționează numai unul dintre organele de încorporare montate pe roată; *a doua* – cu solul interacționează concomitent nu mai puțin de două organe de încorporare. Prioritatea aplicării practice o deține cea de-a doua schemă.

2. Dintre factorii principali care determină procesul de formare a locașurilor și de încorporare a semințelor în sol, prioritatea îi aparține sarcinii axiale sau masei secției. S-a demonstrat că valoarea limită a masei secției depinde de raza roții de inserare, de lungimea organelor de încorporare și de proprietățile mecanice ale solului. Influența schimbării razei, în limitele a 24 cm și mai mult, este nesemnificativă. Cea mai mare influență o are lungimea organelor de încorporare. Variația masei secției cu lungimea organelor de încorporare de 4 ... 12 cm se află în limitele a 20 ... 50 kg, iar zona optimizării masei este de 20 kg.

3. Rostogolirea roții pe sol se produce doar pentru anumite valori ale rapoartelor dintre raza roții și lungimea organelor de încorporare. La încorporarea semințelor la adâncimea de 4 ... 12 cm, valorile limită ale razei roții, în funcție de coeficientul de frecare ( $f = 0,5 \dots 0,8$ ), se află în intervalul a 16 ... 40 cm. Zona valorilor optime pentru raza roții este mai mare de 24 cm.

4. La rostogolirea roții pe câmp, organele de încorporare se deplasează pe o traiectorie de formă cicloidală, a cărei mărime depinde de raza roții și de lungimea organelor de încorporare. Zona acțiunii organelor de încorporare se stabilizează pentru o rază a roții cuprinsă între 35 ... 50 cm. Pentru aceste raze, având lungimea organelor de încorporare de 4 ... 12 cm, mărimea cuibului, în medie, este de 2 ... 10 cm. În toate cazurile, cuibul este mai mic decât lungimea organelor de încorporare.

5. Rezistența la tracțiune a secției MSR depinde de sarcina aplicată pe roată, de diametrul și lățimea jantei roții, de lungimea organelor de încorporare, de adâncirea acestora în sol și de proprietățile mecanice ale solului. Rezistența la tracțiune poartă un caracter ciclic: la rostogolirea pe jantă, rezistența este minimă, la rostogolirea peste organul de încorporare, rezistența crește până la valoarea maximă, la care se ajunge atunci când organul de încorporare totalmente intră în sol.

### **3. METODOLOGII ȘI PROGRAME PRIVIND REALIZAREA CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE**

#### **3.1. Programa cercetărilor**

În baza cercetărilor teoretice efectuate, concluzionăm că factorii de bază care influențează procesul de încorporare a semințelor în sol sunt: masa secției mașinii de semănat, raza roții și lungimea organelor de încorporare.

Analiza relațiilor obținute ne permite să argumentăm teoretic valorile limită ale masei și razei roții secției MSR. Reieșind din acestea, cercetările experimentale [75, 76] prevedeau executarea experimentelor confirmative ale concluziilor teoretice și argumentarea finală a parametrilor constructivi-funcționali ai MSR:

- influența lungimii organelor de încorporare asupra traiectoriei de deplasare a acestora în sol, asupra caracterului și parametrilor cuibului, asupra valorii alunecării și asupra rezistenței roții secției mașinii de semănat;

- influența masei (sarcinii) secției mașinii de semănat asupra parametrilor traiectoriei organelor de încorporare și asupra alunecării roții mașinii de semănat;

- influența vitezei de deplasare asupra alunecării și rezistenței la tracțiune a secției mașinii de semănat;

- caracterul deformării solului, reacția solului în urma acțiunii organelor de încorporare și a procesului de amplasare a semințelor în cuiburi;

- aprecierea agrotehnică a calității lucrărilor de semănat în condiții de câmp și a rezistenței la tracțiune a secției mașinii de semănat, comparativ cu indicatorii secțiilor mașinilor analogice și ai mașinilor de semănat în rigole.

#### **3.2. Elaborarea instalației de laborator, alegerea instrumentelor și a echipamentelor de măsurare**

Pentru cercetările experimentale ale MSR, s-a utilizat principiul deplasării rotative: secția mașinii este imobilă, iar canalul de sol – mobil.

Canalul de sol mobil are o serie de avantaje față de cel imobil. El permite să fie montate staționar modelele secțiilor mașinilor de semănat în locurile cele mai comode pentru urmărire și dirijare, precum și montarea comodă a dispozitivelor de măsurare și înregistrare video sau fotografică. Acestea din urmă influențează considerabil acțiunea vibrațiilor mecanice asupra dispozitivelor de măsurare. Instalația de laborator selectată asigură o precizie satisfăcătoare de înregistrare a rezultatelor cercetărilor experimentale.

### 3.3. Încercările experimentale ale cinematicii organelor de lucru (încorporare) ale secției MSR

Premisele teoretice expuse anterior reflectă cinematica organelor de lucru (încorporare) ale MSR pentru cazul ideal, caracterizat prin simetria parametrilor ramurilor de coborâre și de ascensiune a traiectoriei, descrisă de vârfurile organelor de încorporare la deplasarea lor în sol. În realitate, traiectoriile de mișcare ale vârfurilor organelor de lucru pot devia considerabil de la forma teoretică. În acest caz, pot devia și indicatorii tehnologici ai organelor de lucru ale MSR, cum ar fi: zona deformării solului, forma și parametrii cuiburilor, direcția de tasare a solului și alți parametri ai procesului.

O imagine destul de clară despre mișcarea organelor de lucru ale MSR în condiții naturale și la maximum apropiate de condițiile de exploatare, poate fi obținută executând încercări de laborator. Acestea din urmă presupun înregistrarea directă pe hârtie a traiectoriei de mișcare a vârfurilor organelor de încorporare în timpul deplasării lor în sol, obținerea profilului vertical real al cuiburilor, a zonelor de deformare și compactare a solului în orizonturile inferioare ale patului germinativ.

Încercările s-au realizat pe o instalație de tip „canal de sol”, care, din punct de vedere constructiv, reprezintă un cărucior cu ladă de sol, care se mișcă între două bare de ghidare și un dispozitiv fixat, pe care este montată roata cu organele de încorporare schimbabile (figura 3.1).

Instalația de laborator cu cărucior cu lada de sol care se mișcă în raport cu roata are o serie de avantaje față de canalul de sol tradițional. Această instalație permite simplificarea procesului de urmărire și înregistrare (video, foto) a mișcării roții și controlul parametrilor de intrare inițiali.

Transmisia, acționată de motorul electric, permite o mișcare a căruciorului cu vitezele de 0,47; 0,91 și 1,71 *m/s*. Viteza căruciorului era controlată cu ajutorul reperelor de cale și timpul deplasării, cu înregistrarea semnalelor pe oscilograme.

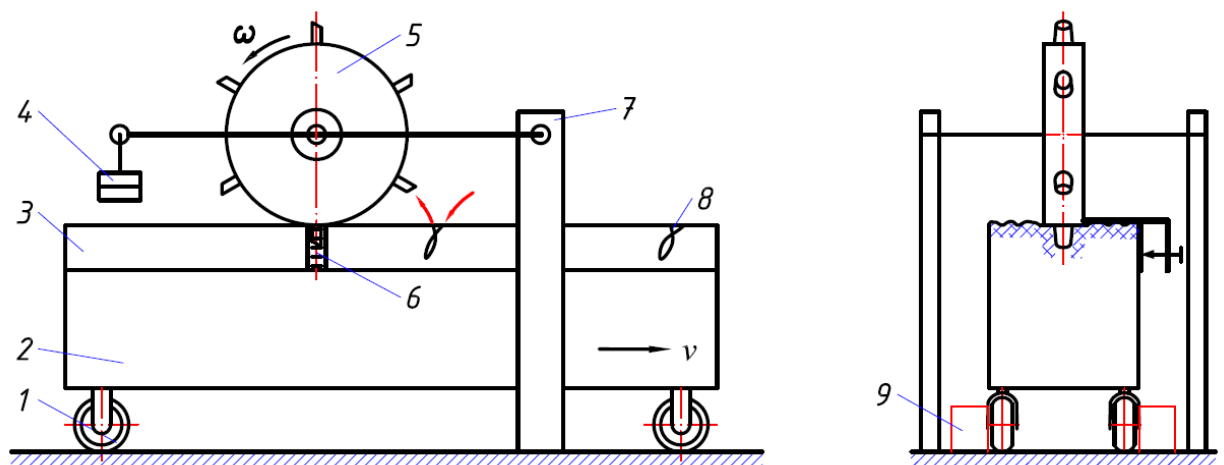
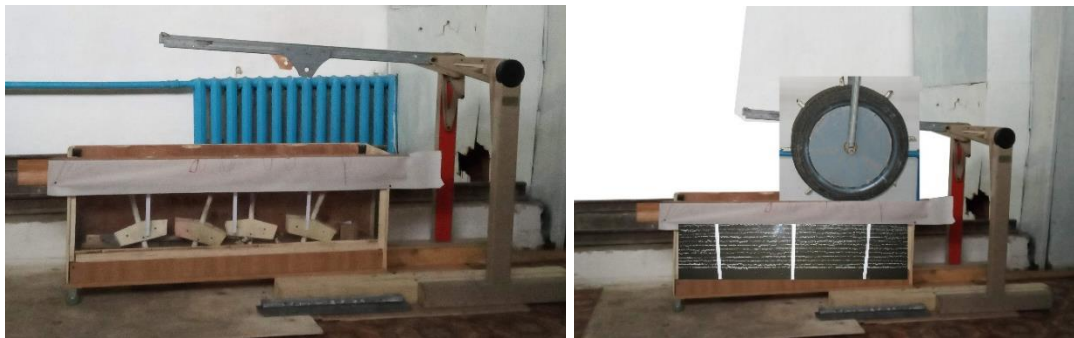
Experimentele s-au executat pe un model (machetă) al roții secției MSR cu seturi de organe de încorporare de lungimi diferite, care prezentau niște tije cilindrice cu vârful secționat sub un unghi de 45°. Parametrii constructivi ai machetei (tabelul 3.1) sunt bazați pe analiza teoretică, luând în considerare cerințele agrotehnice privind adâncimea de încorporare a semințelor culturilor prășitoare.

Lada de pe cărucior a fost umplută cu sol. Pe janta roții (frontal), în drept cu organul de încorporare, era prins dispozitivul de înregistrare, care prezintă o placă cu găuri pentru fixarea în ele a unui marcher arcuit. Distanța dintre găuri era determinată de intervalul de variație a lungimii organelor de încorporare. Pe partea exterioară a peretelui era fixată o bandă de hârtie milimetrică pe care marcherul desena traiectoria deplasării vârfului organului de încorporare.

**Tabelul 3.1. Parametrii modelului experimental al secției MSR**

Parametrul	Valoarea
Diametrul roții, $m$	0,58
Lățimea jantei roții, $m$	0,17
Grosimea jantei, $m$	0,08
Lungimea organelor de încorporare, $cm$	4, 6, 8, 10, 12
Numărul organelor de încorporare	8
Diametrul cilindrului organului de încorporare, $mm$	30
Unghiul vârfului organului de încorporare, $grade$ °	45
Masa secției, $kg$	18

Înregistrarea traiectoriei deplasării vârfurilor organelor de încorporare s-a efectuat cu ajutorul unui dispozitiv special (figura 3.1). Astfel, lada cu sol era divizată longitudinal, printr-un perete, în două părți. Peretele era montat față de roată astfel încât janta roții cu suprafața frontală să fie cât mai aproape de perete, dar să nu se atingă de el.



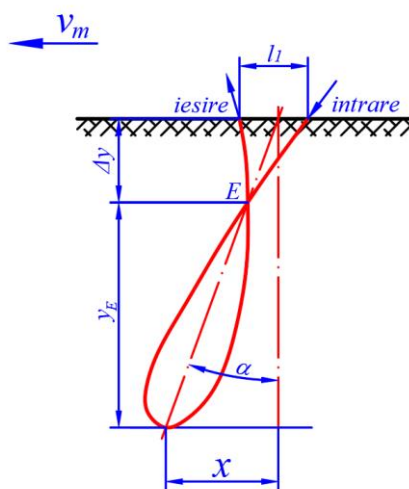
**Fig. 3.1.** Schema instalației experimentale de înregistrare a traiectoriilor mișcării vârfurilor organelor de încorporare

1 – roți; 2 – lada de sol; 3 – hârtia pentru înregistrarea traiectoriei; 4 – sistem de încărcare cu greutate; 5 – roata cu organele de încorporare; 6 – dispozitivul de înregistrare; 7 – dispozitivul de suspendare a roții de lucru; 8 – traiectoriile înregistrate ale mișcării vârfurilor organelor de încorporare; 9 – elementele de ghidare a roților.

Înregistrarea traiectoriei se efectua în felul următor:

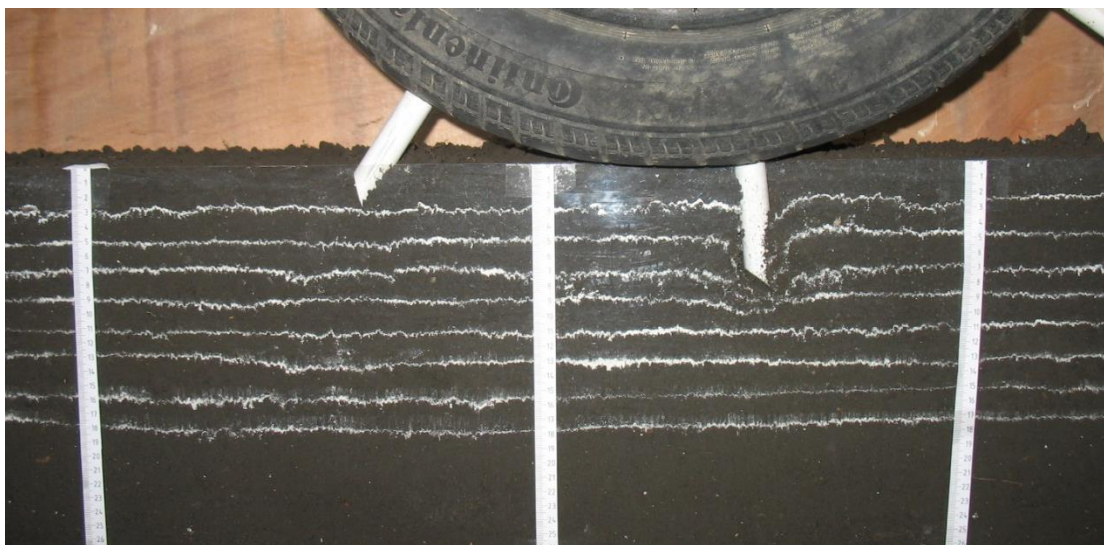
- pe roată erau fixate organele de încorporare de o anumită lungime;
- cu ajutorul unui cântar, care se amplasa temporar sub roată, se determina reacția solului la acțiunea roții (după greutatea obținută a roții). Mărimea reacției era reglată cu ajutorul sistemului de încărcare, montat pe cadrul secției cu greutate etalon;
- se pregătea solul, starea fizică a căruia se menținea identică pe parcursul tuturor experimentelor;
- markerul era instalat în gaura dispozitivului de înregistrare, care corespundea lungimii organului de încorporare;
- se puna în mișcare căruciorul, iar roata secției era suspendată liber, astfel încât organele de încorporare să pătrundă în sol. Datorită contactului cu solul și deplasării căruciorului, roata obținea mișcarea de rotație;
- markerul se deplasa paralel, pe aceeași traiectorie cu vârful organului de încorporare, ajungând în zona hârtiei milimetrice de pe peretele longitudinal, acesta din urmă înregistra o porțiune a cicloidei în mărime naturală, care corespundea cu zona de intrare și ieșire a organului de încorporare în sol.

În continuare, au fost mășurați următorii parametri ai traiectoriilor înregistrate:  $y_E$  – ordonatele punctelor de intersecție;  $\Delta y$  – poziția punctelor de intersecție referitor la suprafața solului;  $l$  – dimensiunea limită a lățimii buclei;  $\alpha$  – unghiul de înclinare a axei convenționale de simetrie a buclei;  $l_1$  – distanța dintre punctele de intrare și ieșire a organului de încorporare în sol (figura 3.2). Apoi, datele măsurărilor se prelucrau și se analizau.



**Fig. 3.2.** Forma caracteristică a traiectoriilor mișcării vârfurilor organelor de încorporare, obținute experimental

Procesul de formare a cuiburilor a fost studiat de noi pe standul cu canal de sol mobil, unde peretele de separare era executat din sticlă transparentă, pe care era marcat un sistem de coordonate (figura 3.3). Lada se umplea cu cernoziom omogen ca structură, în straturi, astfel încât după fiecare strat de 2 cm era presărat un strat de praf de cretă. Procesul de formare a cuiburilor era înregistrat cu ajutorul aparatului de fotografiat „Canon Power Shot A610”.



**Fig. 3.3.** Instalația pentru cercetarea procesului de formare a cuiburilor cu organe de încorporare de diferite lungimi

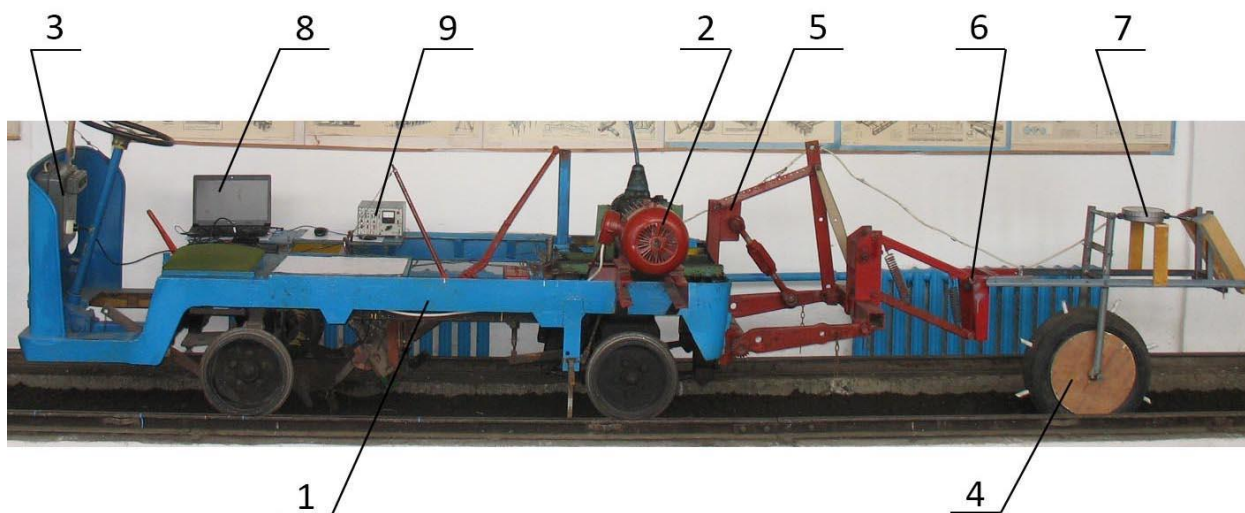
### **3.4. Studiul procesului de alunecare a roții de încorporare**

O influență semnificativă asupra stabilității dinamice la rostogolire a roții secției MSR cu inserare o are diametrul acesteia. Conform ipotezelor teoretice, odată cu mărirea diametrului roții, se mărește și accelerația care contribuie la micșorarea alunecării. Această presupunere necesită și o argumentare experimentală. Prezintă interes, de asemenea, proprietățile dinamice ale roții cu organele de încorporare, legate de lucrul acesteia pe soluri cu diferite densități.

Pornind de la cele expuse mai sus, scopul încercărilor era obținerea datelor experimentale necesare pentru construirea modelelor matematice care ar exprima alunecarea și forța motrice a MSR la rostogolirea acesteia pe suprafața solului cultivat și tasat (tăvălugit), în funcție de diametrul, sarcina axială și viteza de deplasare. Concomitent cu acestea, în cadrul experimentelor se presupunea determinarea particularităților a două tipuri de organe de încorporare de formă conică.

Experimentele s-au efectuat în canalul de sol în care se deplasa un cărucior electric (1) (figura 3.4). Pentru controlul și înscrierea parametrilor de ieșire a obiectului studiat, în timpul experimentelor, în formă de semnale electrice, pe cărucior era montat amplificatorul „Topaz-4” și sistemul automat de înregistrare a datelor ARDUINO UNO.

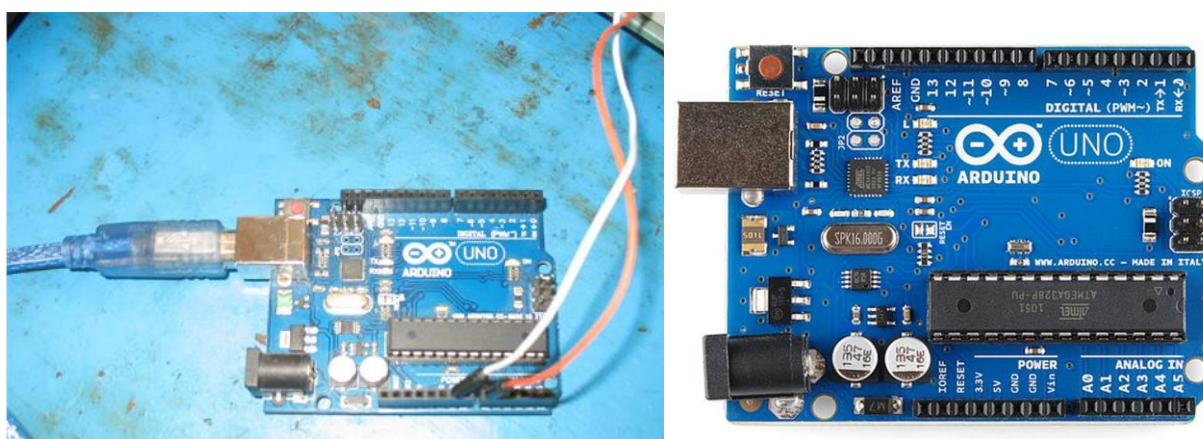




**Fig. 3.4.** Vedere generală a standului experimental pentru cercetarea secțiilor MSR

- 1 – cărucior; 2 – motorul electric de acționare a căruciorului; 3 – panoul de comandă; 4 – mostra experimentală; 5 – dispozitiv de cuplare și ridicare-coborâre a mostrei experimentale; 6 – sistemul de pârghii; 7 – dinamometru; 8 – calculatorul cu softul de înregistrare; 9 – amplificatorul de semnal „Topaz-4”.

Instalația de măsurare a standului este prevăzută cu un sistem automat de înregistrare a datelor cu opt canale model ARDUINO UNO (figura 3.5) [77], pentru colectarea valorilor forțelor ce acționează asupra mașinii de semănat în procesul deplasării în sol. Pentru măsurarea vitezei de deplasare a mașinii de semănat supuse încercărilor, se folosește o roată suplimentară cu impulsuri magnetice de turație, care se atașează la cadrul căruciorului. Datele experimentale de ieșire, trecând prin amplificatorul „Topaz-4”, erau colectate pe un calculator (figura 3.6), apoi prelucrate.



**Fig. 3.5.** Dispozitiv de transformare a semnalului de la amplificator la calculator ARDUINO UNO



**Fig. 3.6.** Vedere generală a aparatelor de amplificare și înregistrare a datelor de ieșire

În timpul experimentelor, concomitent, se determinau doi parametri: alunecarea roții și rezistența la rostogolire. În primul rând, am analizat influența parametrilor de intrare asupra alunecării roții mașinii de semănat.

Pentru fiecare experiment, coeficientul de alunecare se determina cu relația  $\varepsilon = (v_t - v_r) / v_t$  [78 – pag. 287]:

$$\text{sau } \varepsilon = \frac{L - \pi Dn}{L} \cdot 100, [\%], \quad (3.1)$$

unde:  $L$  – distanța parcursă de roată în canal la „ $n$ ” rotații ( $mm$ );

$D$  – diametrul roții ( $mm$ ).

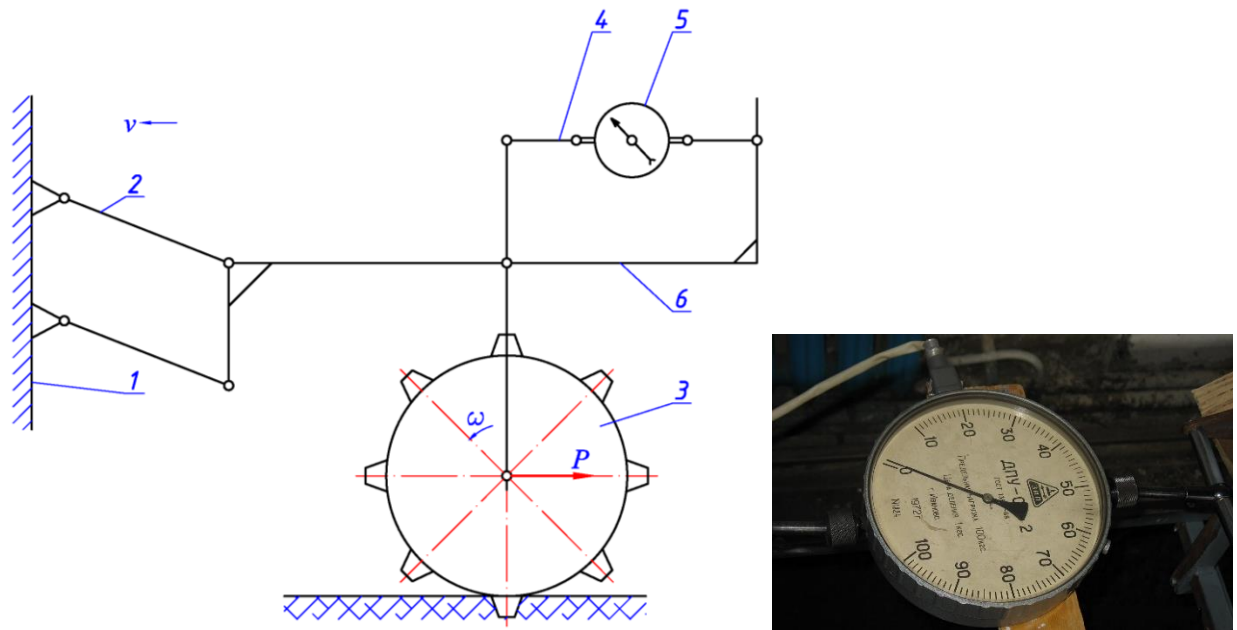
Fiecare încercare experimentală a fost repetată de trei ori. În baza prelucrării datelor obținute, au fost calculate caracteristicile statistice ale coeficienților de alunecare experimentale.

### **3.5. Determinarea experimentală a rezistenței la tracțiune a secției MSR**

Pentru determinarea rezistenței la tracțiune a secțiilor mașinii de semănat etalon și MSR, s-a utilizat un mecanism special de suspendare, conectat la un pod tensometric (figura 3.7), al cărui senzor de rezistență era lipit pe elementul rigid al dinamometrului ДПГУ-01-2 [79].

Înregistrarea datelor experimentale se efectua în timpul mișcării uniforme a căruciorului. Prelucrarea diagramelor obținute se producea într-un canal pentru sectoarele de deplasare a căruciorului cu lungimea de 10  $m$ . Valorile medii ale ordonatelor pe diagrame au fost determinate utilizând metoda planimetrii.

Experimentele au fost realizate după planul Box-Behnken [80 – pag. 97-127; 81], pentru 3 factori de intrare prezentați în formă naturală și codată în tabelele 3.2 – 3.3.



**Fig. 3.7.** Mecanismul de suspendare a secției mașinii de sămănat și elementul tensometric  
 1 – cărucior electric; 2 – mecanism de suspendare; 3 – secția MSR; 4 – element tensometric; 5 –  
 dinamometru de tracțiune; 6 – cadru.

**Tabelul 3.2.** Nivelele și intervalele de variație a factorilor de intrare

Factori de intrare	$X_i$	Nivele de variație			Intervalul de variație
		Inferior -1	Zero 0	Superior +1	
Lungimea organului de încorporare, $a$ , cm	$X_1$	6	8	10	2
Numărul organelor de încorporare, $z$ , buc	$X_2$	4	6	8	2
Masa secției MSR, $m$ , kg	$X_3$	25	30	35	5

**Tabelul 3.3.** Matricea plan și valorile naturale ale factorilor de intrare

Nr.	Plan			Valorile naturale ale factorilor		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$a$ , cm	$z$ , buc	$m$ , kg
1	+1	+1	0	6	4	30
2	+1	-1	0	10	4	30
3	-1	+1	0	6	8	30
4	-1	-1	0	10	8	30
5	+1	0	+1	6	6	25
6	+1	0	-1	10	6	25
7	-1	0	+1	6	6	35
8	-1	0	-1	10	6	35
9	0	+1	+1	8	4	25
10	0	+1	-1	8	8	25
11	0	-1	+1	8	4	35
12	0	-1	-1	8	8	35
13	0	0	0	8	6	30
14	0	0	0	8	6	30
15	0	0	0	8	6	30

### 3.6. Elaborarea și încercarea organelor de încorporare

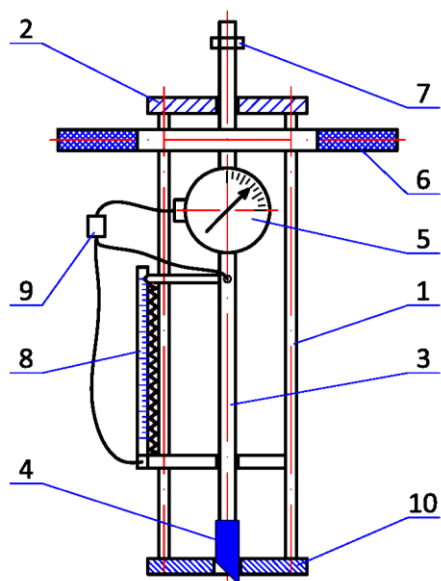
Organele de încorporare, constituite, din punct de vedere constructiv, din elementul care formează cuibul și tija interioară care împinge sămânța în sol, sunt cele mai vulnerabile componente ale MSR. Încercările experimentale, în condiții extreme de lucru, ale sfeclei de zahăr au pus la îndoială fiabilitatea acestei metode de încorporare. Pentru a studia acest proces și a rezolva problemele apărute s-au efectuat încercări experimentale suplimentare. În dependență de factorii tehnici care influențează blocarea seminței în cuib, au fost aleși următorii parametri de studiu: adâncimea de încorporare ( $h$ ), forța de încorporare necesară pentru inserarea seminței în sol ( $F$ ), mărimea ( $S$ ) și forma secțiunii transversale a organului de încorporare.

Încercările s-au realizat în canalul de sol la o temperatură a mediului de 16 – 20 °C și umiditate a solului de 20 – 24 %. Solul se afâna preventiv la adâncimea de 8 cm, apoi se tasa cu tăvălugul neted. În urma experimentărilor, se determina influența adâncimii de încorporare și a ariei secțiunii transversale a organului de încorporare asupra răsării plantelor. Matricea planificării experimentelor prevedea variația factorilor în trei nivele, cu executarea a 9 experimente (tabelul 3.4). Intervalul în care se înscria adâncimea de încorporare era limitat de cerințele agrotehnice pentru fiecare cultură aparte (a se vedea capitolul 1.1.2). Fiecare încercare experimentală prevedea plantarea a 100 de semințe. Diametrul minim al tije interioare se alegea conform dimensiunii fracției semințelor. Drept factor variabil a fost aleasă aria secțiunii transversale a tije interioare ( $S$ ). Cel de-a 9-a experiment a fost realizată de trei ori, pentru a verifica repetabilitatea experimentelor.

**Tabelul 3.4. Matricea plan și nivelul de variație a factorilor**

Nr. experimentului	Factorii codați și naturali			
	$X_1$	$S, mm^2$	$X_2$	$h, mm$
1	+1	104,0	+1	40
2	+1	104,0	-1	20
3	-1	24,0	+1	40
4	-1	24,0	+1	40
5	+1	104,0	0	30
6	-1	24,0	0	30
7	0	64,0	+1	40
8	0	64,0	-1	20
9	0	64,0	0	30

Forța de inserare a seminței ( $F$ ) se măsoară cu ajutorul unui dispozitiv tensometric (figura 3.8), o construcție specială care era cuplată, prin intermediul amplificatorului „Topaz-4”, la calculator. În procesul efectuării experimentelor, se înregistrau forța aplicată seminței și adâncimea de încorporare.



**Fig. 3.8.** Dispozitivul pentru măsurarea forței de inserare a seminței în sol

1 – cadru; 2 – ghidaj; 3 – tija centrală;  
4 – capul tije (schimbabil); 5 – dinamometru cu cuplă tensometrică; 6 – mânere;  
7 – limitator de adâncime; 8 – riglă cu sarcină reglabilă; 9 – amplificator; 10 – suport.

În cadrul experimentelor, cele mai dese refuzuri ale instalației erau provocate de griparea tije schimbabile datorită înfundării cu sol a suprafețelor de frecare. S-au depistat și unele neajunsuri ale mecanismului de acționare a tije de încorporare, și anume în construcția pentru care reglarea adâncimii de încorporare se executa cu ajutorul roților de tasare. Acest fapt a servit drept motiv pentru modificarea construcției secției mașinii de semănat experimentale și mărirea fiabilității funcționării acesteia.

### 3.7. Metodologia prelucrării datelor experimentale

Metodologia cercetării organelor de lucru ale mașinilor de semănat în teza noastră prevede utilizarea modelelor analitico-empirice, adică determinarea modelului pe baza unei formule matematice prestabilite și determinării coeficienților funcției de răspuns, prin prelucrarea datelor de intrare-ieșire, obținute în urma măsurării valorilor.

**Obiectivele modelării matematice** a funcționării organelor de lucru ale secției de încorporare sunt:

- studiul și analiza funcționării organelor de lucru ale secției de încorporare prin utilizarea modelelor matematice, în scopul obținerii unei informații complete și a unor legități ale acestora;
- evidențierea modului de acțiune a factorilor de influență asupra funcției de răspuns;
- verificarea ipotezelor referitoare la interacțiunile interne ale factorilor de intrare-ieșire;
- prognozarea stării și a comportamentului obiectului de cercetare în sistemul dat;
- optimizarea factorilor de influență în raport cu diferite necesități ale criteriului de optimizare;
- evidențierea comportamentului obiectului cercetat în spațiu și timp.

Cercetările secțiilor MSR s-au axat pe determinarea rezistenței la tracțiune  $y$  (funcția de răspuns) în dependență de factorii de influență: lungimea organului de încorporare,  $a$ ,  $cm - X_1$ ; numărul organelor de încorporare,  $z$ ,  $buc - X_2$ ; masa secției MSR,  $m$ ,  $kg - X_3$ , pentru trei valori ale vitezei de deplasare.

Notând rezistența la tracțiune a secției MSR prin  $y$ , atunci:

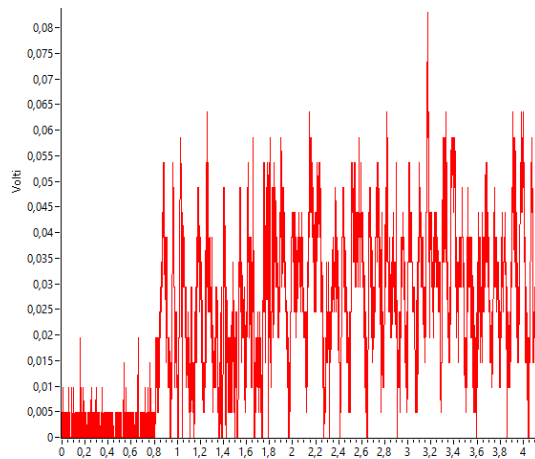
$$y = f(X_1, X_2, X_3). \quad (3.2)$$

În cadrul analizei datelor experimentale, admitem ipoteza unei legături neliniare între funcțiile de răspuns și factorii de influență. Având în vedere acest fapt, am apelat pentru modelare la funcția de aproximare utilizată pe larg în cadrul modelării proceselor de lucru ale mașinilor agricole, având forma unui polinom de ordinul doi:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^k b_{ij} X_i X_j, \quad (3.3)$$

în care  $b_0$ ,  $b_i$ ,  $b_{ii}$ ,  $b_{ij}$  – coeficienții ecuației de regresie.

Datele înscrise în urma experimentelor aveau forma prezentată în figura 3.9. Aceste date erau înregistrate ca valori în volți care apoi conform unui grafic de tarifare erau transformate în valorile rezistenței în newtoni.



**Fig. 3.9.** Oscilograma procesului de funcționare a secției MSR și masivul de ordonate pentru  $\Delta t = 0,2s$

Prelucrarea datelor experimentale s-a efectuat conform metodologiilor cunoscute descrise în literatura de specialitate [80 – 86].

### 3.8. Condițiile de realizare a încercărilor de câmp

Pentru cultivarea porumbului pentru boabe, sau furaj: – actualmente se folosesc semințe ale hibridului obținute la noi în țară. Utilizarea acestor semințe permite de a obține roade înalte (productivitatea), plantele au uniformitate de creștere în toate fazele de dezvoltare, sunt rezistente la boli și dăunători. Caracteristicile materialului semincer utilizat sunt prezentate în tabelul 3.5.

**Tabelul 3.5. Caracteristica materialului semincer**

Indicatorul	Valoarea indicatorului
Cultura	Porumb
Soiul, hibridul	M 48
Puritatea semințelor, %	100
Energia germinativă, %	95,0
Capacitatea de germinare, %	97,0
Umiditatea semințelor, %	12,0
Masa a 1000 boabe <i>MMB</i> , g	275,2
Masa hectolitrică <i>MH</i> , g/l	723,4
Prelucrarea preseminceră	Tratare cu Thiram (disulfură de tetrametiltiuram)
Dimensiunile medii ale semințelor, mm	
lățimea	7,8
lungimea	11,7
grosimea	4,5

Pentru încercările de câmp au fost utilizate semințe ale hibridului simplu modificat, mediu, M48 MRf –FAO 430.

Acest hibrid posedă plasticitate ecologică înaltă și stabilitate de producție. Planta de talie mijlocie, frunze cu port erect, știuletele de formă cilindrică. Bobul dentiform, de culoare galbenă. Rezistent la secetă, căderea și frângerea tulpinilor. Tolerant la principalele boli a porumbului. Densitatea optimă de cultivare la boabe 60 – 65 mii plante la hectar. Potențialul de producție 10 ... 12 t/ha. Perioada de vegetație, exprimată în zile (răsărire – maturare) cca 136 zile (FAO 430) [88].

Caracteristica lotului experimental pe care sa produs semănatul este prezentată în tabelul 4.6.

Încercările de câmp s-au efectuat în or. Ciabană, reg. Kiev, de către reprezentanța AGCO Ltd Ucraina, conform cerințelor standardului de încercare a mașinilor agricole [75]. Suprafața lotului – 28,2 ha. Înainte de semănat sau produs lucrările premergătoare, cum ar fi: aratul de toamnă la adâncimea de 27 cm, grapatul unitar și cultivarea preseminceră, conform cerințelor agrotehnice pentru semănatul porumbului.

**Tabelul 3.6. Caracteristica lotului experimental**

<b>Indicatorul</b>	<b>Tipul sau valoarea indicatorului</b>
Lucrarea îndeplinită	Semănatul porumbului
Tipul solului	Cernoziom argiloiluvial luto-argilos
<b>Structura</b>	Granulară (Bulgări mărunți)
Relieful	Neted, înclinarea perpendicular direcției de înaintare până la 2°
Microrelieful	Cu creste medii (valoarea medie a crestelor 3,5 cm)
Umiditatea solului în %, pe straturi, cm	
0 – 5	24,63
5 – 10	25,12
10 – 15	26,72
Rezistența la penetrare a solului, kPa, pe straturi, cm	
0 – 5	63,6
5 – 10	274,6
10 – 15	563,9
Temperatura solului, °C, pe straturi, cm	
0 – 5	19,3
5 – 10	16,4
10 – 15	14,7
Cultura premergătoare	Orz
Adâncimea cultivării presemincere, cm	15

### 3.9. Concluzii la capitolul 3

1. Metodologia cercetărilor experimentale se bazează pe teoria de planificare a experimentului utilizată în cercetarea științifică, aplicată pentru cercetarea secției MSR și organelor de încorporare a semințelor.

2. Au fost elaborate instalații experimentale pentru înregistrarea traiectoriei vârfului organului de încorporare, pentru înregistrarea formei cuibului și deformării stratului de sol, pentru încorporarea semințelor cu forță de inserare diferită.

3. S-a elaborat modalitatea de estimare statistică a proceselor de funcționare a secției MSR în condiții de laborator și de câmp.

4. Metodologia cercetărilor experimentale prevede analiza modelelor matematice prin utilizarea strategiei Box-Behnken.



## 4. REZULTATELE CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE

Prelucrarea datelor experimentale permite de a determina legități de comportare a obiectului luat în studiu precum și de a trage anumite concluzii. De asemenea prelucrarea statistică a datelor experimentale permite reducerea efectelor negative datorate erorilor. Prelucrarea matematică și statistică a datelor s-a efectuat pentru:

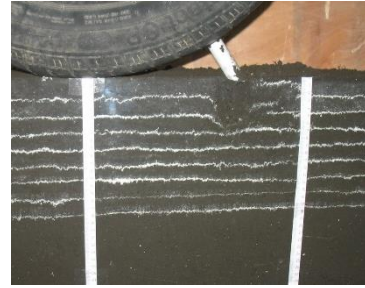
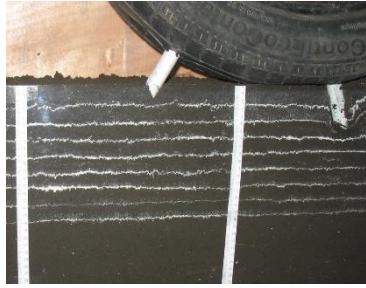
- forma și dimensiunile cuiburilor formate de către organele de încorporare, precum și caracterul deformării și compactării solului;
- rezistența la tracțiune a secției MSR funcție de: lungimea organului de încorporare,  $a$ ,  $cm$ ; numărul organelor de încorporare,  $z$ , *buc*; masa secției MSR,  $m$ ,  $kg$ .

### 4.1. Analiza datelor privind forma și dimensiunile cuiburilor

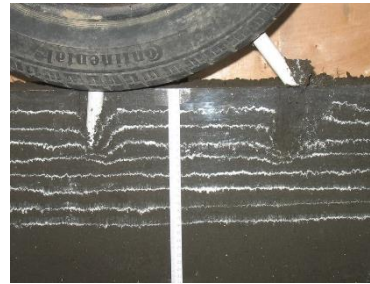
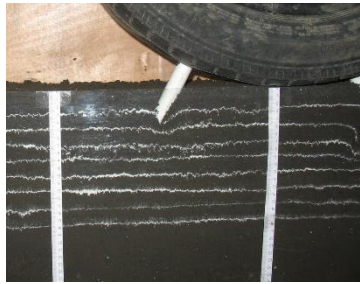
Prelucrarea imaginilor înregistrate (anexa 7, figurile 4.1 – 4.5) ne permite să constatăm următoarele: adâncirea organului de încorporare în sol este însoțită de distrugerea și deformarea acestuia, fiind provocată de forța de greutate a roții. În planul secțiunii verticale a cuibului se evidențiază două zone care se deosebesc după caracterul deformării solului. Prima zonă, limitată de conturul profilului cuibului, are o structură a solului în straturi deteriorate parțial sau total. Pentru aceeași zonă, se observă o compactare laterală a pereților verticali ai cuibului în planul deplasării roții. Zona a doua se evidențiază prin aceea că straturile de sol care se află mai jos de organul de încorporare se deplasează pe seama compactării solului. Urmărind deplasarea orizonturilor prăfuite, compactarea solului în cuib are loc la adâncimea de 6 – 8  $cm$  mai jos de vârful organului de încorporare. S-a stabilit că mărimea stratului compactat de sub cuib nu depinde de lungimea organului de încorporare și poate fi considerat o mărime constantă.



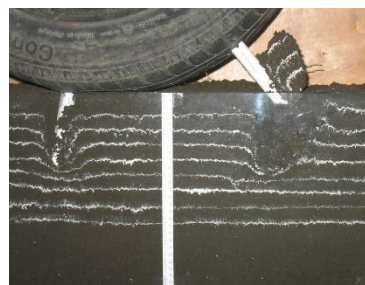
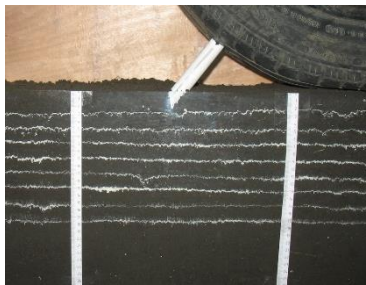
**Fig. 4.1.** Formarea profilului cuibului cu adâncimea de 4  $cm$



**Fig. 4.2.** Formarea profilului cuibului cu adâncimea de 6 *cm*



**Fig. 4.3.** Formarea profilului cuibului cu adâncimea de 8 *cm*



**Fig. 4.4.** Formarea profilului cuibului cu adâncimea de 10 *cm*



**Fig. 4.5.** Formarea profilului cuibului cu adâncimea de 12 *cm*

Așadar, a fost demonstrat experimental că, la intrarea organului de încorporare în sol, sub vârful lui se formează un volum compactat de sol la o adâncime de până la 8 *cm* și cu o arie limitată de secțiunea orizontală a cuibului. Deformarea și deplasarea straturilor prăfuite unul față de altul ne permit să apreciem gradul de compactare a solului sub organul de încorporare. În urma măsurărilor efectuate, s-a stabilit că grosimea straturilor compactate se micșorează, în medie, de 2 ori în comparație cu grosimea lor inițială.

După rostogolirea roții, până la ieșirea organului de încorporare din sol, pe suprafața acestuia rămâne o adâncitură nu prea mare cu o urmă de penetrare, iar prin sticla transparentă se întrezărește conturul cuibului și straturile orizontale prăfuite deplasate în jos. Pentru cuiburile obținute cu organe de încorporare cu lungimea de 8 – 12 cm (figurile 4.4 – 4.5), se observă ruperea straturilor orizontale prăfuite în partea de sus.

Totodată, apare mișcarea solului în partea opusă direcției de mișcare a secției – circa 1,0 – 3,0 cm, provocată de ieșirea organului de lucru din sol. Organele de încorporare cu lungimea de până la 10 cm formează cuiburi cu lățimea de 7 – 8 cm, iar pentru organele cu lungimea de 12 cm, lățimea cuiburilor creștea până la 16 cm, astfel mărindu-se de 2 ori. Formarea acestor cuiburi nu este dorită, deoarece, conform cerințelor agrotehnice, adâncimea de încorporare nu trebuie să depășească 10 cm. Din acest motiv, nu se recomandă organe de încorporare mai lungi de 10 cm.

Deoarece traiectoriile obținute experimental aveau înclinarea buclei, se presupune că și formele cuiburilor vor avea formă înclinată. În cadrul experimentelor privind forma cuiburilor, această presupunere nu s-a adeverit. În majoritatea cazurilor, profilul conturului cuibului avea orientare verticală. La general, profilurile cuiburilor obținute în toate fazele experimentale aveau forma unei adâncituri cilindrice. Această formă a cuiburilor este caracteristică numai în condițiile în care mișcarea de intrare și de ieșire a organului de încorporare în/din sol are, prioritar, orientare verticală.

Așadar, au fost confirmate în mod experimental presupunerile teoretice ale caracteristicilor cinematice ale organelor de încorporare, amplasate pe cerc, care se manifestau prin deformarea și compactarea locală a solului și formarea patului germinativ pentru sămânță.

#### **4.2. Analiza regresională a procesului de funcționare a secțiilor de lucru ale MSR (experimentală) și cu brăzdar de tip patină (analog)**

Mărimile înregistrate ale rezistențelor la tracțiune ale secției MSR (experimentală) au fost analizate și au fost determinate valorile medii, care sunt prezentate în tabelul 4.1. Rezistențele la tracțiune ale secției mașinii de semănat cu brăzdar (standard SPC-6 [90]) sunt prezentate în tabelul 4.2.

Cu ajutorul softului specializat Minitab versiunea 17 [81], au fost obținute ecuațiile de regresie pentru secția MSR pentru trei viteze de lucru.

Ecuția de regresie pentru treapta I ( $v_1 = 0,47 \text{ m/s} = 1,7 \text{ km/h}$ ) are forma:

$$\begin{aligned} \text{codată} \quad Y_1 &= 738 - 30,2X_1 - 125,6X_2 - 13,4X_3 + 2,61X_1^2 + 5,37X_2^2 + \\ &+ 0,227X_3^2 + 2,86X_1X_2 - 0,767X_1X_3 + 1,263X_2X_3, \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \text{naturală} \quad P_1 &= 738 - 30,2a - 125,6z - 13,4m + 2,61a^2 + 5,37z^2 + \\ &+ 0,227m^2 + 2,86az - 0,767am + 1,263zm. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Valorile coeficienților ecuației de regresie sunt prezentate în anexa 2 (tabelele 2.1 – 2.3).

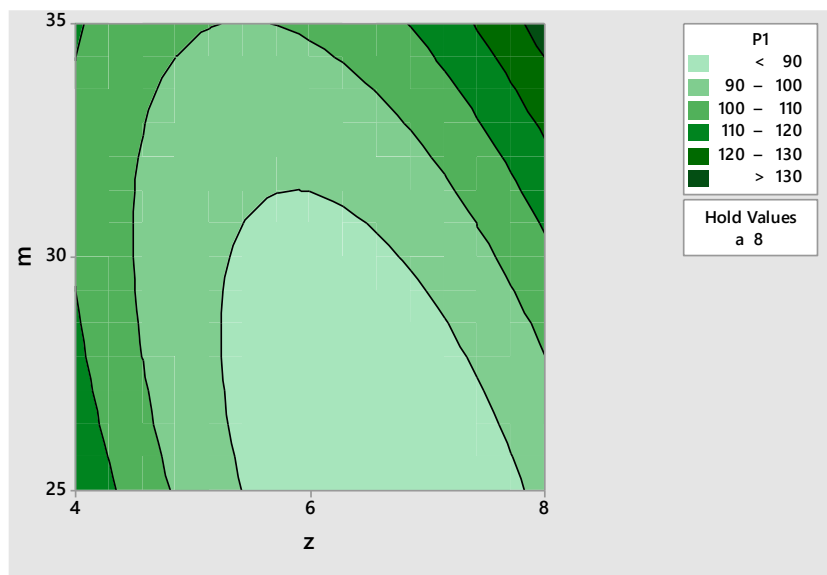
**Tabelul 4.1. Rezistența medie la tracțiune a secției MSR**

Nr.	Rezistența la tracțiune a secției MSR $P_s, N$ , pentru treptele de viteză		
	$v_I = 0,47 \text{ m/s}$	$v_{II} = 0,91 \text{ m/s}$	$v_{III} = 1,7 \text{ m/s}$
1	112,1502	108,7688	115,3791
2	128,4899	104,669	119,0002
3	86,79952	94,05722	93,39199
4	148,9297	146,2267	150,4321
5	82,86317	92,28356	86,8876
6	105,3057	115,1324	88,4355
7	116,6492	116,1496	105,601
8	108,4113	108,6674	100,5424
9	119,4344	114,5741	108,0561
10	93,49483	104,3774	94,39348
11	109,9028	123,6155	127,0148
12	134,4887	136,6809	150,5649
13	104,0117	138,1073	123,9897
14	84,70979	72,08813	78,47821
15	72,79671	81,89212	84,00876
	107,2292	110,486	108,4117

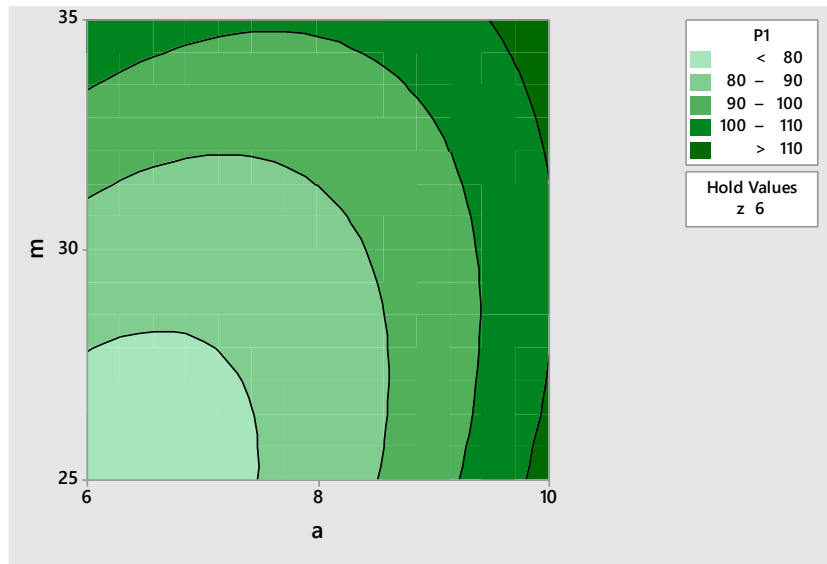
**Tabelul 4.2. Rezistența medie la tracțiune a secției mașinii de semănat cu brăzdar**

Nr.	Rezistența la tracțiune a secției mașinii de semănat cu brăzdar $P_s, N$ , pentru treptele de viteză		
	$v_I = 0,47 \text{ m/s}$	$v_{II} = 0,91 \text{ m/s}$	$v_{III} = 1,7 \text{ m/s}$
1	302,8642	277,3849	312,4755
2	324,5384	270,7194	288,2342
3	308,2863	276,4354	266,2549
	311,8963	274,8466	288,9882

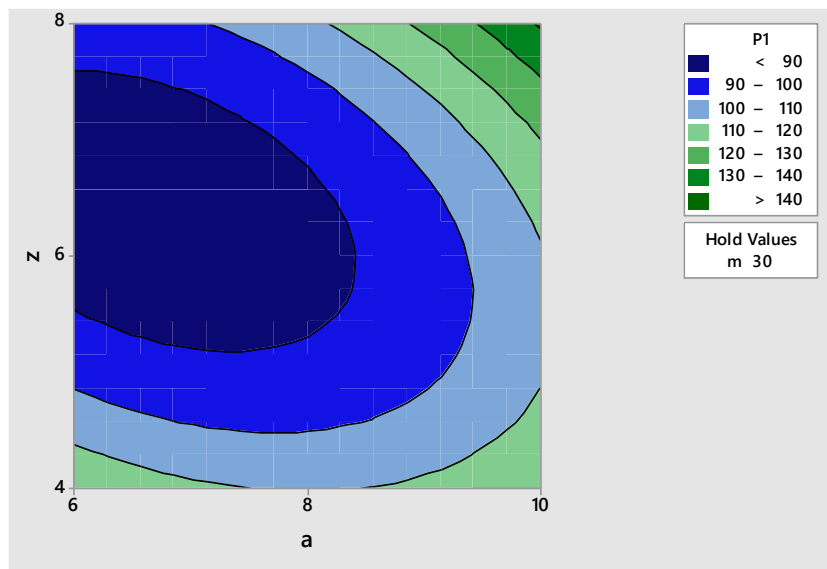
În baza ecuației 4.1 s-a realizat reprezentarea grafică a funcției de răspuns pentru diferite secțiuni (figura 4.6, a, b, c).



a – rezistența la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de masa secției ( $m$ ) și de numărul organelor de încorporare ( $z$ );



*b* – rezistența la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de masa secției ( $m$ ) și de lungimea organelor de încorporare ( $a$ );



*c* – rezistența la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de numărul organelor de încorporare ( $z$ ) și de lungimea organelor de încorporare ( $a$ ).

**Fig. 4.6.** Reprezentarea grafică a funcției de răspuns a ecuației de regresie pentru  $v_1 = 0,47 \text{ m/s} = 1,7 \text{ km/h}$ .

Din analiza graficelor se observă:

- valoarea minimă a rezistenței  $P_s < 90 \text{ N}$  se atestă pentru masa secției  $m = 25 \text{ kg}$  și numărul organelor de încorporare  $z = 6$  buc. (centru  $X_2 = 7$ ,  $X_3 = 26$ , figura 4.6, *a*);
- valoarea minimă a rezistenței  $P_s < 80 \text{ N}$  se atestă pentru masa secției  $m = 25 \text{ kg}$  și lungimea organelor de încorporare  $a = 6 \text{ cm}$  (centru  $X_1 = 5,5$ ,  $X_3 = 22,5$ , figura 4.6, *b*);
- valoarea minimală a rezistenței  $P_s < 90 \text{ N}$  se atestă pentru numărul organelor de încorporare  $z = 6$  buc. și lungimea organelor de încorporare  $a = 6 \text{ cm}$  (centru  $X_1 = 7$ ,  $X_2 = 6,5$ , figura 4.6, *a*).

Așadar, constatăm că valorile optime ale factorilor de influență sunt: masa secției  $m = 25$  kg, numărul organelor de încorporare  $z = 6$  buc. și lungimea organelor de încorporare  $a = 6$  cm.

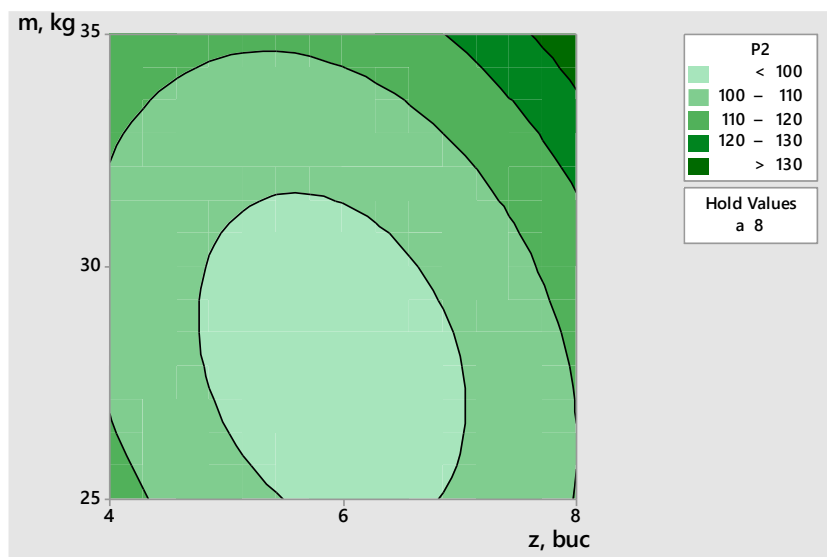
Ecuția de regresie pentru treapta a II-a ( $v_{II} = 0,91$  m/s = 3,3 km/h) are forma:

$$\begin{aligned} \text{codată} \quad Y_{II} = & 569 - 3,0X_1 - 85,5X_2 - 16,4X_3 + 0,54X_1^2 + 3,48X_2^2 + \\ & + 0,342X_3^2 + 3,52X_1X_2 - 0,76X_1X_3 + 0,58X_2X_3, \end{aligned} \quad (4.3)$$

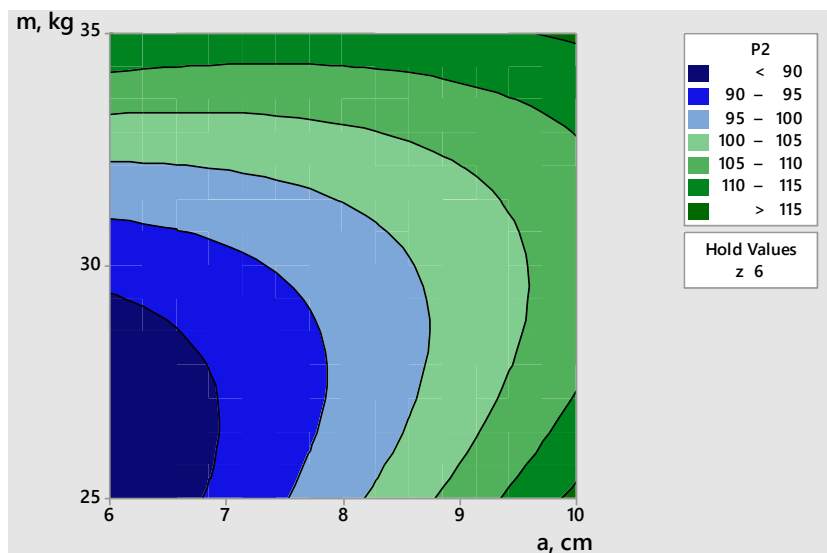
$$\begin{aligned} \text{naturală} \quad P_{II} = & 569 - 3,0a - 85,5z - 16,4m + 0,54a^2 + 3,48z^2 + \\ & + 0,342m^2 + 3,52az - 0,76am + 0,58zm. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Valorile coeficienților ecuației de regresie sunt prezentate în anexa 2 (tabelele 2.4 – 2.7).

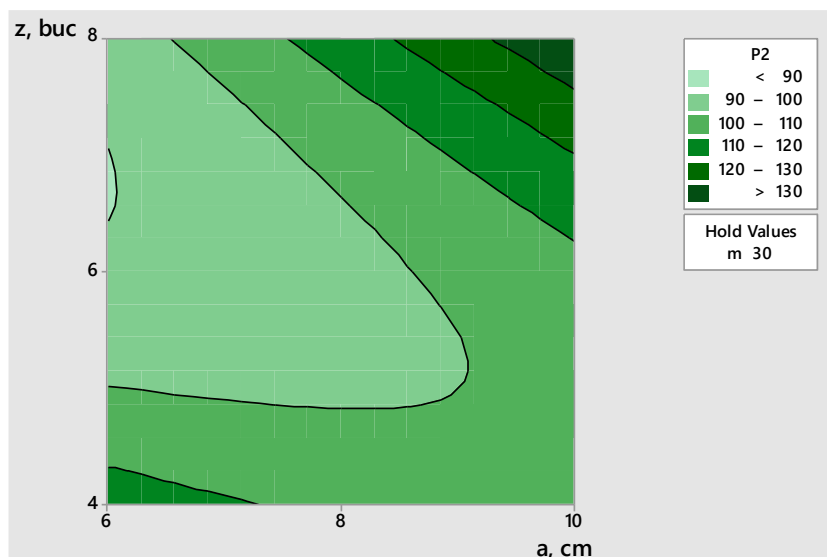
În baza ecuației 4.3 s-a realizat reprezentarea grafică a funcției de răspuns pentru diferite secțiuni (figura 4.7, a, b, c).



a – rezistența la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de masa secției ( $m$ ) și de numărul organelor de încorporare ( $z$ );



b – rezistența la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de masa secției ( $m$ ) și de lungimea organelor de încorporare ( $a$ );



$c$  – rezistența la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de numărul organelor de încorporare ( $z$ ) și de lungimea organelor de încorporare ( $a$ ).

**Fig. 4.7.** Reprezentarea grafică a funcției de răspuns a ecuației de regresie pentru  $v_{II} = 0,91 \text{ m/s} = 3,3 \text{ km/h}$ .

Din analiza graficelor se observă că:

- valoarea minimă a rezistenței  $P_s < 100 \text{ N}$  se atestă pentru masa secției  $m = 25 \text{ kg}$  și numărul organelor de încorporare  $z = 6 \text{ buc.}$  (centru  $X_2 = 6, X_3 = 27,5$ , figura 4.7, a);
- valoarea minimă a rezistenței  $P_s < 90 \text{ N}$  se atestă pentru masa secției  $m = 25 \text{ kg}$  și lungimea organelor de încorporare  $a = 6 \text{ cm}$  (centru  $X_1 = 4, X_3 = 22,5$ , figura 4.7, b);
- valoarea minimă a rezistenței  $P_s < 90 \text{ N}$  se atestă pentru numărul organelor de încorporare  $z = 8 \text{ buc.}$  și lungimea organelor de încorporare  $a = 6 \text{ cm}$  (centru  $X_1 = 4, X_2 = 8$ , figura 4.7, a).

Din această analiză constatăm că valorile optime ale factorilor de influență sunt: masa secției  $m = 25 \text{ kg}$ , numărul organelor de încorporare  $z = 6; 8 \text{ buc.}$  și lungimea organelor de încorporare  $a = 6 \text{ cm}$ .

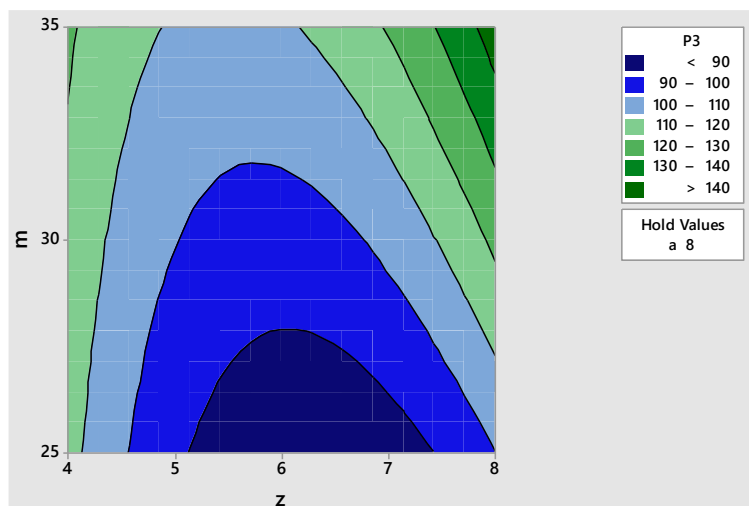
Ecuația de regresie pentru treapta a III-a ( $v_{III} = 1,7 \text{ m/s} = 6,1 \text{ km/h}$ ) are forma:

$$\begin{aligned} \text{codată} \quad Y_{III} = & 489 - 10,3X_1 - 126,5X_2 - 2,0X_3 - 0,07X_1^2 + 6,09X_2^2 + \\ & + 0,007X_3^2 + 3,34X_1X_2 - 0,165X_1X_3 + 0,930X_2X_3, \end{aligned} \quad (4.5)$$

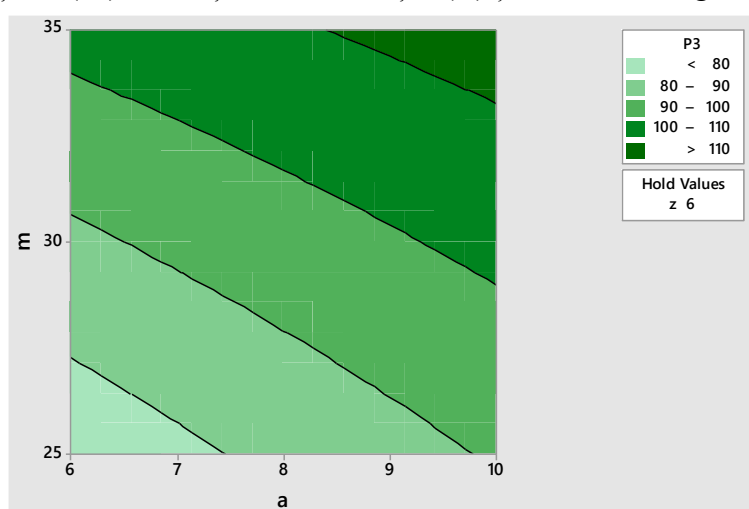
$$\begin{aligned} \text{naturală} \quad P_{III} = & 489 - 10,3a - 126,5z - 2,0m - 0,07a^2 + 6,09z^2 + \\ & + 0,007m^2 + 3,34az - 0,165am + 0,930zm. \end{aligned} \quad (4.6)$$

Valorile coeficienților ecuației de regresie sunt prezentate în anexa 2 (tabelele 2.8 – 2.10).

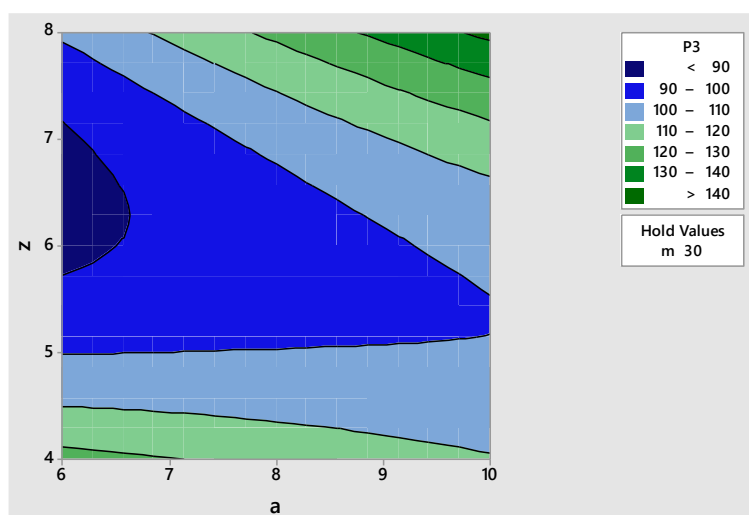
În baza ecuației 4.5 s-a realizat reprezentarea grafică a funcției de răspuns pentru diferite secțiuni (figura 4.8, a, b, c).



a – rezistență la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de masa secției ( $m$ ) și de numărul organelor de încorporare ( $z$ );



b – rezistență la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de masa secției ( $m$ ) și de lungimea organelor de încorporare ( $a$ );



c – rezistență la tracțiune ( $P_s$ ) în funcție de numărul organelor de încorporare ( $z$ ) și de lungimea organelor de încorporare ( $a$ ).

**Fig. 4.8.** Reprezentarea grafică a funcției de răspuns a ecuației de regresie pentru  $v_{III} = 1,7 \text{ m/s} = 6,1 \text{ km/h}$ .



Analizând reprezentările grafice (figurile 4.6 – 4.8), putem concluda că:

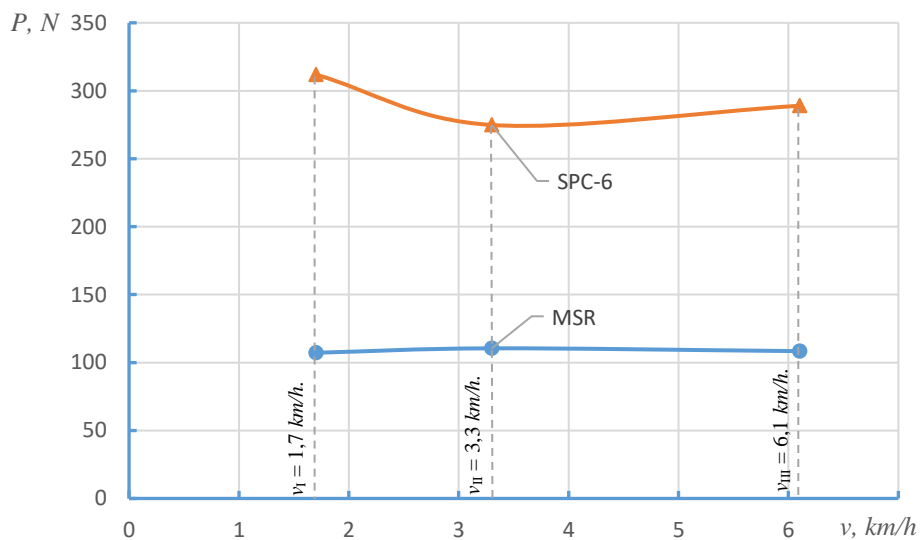
– valoarea minimă a rezistenței  $P_s < 90 N$  se atestă pentru masa secției  $m = 25 kg$  și numărul organelor de încorporare  $z = 6$  buc. (centru  $X_2 = 6, X_3 = 17,5$ , figura 4.6, a);

– valoarea minimă a rezistenței  $P_s < 80 N$  se atestă pentru masa secției  $m = 25 kg$  și lungimea organelor de încorporare  $a = 6 cm$  (centru  $X_1 = 4, X_3 = 20$ , figura 4.6, b);

– valoarea minimă a rezistenței  $P_s < 90 N$  se atestă pentru numărul organelor de încorporare  $z = 6$  buc. și lungimea organelor de încorporare  $a = 6 cm$  (centru  $X_1 = 4, X_2 = 7$ , figura 4.6, a);

Finalmente, constatăm că valorile optime ale factorilor de influență sunt: masa secției  $m = 25 kg$ , numărul organelor de încorporare  $z = 6$  buc. și lungimea organelor de încorporare  $a = 6 cm$ .

Pentru rezistențele la tracțiune a secției MSR și a secției mașinii de semănat cu brăzdar s-a construit graficul comparativ pentru cele 3 viteze (figura 4.9).



**Fig. 4.9.** Rezistența la tracțiune a secției MSR și a secției mașinii de semănat cu brăzdar patină (SPC-6)

Din graficul comparativ al rezistențelor la tracțiune se observă că, pentru secția MSR, rezistența la tracțiune este în zona de 100 N și este aproximativ de 2 ori mai mică decât rezistența la tracțiune a secției mașinii de semănat cu brăzdar (SPC-6), stabilită în zona de 300 N, [95].

### 4.3. Analiza dispersională a procesului de funcționare a secțiilor de lucru ale MSR și cu brăzdar de tip patină

Calitatea procesului de lucru al unei semănători secționale depinde în mare măsură de stabilitatea funcționării secțiilor de lucru, care determină uniformitatea de încorporare a semințelor și de care depind fazele de dezvoltare ale plantelor. În procesul de funcționare a unui agregat de semănat,

variația rezistenței solului și a reliefului câmpului determină secțiile de lucru să oscileze în planul longitudinal-vertical și acest din urmă fapt conduce la o funcționare instabilă a organelor de încorporare a semințelor în sol. Odată cu mărirea vitezei de lucru a mașinii, procesul oscilatoriu al secției se mărește. Crește și amplitudinea oscilațiilor în planul longitudinal-vertical, influențând negativ procesul de încorporare a semințelor în sol. De aceea, din punct de vedere al calității operației de semănat, indicele energetic este mai puțin semnificativ, comparativ cu uniformitatea adâncimii de încorporare a semințelor în sol. Din aceste considerente, unul din obiectivele cercetărilor experimentale a fost studiul procesului de funcționare a secțiilor de lucru din punctul de vedere al stabilității, prin estimarea acestui fenomen cu ajutorul caracteristicilor numerice și probabilistice ale proceselor de funcționare ale secțiilor de lucru pentru diferite regimuri de funcționare. Pentru valorile înregistrate ale rezistenței la tracțiune a secțiilor de încorporare, au fost calculate caracteristicile numerice ale procesului de funcționare, acestea fiind prezentate în tabelul 4.3.

**Tabelul 4.3. Caracteristicile numerice ale proceselor de funcționare ale secțiilor de încorporare cercetate**

Tipul secției de lucru	Regimul de lucru	$m_y$	$\sigma_y$	$V_y$	$A_y$	$E_y$
Secția standard (SPC-6)	$v = 0,47 \text{ m/s}, a = 6 \text{ cm}$	306,5	86,7	28	-0,22	2,20
	$v = 0,91 \text{ m/s}, a = 6 \text{ cm}$	316	88,79	28,1	-0,16	2,28
	$v = 1,71 \text{ m/s}, a = 6 \text{ cm}$	323	100	31	-0,12	2,23
Secția experimentală cu 6 organe de lucru și cu $m = 35 \text{ kg}$ (MSR)	$v = 0,47 \text{ m/s}, a = 6 \text{ cm}$	132,5	25	19	0,68	2,44
	$v = 0,91 \text{ m/s}, a = 6 \text{ cm}$	140,5	31	22	0,71	2,35
	$v = 1,71 \text{ m/s}, a = 6 \text{ cm}$	143,5	34	23,85	0,76	2,55

*Legendă:  $m_y$  – speranța matematică;  $\sigma_y$  – abaterea medie pătratică;  $V_y$  – coeficientul de variație;  $A_y$  – coeficientul de asimetrie;  $E_y$  – coeficientul de boltire (aplatizare).*

Analizând datele din tabelul 4.3 și luând în considerare ipoteza repartiției normale a variabilei aleatorii  $y = f(t, x)$ , constatăm că pentru secția de lucru standard, coeficientul de asimetrie are o deplasare spre stânga ( $A_y = -0,22 \dots -0,12$ , pe când repartiția normală standard se caracterizează prin valoarea coeficientului  $A_y = 0$ ), speranța matematică, la fel, este deplasată în stânga (valoarea maximă a probabilității repartiției). Astfel, valorile mici ale variabilei aleatorii au o pondere majoră comparativ cu valorile mari. Acest fapt se explică prin tendința de desfundare a secției de lucru cu brăzdar din cauza componentei reacției verticale a solului; prin urmare, putem considera că secția de lucru standard încorporează semințele preponderent la adâncimi mai mici decât valoarea agrotehnică, ceea ce poate provoca uscarea nodurilor de încolțire a semințelor (semințele nimeresc în stratul de sol cu o umiditate redusă) și o răsărire a plantelor mai puțin uniformă. Valorile dispersiilor ne demonstrează o împrăștiere a mărimilor variabilei într-un spectru destul de larg. Odată cu creșterea vitezei de lucru, gradul de

împrăștiere se mărește ( $\sigma_y = 86 \dots 100 N$ ). Din cauza valorilor mari ale dispersiilor, repartiția probabilității variabilei aleatorii este mai turtită decât repartiția normală standard (valoarea coeficientului  $E_y$  se află în limita a 2,2 ... 2,28, pe când repartiția normală standard se caracterizează prin valoarea  $E_y = 3$ ). Deci, putem constata că valorile aleatorii ale procesului de funcționare oscilează în limite destul de mari din motivul că secția de lucru este esențial influențată de variația proprietăților fizico-mecanice ale solului și de componenta verticală a reacției solului, care impune secția să vibreze și, astfel, funcționarea ei este instabilă, ceea ce provoacă, în final, o încorporare mai puțin uniformă a semințelor în sol.

Totodată, din tabelul 4.3 se observă că, pentru secția de lucru a MSR (experimentală) repartiția probabilității variabilei aleatorii  $y = f(t, x)$  are o asimetrie de dreapta (valoarea coeficientului  $A_y = 0,68 \dots 0,76$ ), speranța matematică în acest caz este deplasată în dreapta față de valoarea modală. Deci, ponderea valorilor mari ale variabilei este mai semnificativă decât ale valorilor mici. Acest fapt se explică prin tendința de înfundare a secției, care este provocată de masa secției și, deci, factorul decisiv este forța gravitațională a secției. Așadar, se poate presupune că, pentru cazul cercetat, forța gravitațională a secției este mai mare decât reacția verticală a solului asupra organului de încorporare a semințelor. Din acest motiv, putem cu fermitate constata că o bună parte din semințe vor fi încorporate la adâncimi mai mari decât adâncimea agrotehnică și, deci, vor nimeri în stratul de sol cu o umiditate mai ridicată. În acest caz, condițiile de încolțire a semințelor nu se înrăutățesc (ca în cazul secției standard) ci, dimpotrivă, se vor îmbunătăți și răsărirea plantelor va fi mai favorabilă.

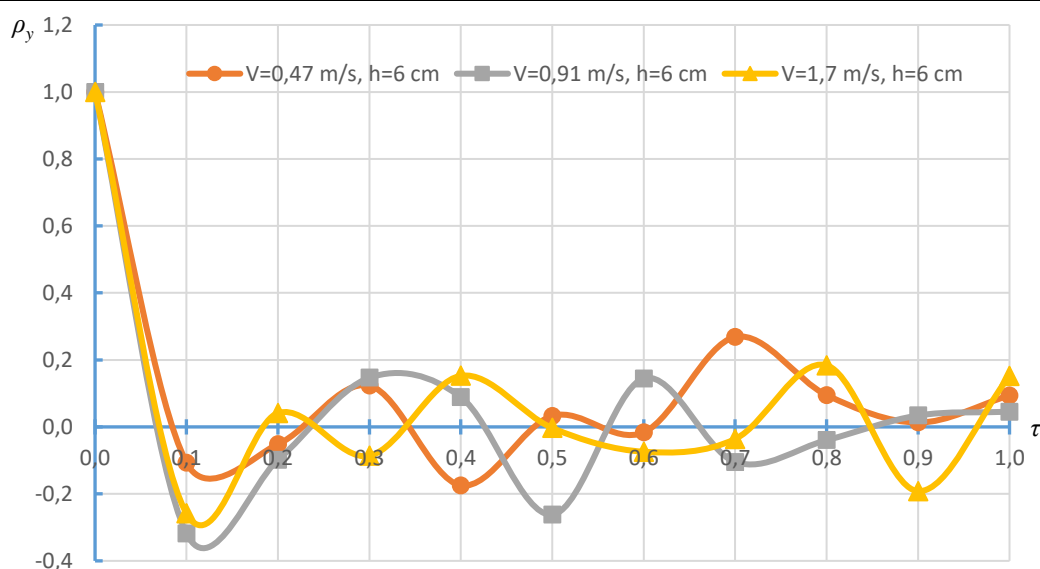
În baza celor expuse, putem concluziona că un neajuns esențial al secțiilor de lucru (atât al secției standard, cât și al celei experimentale) supuse încercărilor este abaterea adâncimii de lucru de la valoarea agrotehnică. Însă, dacă în cazul secției standard acest indice conduce la o înrăutățire a condițiilor de încolțire a semințelor, atunci pentru secția experimentală, dimpotrivă, contribuie la o îmbunătățire a condițiilor de încolțire. În afară de aceasta, dacă considerăm adâncimea de încorporare mai mare decât adâncimea agrotehnică drept neajuns, atunci în cazul secției experimentale el poate fi înlăturat prin elemente constructive simple, comparativ cu cazul secției standard, la care instabilitatea de funcționare este imposibil de înlăturat prin elemente constructive. Efectul de înfundare a secției experimentale va fi mai accentuat în condițiile în care solul este bine afânat și, mai puțin, în solurile slab afânate, iar pentru solurile neprelucrate înainte de semănat (tehnologiile conservative no till sau mini till), efectul de înfundare va dispărea de la sine sau va fi stopat de densitatea acestor soluri. Funcționarea mai stabilă a secției experimentale este demonstrată și de valorile dispersiilor, care pentru secția experimentală este de 2 ... 3 ori mai mică decât pentru secția standard. Faptul acesta a contribuit la o mărire a coeficientului de exces (boltire) a cărui valoare este mai aproape (la secția experimentală) de valoarea acestui coeficient pentru o repartiție normală standard, la care trebuie să pretindem prin perfecționarea procesului de funcționare și a construcției secției de lucru.

Caracterul desfășurării procesului de funcționare a secțiilor de lucru poate fi apreciat din analiza caracteristicilor probabilitice (funcției de corelație și densității spectrale).

Caracterul desfășurării funcțiilor de corelație (figurile 4.10 și 4.11) este practic identic pentru toate cele trei regimuri de funcționare atât la secția experimentală, cât și la secția standard, însă un caracter oscilatoriu armonic mai esențial se observă la secția experimentală și mai puțin armonic – la secția standard. Acest fapt se explică prin influența mai accentuată a factorilor aleatorii asupra procesului de funcționare a secției standard, care provoacă unele perturbații în procesul de lucru. O corelație mai bună se observă la brăzdarul standard pentru viteza de lucru  $v = 0,47 \text{ m/s}$ . Odată cu mărirea vitezei de lucru, corelația dintre ordonate scade neesențial și se află în limitele suficiente pentru agregatele agricole ( $\rho_x(\tau) \geq 0,05$ ). Acest lucru se observă și la brăzdarul experimental, însă oscilațiile sunt mai armonice, iar valorile corelației, atât cele pozitive cât și cele negative, sunt în limita valorilor considerate suficiente pentru agregatele agricole pe tot intervalul de deplasare ( $\tau = 0,1 \dots 1,0 \text{ s}$ ). La secția experimentală, cea mai mare corelație o avem pentru  $\tau_k < 0,08$  și ea atinge valoarea maximă  $\rho_x(\tau) = 1$  pentru  $\tau_k = 0$ . Deci, putem afirma că pentru  $\tau_k < 0,08$ , vom avea o corelație liniară, începând cu  $\tau_k > 0,08$ , modul de corelație ar putea fi determinat numai printr-o analiză regresională.

**Tabelul 4.4. Valorile coeficienților funcției de corelație normate a procesului de lucru al secției experimentale**

	$\tau$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\rho_y(\tau), (v = 0,41 \text{ m/s})$	1,00	-0,11	-0,05	0,12	-0,17	0,03	-0,02	0,27	0,10	0,01	0,09
$\rho_y(\tau), (v = 0,91 \text{ m/s})$	1,00	-0,32	-0,10	0,15	0,09	-0,26	0,14	-0,10	-0,04	0,03	0,05
$\rho_y(\tau), (v = 1,7 \text{ m/s})$	1,00	-0,26	0,04	-0,09	0,15	0,00	-0,07	-0,04	0,18	-0,19	0,15

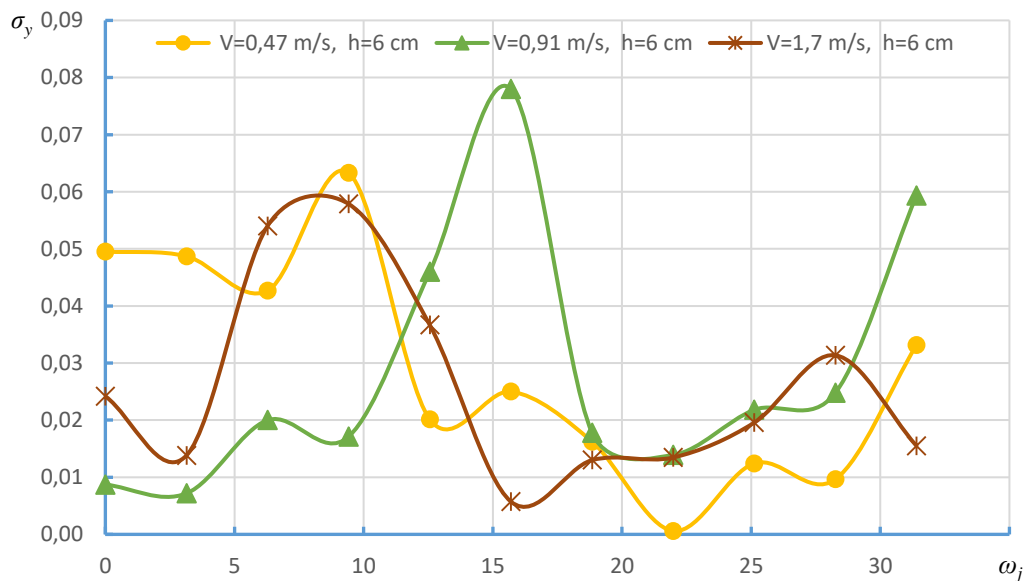


**Fig. 4.10.** Reprezentarea grafică a funcției de corelație normate a procesului de funcționare a secției experimentale a MSR

Caracterul identic de desfășurare a procesului de funcționare atât a secției experimentale, cât și a secției standard pentru toate cele trei regimuri de lucru ne demonstrează și funcțiile densității spectrale (figurile 4.10 și 4.11). Deoarece caracterul multimodular este mai mare la secția standard, se observă trei module esențiale la frecvențele  $\omega_j = 6 s^{-1}$ ,  $\omega_j = 13 s^{-1}$  și  $\omega_j = 22 s^{-1}$  pentru toate cele trei regimuri de lucru. Odată cu creșterea vitezei de lucru, puterea dispersiilor la frecvențele menționate se mărește și acestea sunt mai neomogene. Din aceste motive, procesul de funcționare devine mai instabil, deoarece devine mai influențat de oscilațiile verticale ale secției de lucru. Concentrația dispersiei pentru cele trei tipuri de frecvențe provoacă efecte negative în procesul de funcționare (vibrații, zgomote etc.), ceea ce contribuie la reducerea fiabilității pieselor secției de lucru.

**Tabelul 4.5. Calculul densității spectrale normate a procesului de lucru a secției experimentale**

	$\omega_j$										
	0	3,14	6,28	9,42	12,56	15,7	18,84	21,98	25,12	28,26	31,4
$\sigma_y(\omega_j), (v = 0,41 m/s)$	0,050	0,049	0,043	0,063	0,020	0,025	0,016	0,001	0,012	0,010	0,033
$\sigma_y(\omega_j), (v = 0,91 m/s)$	0,009	0,007	0,020	0,017	0,046	0,078	0,018	0,014	0,022	0,025	0,059
$\sigma_y(\omega_j), (v = 1,7 m/s)$	0,024	0,014	0,054	0,058	0,037	0,006	0,013	0,013	0,020	0,031	0,016
	0	$\pi$	$2\pi$	$3\pi$	$4\pi$	$5\pi$	$6\pi$	$7\pi$	$8\pi$	$9\pi$	$10\pi$



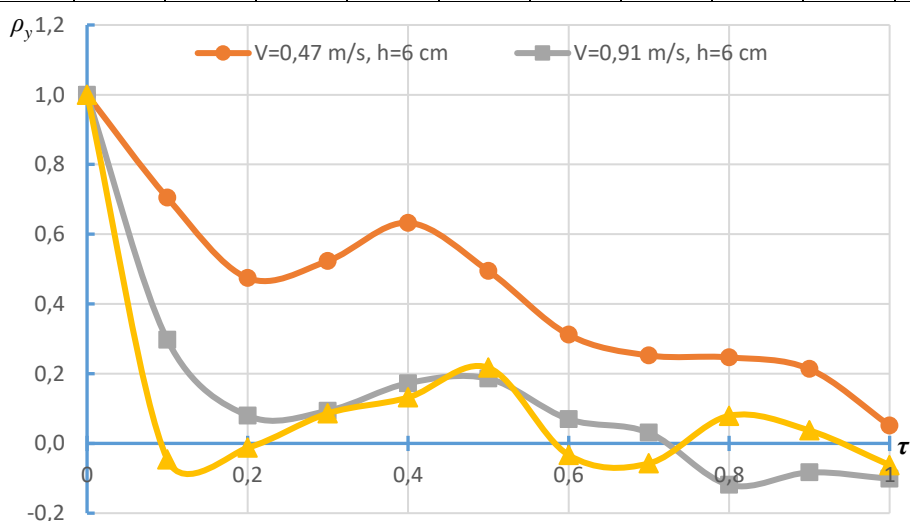
**Fig. 4.11.** Reprezentarea grafică a funcției densității spectrale normate a procesului de funcționare a secției experimentale

Procesul de funcționare a secției experimentale este cu mult mai stabil comparativ cu secția standard. Acest fapt este confirmat și de funcția densității spectrale (figura 4.12), care este caracterizată prin mai puține module evidențiate la toate cele trei regimuri de lucru. La vitezele de lucru  $v = 0,47 m/s$  și  $v = 0,71 m/s$ , funcțiile densității spectrale au câte un singur modul

evidențiat, respectiv, la frecvențele  $\omega_j = 9 \text{ s}^{-1}$  și  $\omega_j = 16 \text{ s}^{-1}$ . La viteza de lucru  $v = 1,7 \text{ m/s}$ , funcția densității spectrale este caracterizată de două module evidențiate la frecvențele  $\omega_j = 8 \text{ s}^{-1}$  și  $\omega_j = 28 \text{ s}^{-1}$ , precum modulul unde se concentrează o energie mai mare a procesului este de frecvență joasă ( $\omega_j = 8 \text{ s}^{-1}$ ), iar al doilea modul de frecvență înaltă are o putere de 2 ori mai mică. Deci, energia cea mai mare a procesului de funcționare a secției experimentale este concentrată la frecvențe joase. Acest fapt și caracterul practic unimodular al funcției densității spectrale ne demonstrează că secția experimentală este mai puțin influențată de componentele sinusoidale cu amplitudini mari, ceea ce ne permite cu fermitate să confirmăm funcționarea stabilă a secției.

**Tabelul 4.6. Calculul funcției de corelație normale a procesului de lucru a secției standard**

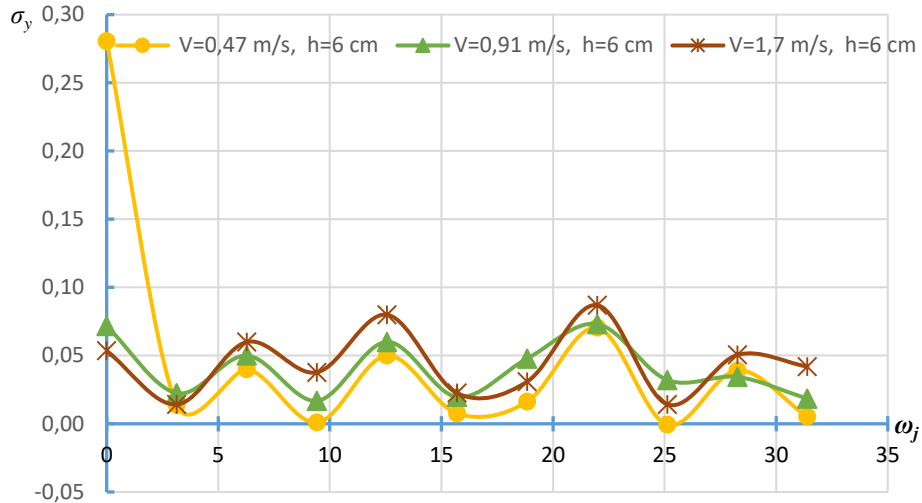
	$\tau$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\rho_y(\tau), (v = 0,41 \text{ m/s})$	1,00	0,70	0,47	0,52	0,63	0,49	0,31	0,25	0,25	0,21	0,05
$\rho_y(\tau), (v = 0,91 \text{ m/s})$	1,00	0,30	0,08	0,09	0,17	0,19	0,07	0,03	-0,12	-0,08	-0,10
$\rho_y(\tau), (v = 1,7 \text{ m/s})$	1,00	-0,05	-0,01	0,09	0,13	0,22	-0,03	-0,06	0,08	0,04	-0,06



**Fig. 4.12.** Reprezentarea grafică a funcției de corelație normale a procesului de funcționare a secției standard

**Tabelul 4.7. Calculul densității spectrale normale a procesului de lucru al secției standard**

	$\omega_j$										
	0	3,14	6,28	9,42	12,56	15,7	18,84	21,98	25,12	28,26	31,4
$\sigma_y(\omega_j), (v = 0,41 \text{ m/s})$	0,281	0,014	0,019	0,001	0,006	0,008	0,016	0,070	-0,001	0,039	0,005
$\sigma_y(\omega_j), (v = 0,91 \text{ m/s})$	0,072	0,022	0,030	0,017	0,022	0,020	0,048	0,073	0,032	0,034	0,018
$\sigma_y(\omega_j), (v = 1,7 \text{ m/s})$	0,053	0,014	0,034	0,038	0,032	0,023	0,031	0,032	0,014	0,051	0,042
	0	$\pi$	$2\pi$	$3\pi$	$4\pi$	$5\pi$	$6\pi$	$7\pi$	$8\pi$	$9\pi$	$10\pi$



**Fig. 4.13.** Reprezentarea grafică a funcției densității spectrale normale a procesului de funcționare a secției standard

Odată cu mărirea vitezei de lucru în intervalul frecvențelor  $\omega_j = 3 \text{ s}^{-1} \dots 20 \text{ s}^{-1}$ , curbele densității spectrale a procesului de funcționare a secției experimentale (figura 4.13) se apropie tot mai mult de forma curbei Gauss, ceea ce ne indică că procesul de funcționare este cu mult mai aproape de procesele normale standard. În afară de aceasta, analiza dispersională ne permite să concluzionăm că, în cazul utilizării secției experimentale, operația de semănat se realizează cu indici calitativi mai înalți și la viteze de lucru majorate comparativ cu secția standard.

#### 4.4. Pregătirea și prelucrarea informației rezultatelor experimentale

##### 4.4.1. Pregătirea informației

Masivul de ordonate  $N = 110$ , pasul de discretizare  $\Delta t = 0,05$  (pentru agregatele agricole mobile  $\Delta t = 0,04 \dots 0,1 \text{ s}$ ), pasul deplasării corelației  $\Delta \tau$  ( $\Delta \tau = \Delta t$ ), deplasarea pe axa  $x - (\tau = m \cdot \Delta t)$ ,  $m = 0, 1, 2, 3, 4, \dots m_{\max}$  este un număr care determină mărirea deplasării pe axa  $x$ , deplasarea maximă  $\tau_{\max}$  ( $\tau_{\max} = m_{\max} \Delta t$ ) care determină numărul teoretic al coeficienților de corelație și, respectiv, numărul de puncte prin care se obține curba funcției de corelație.

Numărul maxim  $m_{\max}$  pentru procesele agregatelor agricole, în majoritatea cazurilor, poate fi îndestulător să alcătuiască 10% din masivul de ordonate al realizării, deci  $m_{\max} = 0,1 N = 0,1 \cdot 110 = 11$ . Pentru comoditate admitem mărirea  $m_{\max} = 10$ . Se determină numărul de clase  $k$  cu relația:

$$k = 1 + 3,32 \lg N = 1 + 3,32 \cdot 2,04 = 7,78 \approx 8,$$

$$\text{intervalul dintre clase } \Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k}. \quad (4.7)$$

Apoi se determină granița claselor:

$$[y_{\min} + \Delta y, y_{\min} + 2\Delta y], \dots, [y_{\min} + k\Delta y, y_{\max}]. \quad (4.8)$$

Se enumeră ordonatele „ $n_i$ ” care nimeresc în fiecare interval de clasă. Frecvența ordonatelor (valorilor experimentului în intervalul de clasă „ $k_i$ ”) se determină cu relația:

$$p_i(y) = \frac{n_i}{N}. \quad (4.9)$$

#### 4.4.2. Determinarea caracteristicilor numerice ale procesului $y_i(t)$

**Pentru regimul de lucru al secției standard  $v = 0,47 \text{ m/s}$  și  $a = 6 \text{ cm}$ :**

$$\text{intervalul dintre clase } \Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k} = \frac{490 - 130}{8} = 45N.$$

**Tabelul 4.8. Valorile medii  $y_i^{med}$  și frecvența valorilor  $p_i(y)$  ordonatelor din clasele respective (Secția standard: viteza de lucru  $v = 0,47 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ )**

Numărul de clase $k$	Variabila $y(t)$			
	$y_1$	$y_2$	$y_i^{med}$	$p_i(y)$
1	130	175	152,5	0,09
2	175	220	197,5	0,12
3	220	265	242,5	0,08
4	265	310	287,5	0,16
5	310	355	332,5	0,22
6	355	400	377,5	0,2
7	400	445	422,5	0,08
8	445	490	467,5	0,05
				$\Sigma p_i(y) = 1$

În baza realizării și discretizării proceselor și luând în considerare datele din tabelul 4.8, se îndeplinește tabelul 3.1 din anexa 3.

Calculăm valoarea medie (speranța matematică) a masivului de date:

$$m_y = \sum_{i=1}^k y_i^{med} p_i(y) = 308,5 [N],$$

în care  $y_i^{med}$  – valoarea medie a ordonatelor  $n_i$  în fiecare clasă.

Apoi determinăm momentele centrale cu relațiile:

$$\mu_2 = D_y = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 7470,45,$$

$$\mu_3 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = -142024,57,$$

$$\mu_4 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 123142165,7.$$



Se determină parametrii ce caracterizează repartiția normală (coeficientul de asimetrie  $A_y$  și coeficientul de boltire  $E_y$ ) cu relațiile:

$$A_y = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} = \frac{-142024,57}{\sqrt{7470,45^3}} = \frac{-142024,57}{646332,52} = -0,22,$$

$$E_y = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = \frac{123142165,7}{55844975} = 2,2.$$

Valoarea coeficientului  $A_y$  ne indică că, dacă admitem ipoteza repartiției normale, atunci aceasta are asimetrie de stânga (pentru repartiția normală simetrică  $A_y = 0$ ); deci, speranța matematică este deplasată în stânga valorii modale (valoarea maximă a probabilității repartiției), deci, valorile mai mici au o pondere mai mare decât valorile mai mari. Acest fapt se explică prin tendința de desfundare a secției de lucru din cauza componentei reacției verticale a solului, prin urmare, putem considera că secția de lucru încorporează semințele destul de neuniform. Valoarea coeficientului  $E_y$  ne demonstrează că repartiția procesului  $y(t)$ , față de repartiția normală standard ( $E_y = 3$ ), este mai turtită, deci, putem constata că valorile aleatorii ale procesului de funcționare oscilează în limite destul de mari, din motivul că secția de lucru este influențată de variația proprietăților fizico-mecanice ale solului; componenta verticală a solului impune secția să vibreze și, astfel, funcționarea este instabilă, ceea ce provoacă o încorporare a semințelor în sol mai puțin uniformă. Faptul acesta ne vorbește despre o influență esențială a variabilelor legate de proprietățile fizico-mecanice ale solului și de imperfecțiunea organelor de lucru.

Abaterea medie pătratică  $\sigma_y$  și coeficientul de variație  $V_y$  se determină cu relațiile:

$$\sigma_y = \sqrt{D_y} = \sqrt{7470,45} = 86,4,$$

$$V_y = 100 \frac{\sigma_y}{m_y} = 100 \frac{86,4}{308,5} = 28\%.$$

Coeficientul de variație  $V_y$  ne indică că informația este destul de reprezentativă deoarece, pentru agregatele agricole, informația experimentală se consideră reprezentativă dacă  $V_y < 40\%$ .

**Pentru regimul de lucru al secției standard cu  $v = 0,91$  m/s și  $a = 6$  cm:**

$$\text{intervalul dintre clase } \Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k} = \frac{530 - 130}{8} = 50 [N].$$

**Tabelul 4.9. Valorile medii  $y_j^{med}$  și frecvența valorilor  $p_j(y)$  ordonatelor din clasele respective (Secția standard: viteza de lucru  $v = 0,91$  m/s, adâncimea de lucru  $a = 6$  cm)**

Numărul de clase $k$	Variabila $y(t)$			
	$y_1$	$y_2$	$y_j^{med}$	$p_j(y)$
1	130	180	155	0,09
2	180	230	205	0,11
3	230	280	255	0,14
4	280	330	305	0,17
5	330	380	355	0,25
6	380	430	405	0,15
7	430	480	455	0,07
8	480	530	505	0,02
				$\Sigma p_j(y) = 1$

În baza realizării și discretizării proceselor și luând în considerare datele din tabelul 4.9, se îndeplinește tabelul 3.2 din anexa 3.

Calculăm valoarea medie (speranța matematică) a masivului de date:

$$m_y = \sum_{i=1}^{k=8} y_i^{med} p_i(y) = 316.$$

Apoi se determină momentele centrale cu relațiile:

$$\mu_2 = D_y = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 7884,$$

$$\mu_3 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = -110452,$$

$$\mu_4 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 141493952.$$

Se determină parametrii ce caracterizează repartiția normală (coeficientul de asimetrie  $A_y$  și coeficientul de boltire  $E_y$ ) cu relațiile:

$$A_y = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} = \frac{-110452}{\sqrt{7884^3}} = \frac{-110452}{700035,27} = -0,16,$$

$$E_y = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = \frac{141493952}{7884^2} = \frac{141493952}{62157456} = 2,28.$$

Abaterea medie pătratică  $\sigma_y$  și coeficientul de variație  $V_y$  se determină cu relațiile:

$$\sigma_y = \sqrt{D_y} = \sqrt{7884} = 88,79,$$

$$V_y = 100 \frac{\sigma_y}{m_y} = 100 \frac{88,79}{316} = 28,1\%.$$

**Pentru regimul de lucru al secției standard cu  $v = 1,71$  m/s și  $a = 6$  cm:**

$$\text{intervalul dintre clase } \Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k} = \frac{580 - 140}{8} = 55N.$$

**Tabelul 4.10. Valorile medii  $y_j^{med}$  și frecvența valorilor  $p_j(y)$  ordonatelor din clasele respective (Secția standard: viteza de lucru  $v = 1,71$  m/s, adâncimea de lucru  $a = 6$  cm)**

Numărul de clase $k$	Variabila $y(t)$			
	$y_1$	$y_2$	$y_j^{med}$	$p_j(y)$
1	120	170	145	0,13
2	170	220	195	0,07
3	220	270	245	0,15
4	270	320	295	0,11
5	320	370	345	0,25
6	370	420	395	0,15
7	420	470	445	0,05
8	470	520	495	0,09
				$\Sigma p_j(y) = 1$

În baza realizării și discretizării proceselor și luând în considerare datele din tabelul 4.10, se îndeplinește tabelul 3.3 din anexa 3.

Calculăm valoarea medie (speranța matematică) a masivului de date:

$$m_y = \sum_{i=1}^{k=8} y_i^{med} p_i(y) = 323.$$

Apoi se determină momentele centrale cu relațiile:

$$\mu_2 = D_y = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 10067,$$

$$\mu_3 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = -122326,$$

$$\mu_4 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 225529892.$$

Se determină parametrii ce caracterizează repartiția normală (coeficientul de asimetrie  $A_y$  și coeficientul de boltire  $E_y$ ) cu relațiile:

$$A_y = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} = \frac{-122326}{\sqrt{10067^3}} = \frac{-122326}{1010066,82} = -0,12,$$

$$E_y = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = \frac{225529892}{10067^2} = \frac{225529892}{101344489} = 2,23.$$

Abaterea medie pătratică  $\sigma_y$  și coeficientul de variație  $V_y$  se determină cu relațiile:

$$\sigma_y = \sqrt{D_y} = \sqrt{10067} = 100,33,$$

$$V_y = 100 \frac{\sigma_y}{m_y} = 100 \frac{100,33}{323} = 31\%.$$

**Pentru regimul de lucru al secției experimentale  $v = 0,47 \text{ m/s}$ ,  $a = 6 \text{ cm}$ ,  $z = 6$  și  $m = 35 \text{ kg}$ :**

intervalul dintre clase  $\Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k} = \frac{198 - 94}{8} = 13 [N]$ .

**Tabelul 4.11. Valorile medii  $y_i^{med}$  și frecvența valorilor  $p_i(y)$  ordonatelor din clasele respective (Secția experimentală: viteza de lucru  $v = 0,47 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ , numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35 \text{ kg}$ )**

Numărul de clase $k$	Variabila $y(t)$			
	$y_1$	$y_2$	$y_i^{med}$	$p_i(y)$
1	94	107	100,5	0,16
2	107	120	113,5	0,19
3	120	133	126,5	0,23
4	133	146	139,5	0,15
5	146	159	152,5	0,1
6	159	172	165,5	0,07
7	172	185	178,5	0,06
8	185	198	191,5	0,04
				$\Sigma p_i(y) = 1$

În baza realizării și discretizării proceselor și luând în considerare datele din tabelul 4.11, se îndeplinește tabelul 3.4 din anexa 3.

Valoarea medie (speranța matematică) a masivului de date

$$m_y = \sum_{i=1}^k y_i^{med} p_i(y) = 132,5 [N],$$

în care  $y_i^{med}$  – valoarea medie a ordonatelor  $n_i$  în fiecare clasă.

Apoi se determină momentele centrale cu relațiile:

$$\mu_2 = D_y = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 630,$$

$$\mu_3 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = 10793,$$

$$\mu_4 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 968885.$$

Se determină parametrii ce caracterizează repartiția normală (coeficientul de asimetrie  $A_y$  și coeficientul de boltire  $E_y$ ) cu relațiile:

$$A_y = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} = \frac{10793}{\sqrt{630^3}} = \frac{10793}{15812,87} = 0,68,$$

$$E_y = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = \frac{968885}{396900} = 2,44.$$

Valoarea coeficientului  $A_y$  ne indică că, dacă admitem ipoteza repartiției normale, atunci aceasta are asimetrie de dreapta (pentru repartiția normală simetrică  $A_y = 0$ ), speranța matematică este deplasată în dreapta față de valoarea modală a repartiției, deci, ponderea valorilor mai mari este mai mare față de valorile mai mici. Acest fapt se explică prin tendința de înfundare a secției din cauza masei secției și, deci, prin forța gravitațională care este mai mare decât reacția verticală a solului asupra organului de încorporare a semințelor. Valoarea coeficientului  $E_y$  ne demonstrează că repartiția procesului  $Y(t)$ , față de repartiția normală standard ( $E_y = 3$ ), este mai turtită.

Abaterea medie pătratică  $\sigma_y$  și coeficientul de variație  $V_y$  se determină cu relațiile:

$$\sigma_y = \sqrt{D_y} = \sqrt{630} = 25,$$

$$V_y = 100 \frac{\sigma_y}{m_y} = 100 \frac{25}{132,5} = 19\%.$$

**Pentru regimul de lucru al secției experimentale cu  $v = 0,91$  m/s și  $a = 6$  cm:**

determinăm intervalul dintre clase  $\Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k} = \frac{218 - 98}{8} = 15N$ .

**Tabelul 4.12. Valorile medii  $y_j^{med}$  și frecvența valorilor  $p_j(y)$  ordonatelor din clasele respective (Secția experimentală: viteza de lucru  $v = 0,91 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ , numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35 \text{ kg}$ )**

Numărul de clase $k$	Variabila $y(t)$			
	$y_1$	$y_2$	$y_j^{med}$	$p_j(y)$
1	98	113	105,5	0,21
2	113	128	120,5	0,24
3	128	143	135,5	0,15
4	143	158	150,5	0,11
5	158	173	165,5	0,1
6	173	188	180,5	0,08
7	188	203	195,5	0,07
8	203	218	210,5	0,04
				$\Sigma p_j(y) = 1$

În baza realizării și discretizării proceselor și luând în considerare datele din tabelul 4.12, se îndeplinește tabelul 3.5 din anexa 3.

Valoarea medie (speranța matematică) a masivului de date

$$m_y = \sum_{i=1}^{k=8} y_i^{med} p_i(y) = 140,5.$$

Apoi se determină estimația momentelor centrale cu relațiile:

$$\mu_2 = D_y = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 967,$$

$$\mu_3 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = 21250,$$

$$\mu_4 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 2200300.$$

Determinăm parametrii ce caracterizează repartiția normală (coeficientul de asimetrie  $A_y$  și, respectiv, coeficientul de boltire  $E_y$ ) cu relațiile:

$$A_y = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} = \frac{21250}{\sqrt{967^3}} = \frac{21250}{30070,44} = 0,71,$$

$$E_y = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = \frac{2200300}{967^2} = \frac{2200300}{935089} = 2,35.$$

Abaterea medie pătratică  $\sigma_y$  și coeficientul de variație  $V_y$  se determină cu relațiile:

$$\sigma_y = \sqrt{D_y} = \sqrt{967} = 31,$$

$$V_y = 100 \frac{\sigma_y}{m_y} = 100 \frac{31}{140,5} = 22\%.$$

**Pentru regimul de lucru al secției experimentale cu  $v = 1,71 \text{ m/s}$  și  $a = 6 \text{ cm}$ :**

$$\text{intervalul dintre clase } \Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k} = \frac{232 - 96}{8} = 17 \text{ [N]}.$$

**Tabelul 4.13. Valorile medii  $y_j^{med}$  și frecvența valorilor  $p_j(y)$  ordonatelor din clasele respective (Secția experimentală: viteza de lucru  $v = 1,71 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ , numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35 \text{ kg}$ )**

Numărul de clase $k$	Variabila $y(t)$			
	$y_1$	$y_2$	$y_i^{med}$	$p_i(y)$
1	96	113	104,5	0,20
2	113	130	121,5	0,25
3	130	147	138,5	0,17
4	147	164	155,5	0,11
5	164	181	172,5	0,10
6	181	198	189,5	0,07
7	198	215	206,5	0,06
8	215	232	223,5	0,04
				$\Sigma p_i(y) = 1$

În baza realizării și discretizării proceselor și luând în considerare datele din tabelul 4.13, se îndeplinește tabelul 3.6 din anexa 3.

Valoarea medie (speranța matematică) a masivului de date:

$$m_y = \sum_{i=1}^{k=8} y_i^{med} p_i(y) = 143,5.$$

Apoi determinăm momentele centrale cu relațiile:

$$\mu_2 = D_y = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 1171,$$

$$\mu_3 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = 30372,$$

$$\mu_4 = \sum_{i=1}^{k=8} (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 3490954.$$

Determinăm parametrii ce caracterizează repartiția normală (pentru repartiția normală, coeficientul de asimetrie  $A_y = 0$  și coeficientul de boltire  $E_y = 3$ ) cu relațiile:

$$A_y = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} = \frac{30372}{\sqrt{1171^3}} = \frac{30372}{40071,48} = 0,76,$$

$$E_y = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = \frac{3490954}{1171^2} = \frac{3490954}{1371241} = 2,55.$$

Abaterea medie pătratică  $\sigma_y$  și coeficientul de variație  $V_y$  se determină cu relațiile:

$$\sigma_y = \sqrt{D_y} = \sqrt{1171} = 34,22,$$

$$V_y = 100 \frac{\sigma_y}{m_y} = 100 \frac{34,22}{143,5} = 23,85\% .$$

#### 4.5. Rezultatele încercărilor de câmp

##### 4.5.1. Analiza datelor privind uniformitatea distribuției semințelor de porumb de-a lungul rândului

Conform cerințelor agrotehnice (subcapitolul 1.1.3) pentru semănatul porumbului prin metoda punctiformă sau în cuiburi se admite abaterea dintre semințe alăturate sau dintre cuiburi de-a lungul rândului  $\pm 30\%$ . În intervalul cu abaterile indicate, în sol trebuie să fie încorporate nu mai puțin de 85 % de semințe [9, 67].



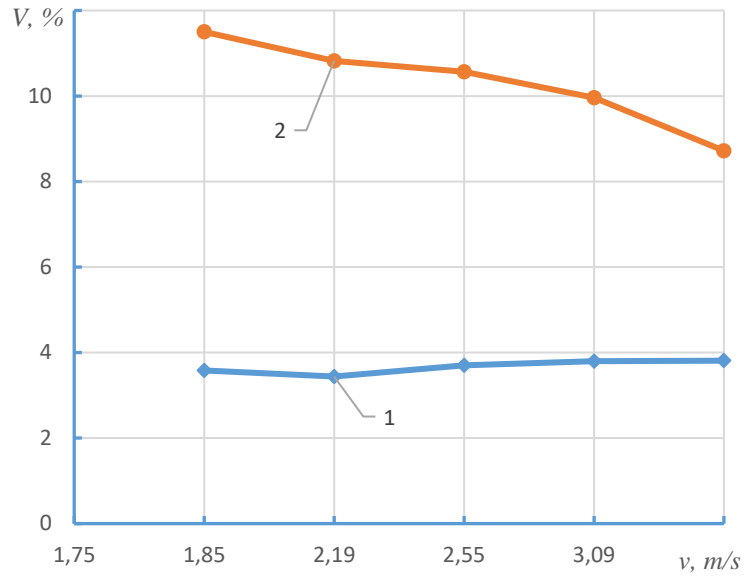
**Fig. 4.14.** Intervalul dintre cuiburile formate de secția MSR

Intervalul dintre cuiburi la MSR constituia 26 cm, pentru mașina de semănat SUPN-6 – 35 cm. Pentru intervalul de 26 cm  $\pm 30\%$  valoarea abaterii constituie  $\pm 7,8$  cm, valorile limită fiind 18,2 și 33,8 cm. Pentru intervalul de 35 cm  $\pm 30\%$  abaterea este  $\pm 10,5$  cm, valorile limită sunt 24,5 și 45,5 cm.

Conform acestor date au fost trasate graficele distribuției semințelor de porumb pe interval de-a lungul rândului. Aceste grafice sunt prezentate în figurile 4.15 – 4.17.

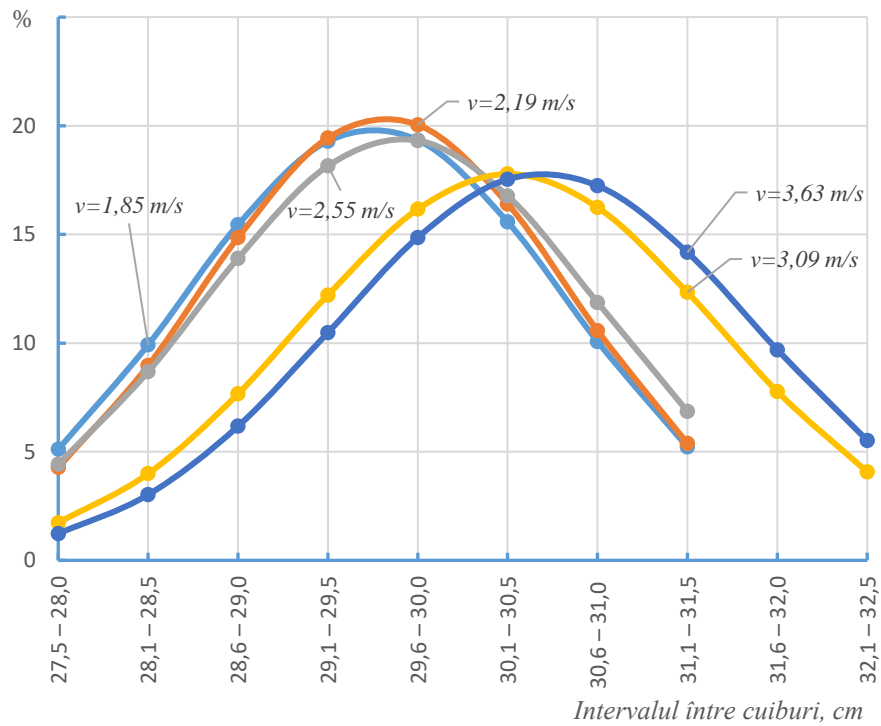
Parametrii statistici ai variației distribuției semințelor pe intervalul dintre cuiburi sunt prezentate în tabelul 4.14 [86].

Din tabelul 4.14 se observă că pentru secția MSR valoarea medie aritmetică a intervalului dintre cuiburi la distribuției semințelor de-a lungul rândului, cu intervalul de 26 cm și viteza de lucru 1,83 ... 3,63 m/s constituie 29,5 ... 30,45 cm. Abaterea mediei aritmetice  $\bar{X}$  de la intervalul stabilit constituie 3,5 ... 4,45 cm sau 13,48 ... 17,11 %. Odată cu majorarea vitezei media aritmetică a intervalului dintre cuiburi  $\bar{X}$  crește, datorită alunecării roții de încorporare care la fel se majorează.



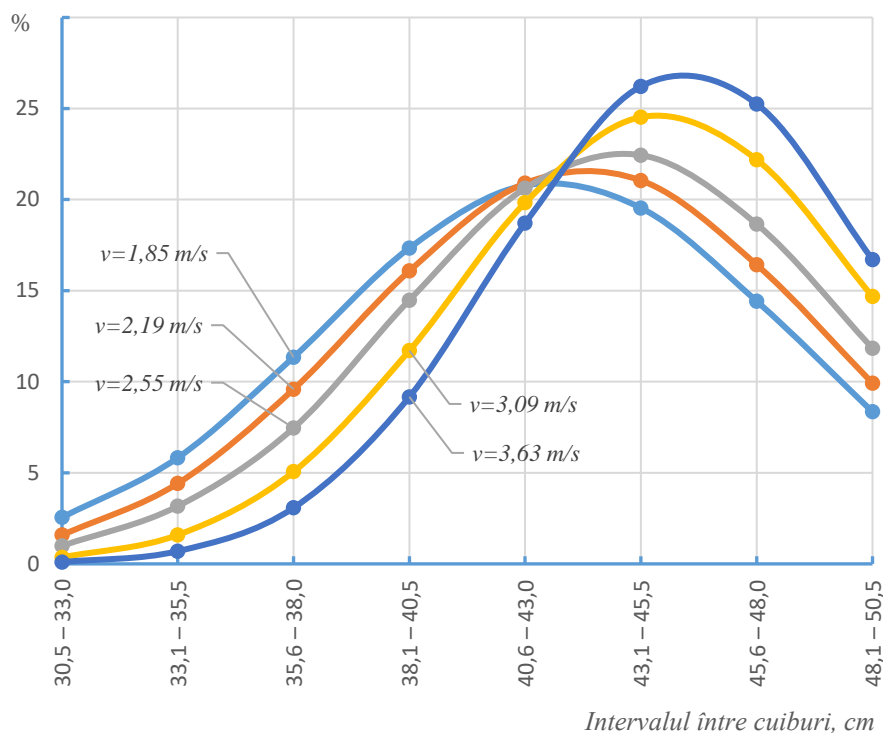
**Fig. 4.15.** Repartizarea centrelor cuiburilor de-a lungul rândului la semănatul porumbului.

1 – Secția MSR; 2– Secția mașinii de semănat SUPN-6.



**Fig. 4.16.** Repartizarea semințelor de porumb pe intervale de-a lungul rândului pentru diferite viteze la lucrul cu MSR





**Fig. 4.17.** Repartizarea semințelor de porumb pe intervale de-a lungul rândului pentru diferite viteze la lucrul cu mașina de semănat SUPN-6

Pentru aceleași condiții de exploatare secția mașinii de semănat SUPN-6, are media aritmetică a intervalului dintre cuiburi  $\bar{X}$  egală 42,2 ... 45,5 cm. Abaterea mediei aritmetice  $\bar{X}$  de la intervalul stabilit, (pentru viteza de lucru 1,83 ... 3,63 m/s), constituie 7,2 ... 10,6 cm sau 20,62 ... 30,19 %. Acest indice este cu 7,14 ... 13,06 % mai mare ca pentru secția MSR. Pentru secția mașinii de semănat SUPN-6 majorarea vitezei de lucru duce la majorarea mediei aritmetice a intervalului dintre cuiburi  $\bar{X}$ . Acesta din urmă se lămurește prin aceea că majorarea vitezei de lucru a mașinii de semănat mărește și viteza căderii semințelor de la aparatul de distribuție către fundul brazdei. Semințele cu viteza de cădere mai mare au și o energie cinetică mai mare, și ca rezultat – influențează mărimea drumului parcurs deasupra brazdei din punctul desprinderii de la aparatul de distribuție până la punctul inițial pe fundul tasat al rigolei, și deplasarea seminței pe fundul rigolei.

Abaterea standard  $S$ , servește drept măsură pentru dispersia cuiburilor separate de la media aritmetică  $\bar{X}$  de la intervalul stabilit, și care pentru secția MSR în dependență de viteza de lucru constituie  $\pm 1,05 \dots 1,16$  cm. Odată cu creșterea vitezei abaterea standard  $S$  a dispersiei cuiburilor separate la fel crește. În diapazonul vitezelor 1,85 ... 3,63 m/s abaterea standard se schimbă în limitele  $\pm 0,11$  cm. Din tabelul 4.14 se observă că valorile individuale ale intervalelor dintre cuiburi nu diferă mult și sunt plasate aproape de valoarea mediei aritmetice  $\bar{X}$ .

Pentru secția mașinii de semănat SUPN-6 valorile individuale ale intervalelor dintre cuiburi, față de valoarea mediei aritmetice  $\bar{X}$ , sunt mai mari decât la secția MSR. Diferența dintre valorile individuale ale intervalelor dintre cuiburi a secției MSR și mașinii de semănat SUPN-6 este de  $\pm 3,3 \dots \pm 2,7 \text{ cm}$ .

**Tabelul 4.14. Caracteristicile statistice ale modificării (variabilității) distribuției semințelor de porumb pe interval de-a lungul rândului**

Mașina de semănat	Viteza de deplasare, $m/s$	Intervalul de calcul, $cm$	$\bar{X}$	$S^2$	$S$	$A$	$E$	$V$	$S_{\bar{x}}$	$S_{\bar{x}}, \%$	Intervalul de încredere	
											$\bar{X} + t S_{\bar{x}}$	$\bar{X} - t S_{\bar{x}}$
MSR	1,85	26	29,51	2,24	1,06	0,0072	-0,966	3,58	0,173	1,6	29,86	29,16
SUPN-6	1,85	35	42,22	49,24	4,96	-0,475	-0,715	11,75	0,81	0,9	43,85	40,59
MSR	2,19	26	29,57	2,08	1,02	-0,020	-0,944	3,44	0,166	0,2	29,90	29,24
SUPN-6	2,19	35	42,91	46,73	4,83	-0,623	-0,456	11,26	0,789	0,9	44,50	41,32
MSR	2,55	26	29,65	2,41	1,10	-0,099	-1,115	3,7	0,179	0,3	30,01	29,29
SUPN-6	2,55	35	43,62	44,21	4,70	-0,912	0,064	10,77	0,768	0,8	45,16	42,07
MSR	3,09	26	30,26	2,66	1,15	-0,104	-0,634	3,8	0,188	0,3	30,59	29,93
SUPN-6	3,09	35	44,52	37,86	4,35	-1,109	0,585	9,77	0,711	1,1	45,96	43,09
MSR	3,63	26	30,46	2,70	1,16	-0,326	-0,699	3,81	0,189	0,3	30,79	30,13
SUPN-6	3,63	35	45,07	31,46	3,97	-1,179	0,874	8,8	0,648	0,7	46,37	43,76

Coeficientul de variație  $V$  permite de a compara dinamica distribuției de-a lungul rândului a centrelor cuiburilor, executate de secțiile mașinii de semănat cercetate. Pentru secția MSR, la deplasarea cu vitezele  $1,85 \dots 3,63 \text{ m/s}$ , coeficientul de variație  $V$ , practic nu se modifică și se află în limitele  $3,58 \dots 3,81 \%$  (fig. 4.10). Aflându-se în aceste limite, se consideră că dispersia centrelor cuiburilor este ne semnificativă [68].

Coeficientul de variație  $V$  pentru secția mașinii de semănat SUPN-6 este de  $3,46 \dots 2,5$  ori mai mare decât la secția MSR. În dependență de viteza de lucru pentru secția mașinii de semănat SUPN-6 acest indice constituie  $11,75 \dots 8,8 \%$ . Aceste valori ale coeficientul de variație pentru dispersia centrelor cuiburilor se consideră medii [66].

Micșorarea coeficientului de variație pentru secția mașinii de semănat SUPN-6, la viteze de lucru mari, se lămuresc prin faptul că crește intervalul mediu dintre semințe și micșorarea dispersiei semințelor (aflându-se mai aproape de valoarea medie a intervalului).

Pentru secțiile luate în studiu mărimea erorii mediei selective  $S_{\bar{x}}$  este ne semnificativă. Valoarea ei relativă este un indicator al preciziei de efectuare a experimentelor, și în toate cazurile nu depășea  $1,6 \%$ . Acest lucru denotă că experimentele au fost realizate cu un grad înalt de precizie.

În rezultatul prelucrării matematice a datelor experimentale sa stabilit, că dispersia intervalelor dintre centrele cuiburilor executate cu MSR (fig. 4.16) se supune legii distribuției normale [87]:

$$y = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\bar{x}-\mu}{S}\right)^2}, \quad (4.10)$$

unde:  $y$  – ordonata curbei sau probabilitatea;

$\mu$  – media generală;

$S$  – abaterea standard.

Din figura 4.16 se observă că pentru mărimea 26 cm și vitezele de lucru de 1,85; 2,19 și 2,55 m/s secția MSR amplasează semințele în locaș în diapazonul de schimbare a intervalului de la 27,5 până la 31,5 cm, iar pentru vitezele 3,09 și 3,63 m/s se schimbă de la 27,5 până la 32,5 cm. O caracteristică deosebită a distribuției semințelor de-a lungul rândului se lămurește prin majorarea intervalului de încorporare a semințelor. Acest lucru apare datorită alunecării roții de încorporare a secției mașinii de semănat. Pentru vitezele de lucru 1,85; 2,19 și 2,55 m/s, deplasarea centrului real al locașului de cel calculat, constituie +3,25 cm sau 12,5 %. Pentru vitezele de 3,09 și 3,63 m/s aceasta constituie +4,25 cm, sau 14,4 %. Centrul locașului (seminței), pentru vitezele 1,85; 2,19 și 2,55 m/s – se află la mijlocul intervalului (26,0 – 29,5,0) cm. În acest interval sunt încorporate 17 ... 20 % din numărul total de semințe. Domeniul  $\mu \pm 2S$  cuprinde 99,75 %. Pentru vitezele 3,09 și 3,63 m/s centrul locașului se află la mijlocul intervalului 30,0 – 30,5 cm. În acest interval sunt încorporate 18 % de semințe, iar domeniul  $\mu \pm 2S$  cuprinde 100 %.

Având abaterea de  $\pm 30$  % de la intervalul calculat, secția MSR pentru vitezele 1,85 ... 3,63 m/s încorporează 100 % semințe.

Diapazonul intervalelor de distribuție a semințelor de porumb pentru secția mașinii de semănat SUPN-6 se află în limitele 30,5 ... 50,5 cm (fig. 4.17). Distribuția semințelor cu aceste secții de asemenea se supune legii de distribuție normală. Curbele de distribuție din grafice sunt caracterizate de un coeficient de asimetrie negativ  $A$ , iar mijlocul intervalului de distribuție  $\mu$  este deplasat în dreapta de la axa ordonatelor. Coeficientul de asimetrie  $A$ , pentru secția mașinii SUPN-6 se află în limitele  $-0,475$  ...  $1,179$ . Odată cu majorarea vitezei de deplasare a secției coeficientul de asimetrie  $A$  (pentru curbele de distribuție a semințelor a secției SUPN-6) scade. Aceasta se lămurește prin faptul, că la mărirea vitezei – centrul de distribuție se deplasează în direcția majorării distanței dintre cuiburile medii.

Coeficientul de exces  $E$ , care caracterizează curbura graficelor de distribuție a semințelor pe interval de-a lungul rândului, pentru vitezele 1,85 ... 3,63 m/s, este mai mic ca zero. Valorile maxime de pe curbele de distribuție se află mai jos de vârful curbei teoretice a distribuției normale. Pentru vitezele de 3,09 și 3,63 m/s, coeficientul de exces  $E$  crește și trece în zona valorilor pozitive.

În aceste cazuri valorile maxime de pe curbele de distribuție sunt amplasate mai sus decât curba distribuției normale.

La mașina de semănat SUPN-6 centrului distribuției semințelor  $\mu$  pentru viteza de lucru  $1,85 \text{ m/s}$  se află la mijlocul intervalului  $40,5 - 43,0 \text{ cm}$  (fig. 4.17). În acest interval sunt încorporate  $20,78 \%$  de semințe, iar în domeniul  $\mu \pm 2S$  sunt încorporate  $98,45 \%$  de semințe.

La mărirea vitezei de lucru a mașinii de semănat, centrul distribuției semințelor se deplasează în direcția majorării intervalului. Pentru vitezele de  $2,19; 2,55; 3,09$  și  $3,63 \text{ m/s}$  – centrul locașului se stabilizează și se află la mijlocul intervalului  $(43,0 - 45,5) \text{ cm}$ . În acest interval, pentru vitezele indicate, sunt încorporate  $21,05 \%; 22,45 \%; 24,53$  și  $26,22 \%$  de semințe corespunzător, iar domeniul  $\mu \pm 2S$  – cuprinde  $96,22 \%$  de semințe. Având abaterea de  $\pm 30 \%$  de la intervalul calculat, pentru vitezele de  $1,85; 2,19; 2,55, 3,09$  și  $3,63 \text{ m/s}$ , secția mașinii de semănat SUPN-6 încorporează, corespunzător:  $77,23 \%; 73,66 \%; 69,57 \%; 63,24 \%$  și  $59,04 \%$ .

#### ***4.5.2. Uniformitatea distribuției semințelor de porumb pe adâncime***

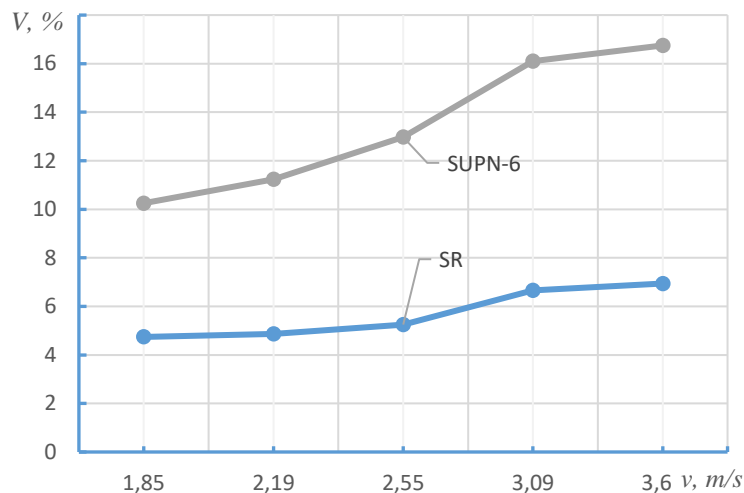
Caracteristicile statistice ale variației distribuției semințelor de porumb pe adâncime sunt prezentate în tabelul 4.15.

Media aritmetică  $\bar{X}$  a adâncimii încorporării semințelor, pentru secția MSR (pentru toate vitezele de deplasare) se schimbă nesemnificativ în intervalul  $(5,89 \dots 5,56) \text{ cm}$ , pentru mașina de semănat SUPN-6 –  $(5,83 \dots 5,44) \text{ cm}$ .

Abaterea standard  $S$  a adâncimii încorporării semințelor de la adâncimea prestabilită pentru secția MSR se află în limitele  $\pm (0,29 \dots 0,33) \text{ cm}$ . Pentru secția MSR dispersia semințelor pe înălțime este nesemnificativă.

Abaterea standard  $S$  de încorporare a semințelor pe adâncime este mai mare și constituie pentru secția mașinii de semănat SUPN-6  $\pm (0,60 \dots 0,96) \text{ cm}$ .

Coeficientul de variație  $V$  este un indicator specific de schimbare a indicelui (uniformitatea distribuției semințelor de porumb pe adâncime). În cazul nostru, el ne permite de a compara dinamica distribuției pe adâncime a semințelor pentru fiecare secție în dependență de viteza de lucru (fig. 4.18). Pentru secția MSR coeficientul de variație  $V$  constituie  $(4,84 \dots 6,93) \%$ . Variația valorilor în aceste limite, se consideră nesemnificativă [68].

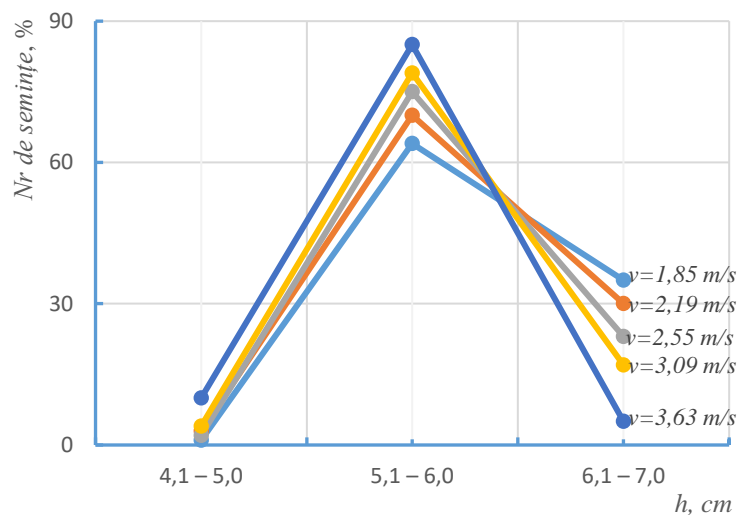


**Fig. 4.18.** Dinamica repartizării semințelor de porumb pe adâncime pentru diferite viteze de lucru

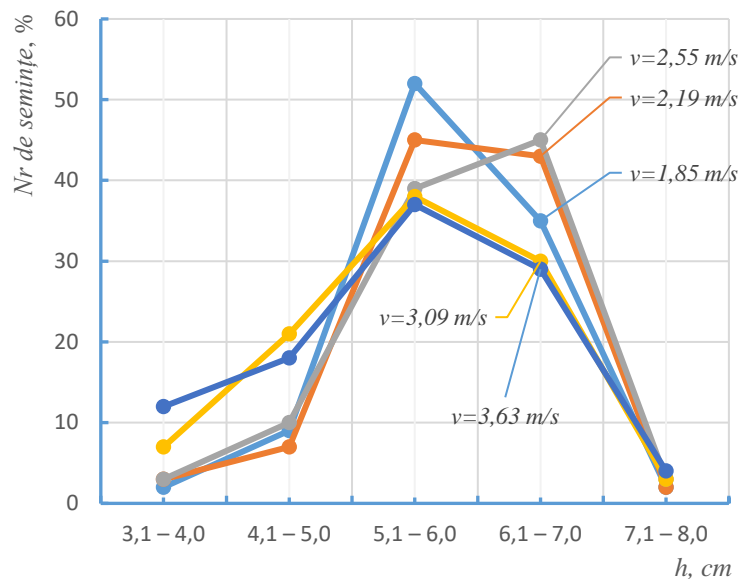
Coeficientul de variație  $V$  pentru secția mașinii de semănat SUPN-6 este de (2,16 ... 2,41) ori mai mare decât la secția MSR. Aceste valori ale coeficientul de variație pentru dispersia centrelor cuiburilor se consideră medii [68].

Eroarea relativă a mediei selective  $S_{\bar{x}}$  pentru adâncimea de încorporare, este ne semnificativă și în toate cazurile nu depășește 2 %.

Conform cerințelor agrotehnice, către adâncimea de încorporare cu abaterea de  $\pm 1,5$  cm, la adâncimea stabilită – trebuie încorporate 95 % de semințe. Conform datelor obținute experimental sunt construite curbele de distribuție semințelor pe adâncime (fig. 4.19, 4.20).



**Fig. 4.19.** Repartizarea semințelor de porumb pe adâncime pentru diferite viteze de lucru la semănatul cu MSR



**Fig. 4.20.** Repartizarea semințelor de porumb pe adâncime pentru diferite viteze de lucru la semănat cu mașina de semănat SUPN-6

**Tabelul 4.15.** Caracteristicile statistice ale schimbării (variabilității) distribuției semințelor de porumb pe adâncime

Mașina de semănat	Viteza de deplasare, m/s	Intervalul de calcul, cm	$\bar{X}$	$S^2$	$V$	$S_{\bar{x}}$	$S_{\bar{x}}, \%$	Intervalul de încredere	
								$\bar{X} + t S_{\bar{x}}$	$\bar{X} - t S_{\bar{x}}$
MSR	1,85	6	5,588	0,285	4,844	0,028	0,475	5,916	5,86
SUPN-6	1,85	6	5,828	0,598	10,26	0,06	1,028	5,588	5,768
MSR	1,85	6	5,881	0,284	4,835	0,028	0,476	5,909	5,853
SUPN-6	2,19	6	5,879	0,661	11,23	0,066	1,123	5,945	5,813
MSR	2,19	6	5,819	0,305	5,254	0,031	0,532	5,85	5,788
SUPN-6	2,55	6	5,773	0,749	12,976	0,075	1,29	5,848	5,698
MSR	2,55	6	5,84	0,389	6,66	0,039	0,667	5,879	5,801
SUPN-6	3,09	6	5,444	0,908	16,69	0,091	1,669	5,535	5,353
MSR	3,09	6	5,652	0,329	6,934	0,033	0,583	5,685	5,619
SUPN-6	3,63	6	5,435	0,951	17,503	0,095	1,740	5,530	5,340

Cea mai eficientă repartizare pe adâncime a semințelor o asigură secția MSR. Pentru toate regimurile de lucru aceasta respectă norma încorporării semințelor, condiționată de cerințele agrotehnice.

Mașina de semănat SUPN-6 asigură normele cerințelor agrotehnice la vitezele de lucru 1,85 și 2,19 m/s. Majorarea vitezei de lucru duce la micșorarea uniformității repartizării pe adâncime cu 3 ... 8 %.

Pentru secția MSR limitele distribuției semințelor pe verticală, ating valorile (4,1 ... 7,0) cm. Numărul cel mai mare de semințe încorporate se află în intervalul (5,1 – 6,0) cm (fig. 4.22). În acest interval în dependență de viteza de lucru sunt plaste 64 ... 85 % de semințe. E de menționat, că odată cu creșterea vitezei de lucru, procentul semințelor încorporate în acest interval nu scade.

Experimental s-a stabilit că secția mașinii de semănat SUPN-6 (fig. 4.15) încorporează semințele preponderent în trei intervale de adâncime: 4,1 – 5,0 cm; 5,1 – 6,0 cm; 6,1 – 7,0 cm. În limitele acestor intervale, pentru vitezele de lucru 1,85 ... 3,63 m/s mașina de semănat SUPN-6 încorporează (97 ... 87) % de semințe.

Repartizarea uniformă a semințelor pe adâncime de către secția MSR este asigurată datorită pătrunderii stabile a organelor de încorporare în sol la adâncimea necesară, limitată de lungimea acestora.

#### 4.5.3. Dinamica răsăririi porumbului

În perioada răsăririi plantelor de porumb au fost efectuate măsurări (numărători) pentru sectoarele semămate cu secțiile luate în studiu. În figura 4.21 este prezentat lotul experimental semănat cu MSR după răsărirea plantelor.



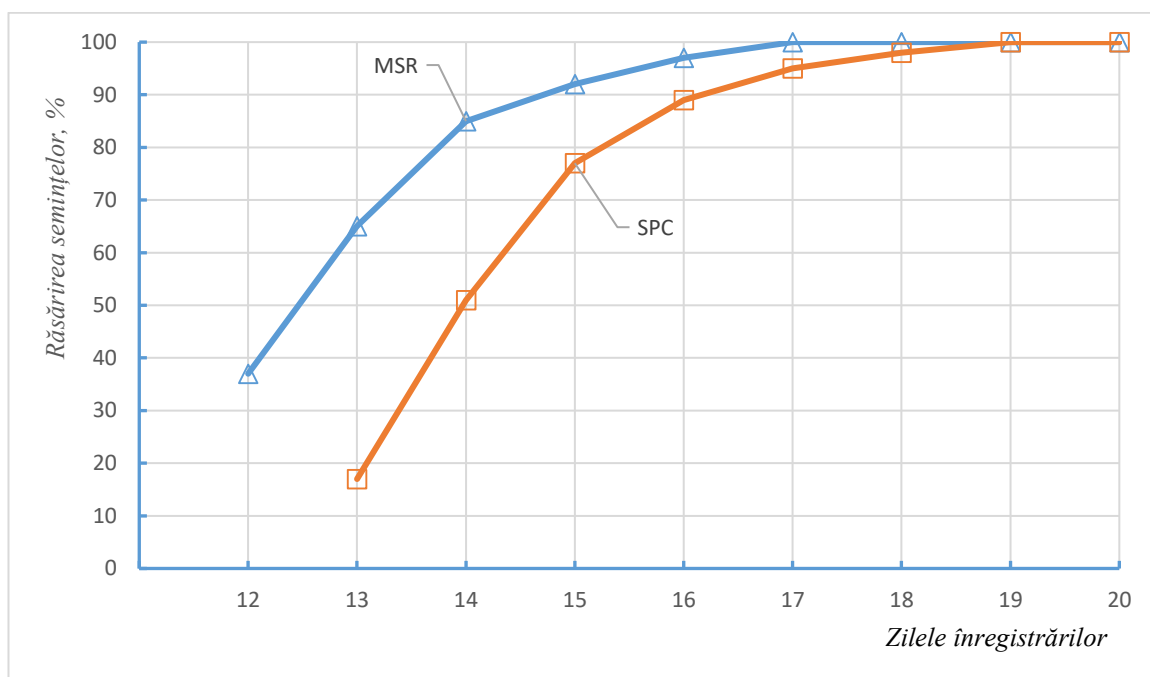
**Fig. 4.21.** Lotul experimental semănat cu MSR după răsărirea plantelor

Datele experimentale a răsăririi plantelor de porumb, semămate cu secțiile mașinilor cercetate, au servit pentru trasarea graficului dinamicii răsăririi porumbului (fig. 4.22).

Din graficul prezentat se observă că plantele pe sectoarele semămate cu MSR au răsărit după 12 zile din ziua semănatului, iar pe sectoarele semămate cu mașina SUPN-6 – la ziua a 13- cea. Dinamica răsăririi plantelor este mai înaltă pentru sectoarele semămate cu MSR. Sectoarele semămate cu MSR au o dinamică de răsărire a plantelor mai mare cu (17,94 ... 11,54) % față de sectoarele semămate cu mașina de semănat SUPN-6.

Din tabelul 4.9 se vede că pentru sectoarele semămate cu MSR energia germinativă este cu 2 zile mai mică ca pentru sectoarele semămate cu mașina SUPN-6, iar uniformitate răsăririi plantelor este mai mare cu 33 %.

Indicatorii mai înalți ai dinamicii răsării plantelor cum sunt energia germinării și uniformitatea răsării plantelor pe sectoarele semădate cu MSR se datoresc încorporării uniforme a semințelor pe adâncime.



**Fig. 4.22.** Dinamica răsării semințelor pentru lucrările executate cu MSR și mașina de semănat cu brăzdar SUPN-6

**Tabelul 4.16.** Indicatorii răsării plantelor de porumb

Modelul mașinii de semănat	Parametru	Valoarea
MSR	Data executării lucrării de semănat	04.V.2001
	Data apariției primelor plante	16.V.2001
	Data răsării totale (100 % plante)	24.V.2001
	Numărul de zile de la semănat până la răsărirea totală	17
	Energia germinativă $E$	17
	Uniformitate răsării plantelor $\sigma$	$\pm 1,05$
SUPN-6	Data apariției primelor plante	17.V.2001
	Data răsării totale (100 % plante)	23.V.2001
	Numărul de zile de la semănat până la răsărirea totală	19
	Energia germinativă $E$	19
	Uniformitate răsării plantelor $\sigma$	$\pm 1,38$



#### 4.5.4. Rezistența la tracțiune a secției MSR în condiții de câmp

Înregistrarea rezistenței la tracțiune a secției MSR și secției mașinii de semănat SUPN-6 s-a realizat cu utilizarea dispozitivului tensometric. În baza acestor rezultate au fost construite graficele rezistenței la tracțiune funcție de viteza de lucru (fig. 4.23).

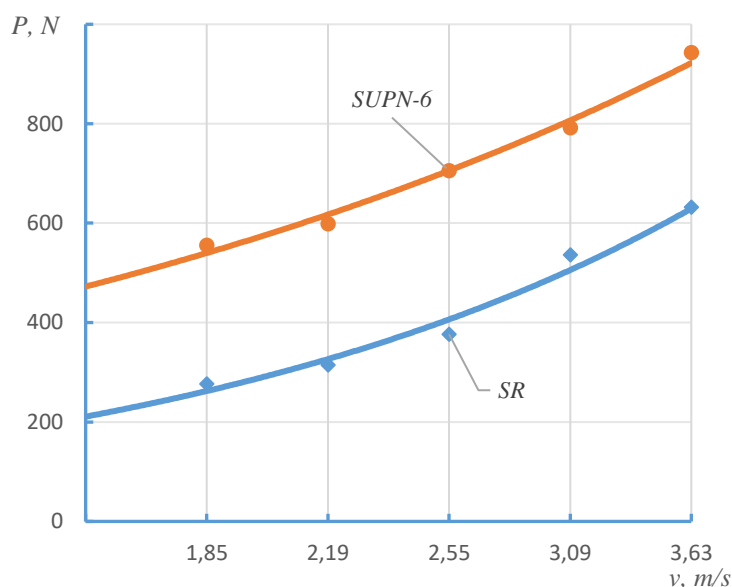
Graficele rezistenței la tracțiune a secției MSR și secției mașinii SUPN-6 sunt descrise de parabola de ordinul doi:

$$P = a + bv + cv^2, \quad (4.11)$$

unde:  $P$  – rezistența la tracțiune a secției mașinii de semănat,  $N$ ;

$v$  – viteza de lucru,  $m/s$ ;

$a, b, c$  – coeficienții ecuației.



**Fig. 4.23.** Rezistența la tracțiune ( $P$ ) a secțiilor mașinii de semănat pentru diferite viteze de lucru ( $v$ )

Înlocuind coeficienții empirici în ecuația de calcul obținem:

$$P_1 = 54,513 + 64,991v + 26,643v^2, \quad (4.12)$$

$$P_2 = 395,516 + 25,982v + 34,194v^2. \quad (4.13)$$

Valorile extreme ale rezistenței la tracțiune a secției MSR, obținute în intervalele vitezelor de lucru constituie:

$$P_{1\min} = 265,932 \text{ N},$$

$$P_{1\max} = 641,504 \text{ N}.$$

Valorile extreme ale rezistenței la tracțiune a secției mașinii de semănat SUPN-6 constituie:

$$P_{2\min} = 560,614 \text{ N},$$

$$P_{2\max} = 940,411 \text{ N}.$$

Analiza datelor încercărilor de câmp demonstrează, că rezistența la tracțiune a secției MSR este mai mică de (1,47 ... 2,11) ori față de secția mașinii de semănat SUPN-6. Acest fapt se explică prin aceea că la MSR energia se cheltuie pentru învingerea forțelor de rezistență la rostogolire, pe când la secțiile mașinii de semănat SUPN-6 energia se cheltuie pentru formarea rigolei, aceasta din urmă fiind mai mare.

Micșorarea rezistenței la tracțiune a MSR, ar permite formarea agregatelor cu lățimea de lucru mare, și lucrul la viteze mai mari, ce în consecință ar conduce la mărirea productivității agregatelor de semănat.

#### 4.6. Argumentarea parametrilor constructivi și dimensionali ai secției mașinii de semănat de tip rotativ

Construcția experimentală a secției mașinii de semănat de tip rotativ MSR și regimurile de lucru au fost testate și verificate în condiții de laborator și de câmp. Parametrii cu influență majoră asupra procesului tehnologic și de calitate a lucrărilor executate au fost următorii: masa secției de însămânțare, diametrul roții de lucru, numărul organelor de încorporare, pasul dintre organele de încorporare, lungimea organelor de încorporare, lățimea și grosimea jantei [92].

Masa secției mașinii de semănat trebuie să asigure reacțiunea suficientă a solului care influențează aderența roții cu solul. Masa limită a secției mașinii de semănat de tip rotativ se determină cu relația 2.27 (subcapitolul 2.3):

$$G_{op} \geq qSa + \frac{qSh_e \cdot \sqrt{(a-h_e)(2r+a+h_e)} + M_n}{f \cdot r - f_k} \quad m_p \geq m_{\min} = qSa \frac{r+a}{g \cdot f \cdot r}. \quad (4.14)$$

Valoarea optimă a masei secției mașinii de semănat de tip rotativ constituie (45 ... 55) kg.

Diametrul exterior de amplasare al vârfurilor organelor de încorporare și numărul organelor de încorporare cu pasul stabilit sunt legate prin relațiile:

$$L = \frac{n \cdot 10^4}{N \cdot b}, [m], \quad (4.15)$$

$$D = \frac{L \cdot z}{\pi} = \frac{n \cdot z \cdot 10^4}{\pi \cdot N \cdot b}, [m], \quad (4.16)$$

unde:  $L$  – pasul (distanța) dintre semințe,  $m$ ;

$n$  – numărul de semințe în cuib;

$N$  – densitatea normativă a plantelor, *mii/ha*;

$b$  – distanța dintre rânduri, *m*;

$z$  – numărul organelor de încorporare;

$D$  – diametrul exterior de amplasare al vârfurilor organelor de încorporare, *m*.

Diametrul exterior de amplasare al vârfurilor organelor de încorporare și pasul dintre semințe depind de variația coeficientului de alunecare, deoarece intervalul real dintre cuiburi este determinat de alunecarea roții de însămânțare. Incluzând acest parametru (coeficientul de alunecare) în formula 4.9 vom obține:

$$D = \frac{L \cdot z}{\pi} \varepsilon = \frac{n \cdot z \cdot 10^4}{\pi \cdot N \cdot b} \varepsilon, [m], \quad (4.17)$$

unde:  $\varepsilon$  – coeficientul de alunecare (pentru secția mașinii de semănat de tip rotativ cu masa de 45 ... 55 *kg* și lungimea organelor de încorporare de 4 ... 12 *cm*, valoarea coeficientului de alunecare este de  $\varepsilon = 0,96 \dots 0,85$ ).

Conform cerințelor agrotehnice, mărimea distanței dintre semințele de porumb trebuie să fie de 20 ... 70 *cm*. Respectiv, lungimea arcului de circumferință dintre organele de încorporare alăturate trebuie să fie același. Reieșind din această condiție și considerând că pe roata de însămânțare vor fi montate 4 sau 6 organe, de asemenea, luând în considerare coeficientul de alunecare, diametrul exterior de amplasare al vârfurilor organelor de încorporare, calculat cu relația 4.10, va fi  $D = 0,85 \dots 0,75$  *m*.

Lățimea jantei roții de însămânțare depinde de gradul admisibil al compactării solului, de parametrii organului de încorporare (diametru, lățime, diagonală) și de lățimea zonei de protecție a rândului de plante:

$$B = d_1 \cdot k \leq 0,14 \dots 0,17 \text{ m}, \quad (4.18)$$

unde:  $d_1$  – diametrul organului de încorporare, *m*;

$k$  – coeficientul raportului dintre lățimea jantei roții și diametrul organului de încorporare;

0,14 ... 0,17 – lățimea zonei de protecție, *m*.

Adâncimea urmei formate de roata secției pentru roțile conduse se determină conform relației Grandvuane-Goriacikin (2.63) [67]:

$$h_k = 1,31 \sqrt[3]{\frac{G^2}{B^2 \cdot q^2 \cdot D}}, [m], \quad (4.19)$$

unde:  $G$  – forța de greutate a secției mașinii de semănat de tip rotativ, *N*;

$B$  – lățimea jantei roții, *m*;

$q$  – coeficientul redus al compactării volumetrice a solului,  $N/cm^3$  (pentru solul arat  $q = 2 \dots 5 N/cm^3$ );

$D$  – diametrul exterior de amplasare al vârfurilor organelor de încorporare ( $m$ ).

$$h_k = 1,31 \sqrt[3]{\frac{(450 \dots 550)^2}{(0,14 \dots 0,17)^2 (2 \cdot 10^5 \dots 5 \cdot 10^5)^2 (0,75 \dots 0,85)}} = 0,021 \dots 0,0055 \text{ m.}$$

În baza cercetărilor experimentale de laborator și de câmp s-a stabilit că, pentru evitarea pătrunderii solului în partea interioară a jantei roții, grosimea jantei roții de însămânțare, împreună cu protectorul, nu trebuie să depășească  $2,2 \dots 2,5 \text{ cm}$ .

Lungimea organelor de încorporare sau diametrul maxim exterior față de diametrul jantei roții se alege pornind de la cerințele agrotehnice pentru cultura însămânțată și se află în limitele a  $4 \dots 12 \text{ cm}$ .

Diametrul conductei din interiorul organului de încorporare reiese din parametrii dimensionali ai seminței de porumb [8, 11]:

$$D_e = 1,24 \sqrt[3]{V_s}, [cm], \quad (4.20)$$

unde:  $D_e$  – diametrul echivalent al unei semințe de porumb,  $mm$ ;

$V_s$  – volumul unei semințe,  $cm^3$  ( $V_s = 0,35 \dots 0,45 \text{ cm}^3$ ).

Pentru sămânța de porumb:

$$D_e = 1,24 \sqrt[3]{(0,35 \dots 0,45)} = 0,88 \dots 0,95 \text{ cm} = 0,0088 \dots 0,0095 \text{ m.}$$

Pentru introducerea într-un cuib a  $2 \dots 3$  semințe, diametrul maxim al alezajului organului de încorporare va fi:

$$d_0 = (2 \dots 3) D_e = 2,6 \dots 2,8 \text{ cm.}$$

Valorile parametrilor mașinii de semănat de tip rotativ sunt prezentate în tabelul 4.17.

**Tabelul 4.17. Parametrii secției mașinii de semănat de tip rotativ SR**

Indicator	Unitate de măsură	Formula de calcul	Valoarea indicatorului
Masa secției semănătoarei	$kg$	$m_p \geq m_{\min} = qSa \frac{r+a}{g \cdot f \cdot r}$	45 – 55
Diametrul exterior de amplasare a vârfurilor organelor de încorporare	$m$	$D = \frac{L \cdot z}{\pi} \varepsilon = \frac{n \cdot z \cdot 10^4}{\pi \cdot N \cdot b} \varepsilon$	0,75 – 0,85
Lățimea jantei roții	$m$	$B = d_1 \cdot k$	0,14 – 0,17
Diametrul găurilor de însămânțare ale organului de încorporare	$m$	$d_0 = (2 \dots 3) D_e$	0,026 – 0,028

#### 4.7. Argumentarea tehnico-economică privind utilizarea MSR

Scopul calculului economic este de a argumenta avantajul utilizării MSR experimentale în procesul de semănat al culturilor prășitoare (porumbului). La baza argumentării indicilor tehnico-economici, s-a adoptat metoda de determinare a eficienței economice a utilizării în agricultură a invențiilor, a tehnicii noi și a raționalizărilor [93, 94]. S-a efectuat calculul tehnico-economic al MSR și calculul indicatorilor economici de implementare în producție a acesteia.

La indicatorii tehnico-economici ce caracterizează MSR se referă:

- productivitatea muncii;
- cheltuielile generale de muncă pentru 1 ha semănat;
- cheltuielile directe de muncă pentru 1 ha semănat;
- investițiile pentru 1 ha semănat;
- cheltuielile generale pentru 1 ha semănat.

Calculul tehnico-economic de evaluare a MSR s-a efectuat în baza metodelor și normativelor pentru determinarea indicatorilor economici ai mașinilor agricole la încercările de stat.

Datele normative actuale folosite la calculul tehnico-economic pentru mașini, combustibil, semințe, porumb etc., la data de 22.03.2017, sunt prezentate în tabelul 4.18.

**Tabelul 4.18. Datele inițiale pentru determinarea indicatorilor tehnico-economici ai MSR cu inserare pentru porumb**

Indicator	Notarea	Valoarea indicatorului	
		Mașina de bază	Mașina nouă
Denumirea mașinii		Mașină de semănat	Mașină de semănat
Marca mașinii		SPC-6M	MSR
Numărul de rânduri		6	6
Distanța dintre rânduri, $m$	$b$	0,7	0,7
Lățimea de lucru, $m$	$B$	4,2	4,2
Norma de însămânțare, $kg/ha$	$Q_s$	15,95	13,67
Prețul de contract al 1 $kg$ de semințe, $lei$	$P_c$	35	35
Sursa energetică (tractorul)		MT3-82.1	MT3-82.1
Cantitatea, $buc.$	$N_m$	1	1
Masa mașinii, $kg$	$M_{MA}$	1180	1068
Masa tractorului, $kg$	$M_T$	3850	3850
Prețul tractorului, $lei$	$P_T$	350000	350000
Prețul mașinii, $lei$	$P_{MA}$	87000	100000
Productivitatea timp de 1 h de schimb, $ha/h$	$Wh$	2,8 – 5,04 Pentru vitezele de lucru de la 5 până la 9 $km/h$	3,73 – 7,31 Pentru vitezele de lucru de la 6,5 până la 13 $km/h$

Tabelul 4.18 Continuare

Indicator	Notarea	Valoarea indicatorului	
		Mașina de bază	Mașina nouă
Coeficientul folosirii timpului pe durata schimbului	$\tau$	0,7	0,7
Durata schimbului, $h$	$t_{sch}$	10	10
Puterea efectivă a tractorului, $kW$	$N_{eT}$	60	60
Consumul specific de combustibil, $kg/h$	$G$	10	10
Consumul specific de combustibil pentru puterea exploatațională, $g/kW \cdot h$ (conform pașaportului tractorului MT3-82.1)		226	226
Prețul complex al 1 $kg$ de combustibil, $lei/kg$		18,4	18,4
Timpul anual de utilizare a mașinii agricole, $h$	$t_{an.MA}$	48	48
Timpul anual de utilizare a tractorului, $h$	$t_{an.T}$	1970	1970
Salariul tarifar al tractoristului, $lei/h$	$S_t$	25	25
Defalcări pentru amortizarea tractorului, $lei$	$AT$	0,156	0,156
Defalcări pentru amortizarea mașinii agricole, $lei$	$A_{MA}$	0,142	0,142
Defalcări pentru reparația și întreținerea tehnică a tractorului, $lei$	$R_T$	0,099	0,099
Defalcări pentru reparația și întreținerea tehnică a mașinii agricole, $lei$	$R_{MA}$	0,14	0,14
Numărul personalului de deservire, <i>persoane</i>	$N$	1	1
Încărcarea anuală zonală a mașinii, $ha$	$Bz.an$	200	200

Rezultatele calculelor privind eficiența economică a utilizării MSR sunt prezentate în tabelul 4.19 și, detaliat, în anexa 5.

**Tabelul 4.19. Indicatorii tehnico-economici ai eficacității aplicării (utilizării) semănatului porumbului cu ajutorul MSR cu inserare**

Indicator, formula de calcul	Valoarea indicatorilor		
	Mașina de bază	Mașina nouă	Diferența
Productivitatea timp de 1 $h$ de schimb, $W_h = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau$ , $ha/h$	2,74	3,82	+1,08
Productivitatea zilnică a agregatului, $W_{zi} = W_h \cdot t$ , $ha$	27,44	38,22	+10,78
Cheltuieli energetice ale procesului, $Ch_N = \frac{N_e}{W_h}$ , $kW/ha$	21,87	15,70	-6,17
Consumul de combustibil, $Q = \frac{G}{W_{ha}}$ , $kg/ha$	3,64	2,62	-1,03
Volumul specific de material, $M_{sp} = \frac{M_{ag}}{W_{an}}$ , $kg/ha$	38,19	26,81	-11,38
Cheltuieli de exploatare, $Ch_{e.ha} = Ch_m + Ch_a + Ch_{r.T.MA} + Ch_{c.l}$ , $lei/ha$	278,95	220,25	-58,69
Economia anuală a cheltuielilor de exploatare, $E_{an.e} = (Ch_{e.mb} - Ch_{e.mn}) W_h t_{an.m}$ , $lei$		10767,8	10767,8
Procentul de micșorare a cheltuielilor de exploatare, $G_{Ch_c} = \frac{Ch_{e.mb} - Ch_{e.mn}}{Ch_{e.mb}} \cdot 100$ , %		34,27	34,27

Tabelul 4.19 Continuare

Indicator	Formula de calcul, componentele relației	Valoarea indicatorilor		
		Mașina de bază	Mașina nouă	Diferența
Cheltuieli de muncă, $Ch_m = \frac{N_{ag}}{W_h}$ , om·h/ha		0,36	0,26	-0,10
Majorarea productivității muncii, $R_{pm} = \frac{W_{h,mn}}{W_{h,mb}}$ , ori			1,39	+1,39
Economia anuală a cheltuielilor de muncă, $E_{anm} = (Ch_{m,mb} - Ch_{m,mn}) W_h \cdot t_{anm}$ , om·h			18,86	+18,86
Investiții capitale specifice, $I_{Cs} = \frac{P_T}{W_h \cdot t_T} + \frac{P_{MA}}{W_h \cdot t_{MA}}$ , lei/ha		725,28	591,57	279,24
Timpul de răscumpărare a investițiilor capitale suplimentare, $Z = \frac{(I_{Cs,mb} - I_{Cs,mn}) \cdot W_h \cdot t_{an}}{Ec_{ef.an}}$ , ani			<b>2,28</b>	
Cheltuieli rezultante, $Ch_{\Sigma} = Ch_{e,ha} + E_n \cdot I_C$ , lei/ha		394,99	314,90	-80,09
Efectul economic anual, $E_{ec.an} = ((Ch_{e,mb} + E_n \cdot I_{Cmb}) - (Ch_{e,mn} + E_n \cdot I_{Cmn})) \cdot W_h \cdot t_{an}$ , lei			14692,4	14692,4
Efectul economic anual, obținut în urma implementării metodei noi cu reducerea cantității de semințe din contul îmbunătățirii calității semănatului, $E_{ec.an} = (Ch_{\Sigma mb} - Ch_{\Sigma mn}) B_{z.an} + (Q_{sb} - Q_{sn}) \cdot B_{z.an} \cdot P_c$ , (lei)			31977	31977
Efectul economic anual, obținut în urma implementării MSR cu inserare și a metodei noi de semănat a porumbului, $E_{ec} = E_{ec.an} / B_{z.an}$ , lei/ha			<b>159,89</b>	

Efectul economic anual, obținut în urma implementării metodei noi cu reducerea cantității de semințe din contul îmbunătățirii calității semănatului:

$$E_{ec.an} = (Ch_{\Sigma mb} - Ch_{\Sigma mn}) B_{z.an} + (Q_{sb} - Q_{sn}) \cdot B_{z.an} \cdot P_c =$$

$$= (395 - 315) \cdot 200 + (15,95 - 13,67) \cdot 200 \cdot 35 = 31977 \text{ lei},$$

unde:  $Ch_{\Sigma mb}$  – cheltuieli rezultante pentru mașina de bază, lei/ha;

$Ch_{\Sigma mn}$  – cheltuieli rezultante pentru mașina nouă, lei/ha;

$Q_{sb}$  – norma de însămânțare după metoda de bază, kg/ha, (55000 de semințe la 1 ha cu masa a 1000 de boabe MMB = 280 – 300 g hibridul PORUMBENI 374 MRf obținem norma de însămânțare de  $Q_{sb} = 15,95 \text{ kg/ha}$ );

$Q_{sn}$  – norma de însămânțare după metoda nouă, kg/ha; (47150 de semințe la 1 ha cu masa a 1000 de boabe MMB = 280 – 300 g hibridul PORUMBENI 374 MRf obținem norma de însămânțare de  $Q_{sn} = 13,67 \text{ kg/ha}$ );

$B_{z.an}$  – încărcarea anuală zonală a mașinii, ha, în medie  $B_{z.an} = 200 \text{ ha}$ ;

$P_c$  – prețul de contract al 1 t de semințe, lei,  $P_c = 35000 \text{ lei/t}$  conform [89]

<http://porumbeni.md/activitatea-institutului/price-list> (vizitat la 22.03.2017).

#### 4.8. Concluzii la capitolul 4

1. În baza simulării procesului funcțional al secției experimentale, s-a stabilit că, pentru asigurarea unei autoacoperiri mai bune a semințelor, fenomenul de alunecare a roții este mai favorabil în cazul valorilor negative ale coeficientului de alunecare.
2. În acest sens, putem constata că, în condiții reale pe soluri afânate, secția experimentală nu necesită elemente suplimentare pentru acoperirea cuiburilor formate.
3. În urma cercetărilor experimentale s-au obținut modelele matematice ale procesului de funcționare a secției MSR pentru stabilirea regimurilor optime de lucru.
4. În urma studiului grafic comparativ, s-a stabilit că valorile optime ale parametrilor constructivi constituie: numărul organelor de lucru ( $z$ ) este în limita de 7 – 8 buc; masa secției ( $m$ ) în limita a 18 – 25 kg. Din punct de vedere energetic, este recomandată reducerea masei secției până la 18 kg, însă nu din contul reducerii numărului organelor de lucru ( $z$ ).
5. Pentru adâncimea de lucru maximă stabilită de cerințele agrotehnice, valoarea optimă a rezistenței la tracțiune se obține pentru valorile parametrilor  $X_1 = 7$  buc,  $X_3 = 26$  kg.
6. Cunoașterea stabilității în lucru a mașinilor de semănat prezintă importanță practică pentru asigurarea unei lucrări de calitate, pe de o parte, pe de altă parte, pentru alegerea celor mai bune soluții constructive ale echipamentelor de monitorizare a indicilor funcționali ai procesului de lucru executat de mașinile de semănat.
7. În baza studiului procesului de lucru al secțiilor experimentale și standard, s-a stabilit că rezistența la tracțiune în limita valorilor vitezei de lucru de 0,47 – 1,71 m/s, pentru secția standard, variază în intervalul a 300 ... 320 N, cu o abatere standard de până la 100 N; pentru secția experimentală, aceasta variază în limitele a 130 ... 145 N, cu o abatere standard de până la 35 N.
8. În baza analizei caracteristicilor numerice, s-a stabilit că rezistența la tracțiune a secției experimentale este de 2 ... 2,5 ori mai mică decât a secției standard cu caracteristici numerice mai bune datorită principiului de penetrare ciclică a solului în comparație cu formarea continuă a rigolei [95].
9. În baza studiului coeficienților de asimetrie, putem constata:
  - secția standard funcționează cu tendința de desfundare ce se datorează influenței reacției verticale a solului asupra secției;
  - secția experimentală funcționează cu tendința de înfundare ce se datorează acțiunii masei secției.
10. Studiul funcțiilor de corelație a proceselor de funcționare ne-a permis să stabilim caracterul identic al acestor procese, însă un caracter oscilatoriu mai esențial se observă la secția experimentală, fapt ce denotă o influență mai slabă a factorilor externi asupra secției de lucru.
11. S-a evidențiat spectrul de frecvențe al dispersiilor procesului de funcționare a secțiilor, în vederea folosirii acestora în alegerea și proiectarea elementelor de monitorizare a procesului de semănat (traductori cu senzori, piezoelectrice etc).



12. Avantajele semănatului cu MSR permit utilizarea acestora în cadrul metodei noi, avansate de cultivare a porumbului, precum și în cadrul semănării porumbului sub strat de mulci (strat de folie). Metoda propusă de semănare a porumbului permite să se reducă cheltuielile de exploatare cu 21,04 % și să se obțină un efect economic anual de 159,89 lei la 1 ha, datorită economiei de semințe prin distribuția strict determinată a acestora de-a lungul rândului.

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. În urma analizei bibliografice, au fost scoase în evidență unele neajunsuri ale procesului de semănat tradițională în rigole cu utilizarea mașinilor de semănat cu brăzdare, cum ar fi: distribuția neuniformă a semințelor de-a lungul rândului și pe înălțime, nerespectarea parțială a cerințelor agrotehnice privind distanța dintre plante pe rând și încorporarea pe adâncime, precum și imposibilitatea adaptării mașinilor de semănat cu brăzdar la tehnologiile moderne de cultivare a plantelor (semănatul direct, tehnologiile mini-till, no-till etc.) [104].

2. A fost argumentată o metoda alternativă de semănat în cuiburi, cu MSR care în comparație cu metoda de semănat tradițională în rigole, cu mașini de semănat cu brăzdar, permite distribuția mai precisă a semințelor – respectând distanța dintre plante pe rând de 29,5 ... 30,45 cm (intervalul conform cerințelor agrotehnice fiind de 26 cm ± 30% sau 18,2 – 33,8 cm), încorporarea pe adâncime fiind de 5,1 ... 6,0 cm (intervalul conform cerințelor agrotehnice fiind de 6 cm ± 15% sau 5,1 – 6,9 cm).

**3. În baza analizei literaturii de specialitate în domeniul mijloacelor tehnice de semănat în cuiburi, au fost propuse și brevetate 2 concepte ale schemelor constructive pentru MSR cu distribuția și transportarea mecanică a semințelor care constă în plasarea forțată a semințelor în patul germinativ de către organele de lucru [59, 60].**

4. Modelarea la calculator și experimentală în condiții de laborator și în câmp a procesului de lucru al secției MSR, a reconfirmat că dimensiunile și calitatea cuiburilor sunt determinate de forma traiectoriei deplasării în stratul de sol a vârfului organului de încorporare (cicloida) fiind dependente de coeficientul de alunecare al roții de lucru, valorile limită ale cărora nu trebuie să depășească 10 ... 12 % [70].

5. În cadrul cercetărilor realizate pe instalația experimentală pentru cercetarea procesului de formare a cuiburilor, s-a stabilit că, sub acțiunea organului de lucru elaborat, stratul subsemincer de sol în cuiburi se compactează la adâncimea de 6 ... 8 cm, creând condiții optime pentru formarea sistemului capilar care facilitează transportarea apei către zona de încorporare a seminței [70].

6. Au fost determinați factorii ce influențează caracterul dinamicii roții (secției) MSR, cum ar fi: sarcina axială aplicată pe roată, diametrul roții, adâncimea de încorporare sau lungimea

organelor de lucru și viteza de lucru. s-a stabilit că cu creșterea lungimii organelor de încorporare, se atestă neuniformitatea rotirii (alunecări) roții, care parțial poate fi compensată prin majorarea sarcinii axiale sau a diametrului roții. În baza analizei regresionale au fost stabiliți **parametrii optimi: sarcina axială normală pe roata de lucru se 350 ... 550 N, diametrul roții de lucru 500 ... 800 mm, coeficientul de alunecare a roții secției MSR 10 ... 12 %** [92].

7. Testările MSR pentru porumb în condiții de câmp au demonstrat o dispersie, practic, nulă a distanței dintre semințe pe rând, respectând astfel, în totalitate, cerințele agrotehnice. În același timp, datorită principiului de penetrare ciclică a solului în comparație cu formarea continuă a rigolei, **cheltuielile energetice pentru executarea lucrării de semănat cu MSR s-au micșorat de 1,5 ... 2,0 ori în comparație cu mașinile de semănat cu brăzdar de tip patină** [95].

8. Folosirea organelor de lucru elaborate în cadrul tezei de doctorat asigură reducerea cheltuielilor de exploatare cu 21,04% cu un efect economic anual de 159,89 lei la 1 ha.

## RECOMANDĂRI PRACTICE

✓ Pentru asigurarea condițiilor optime de dezvoltare a seminței în sol bucla descrisă de către vârful organului de încorporare trebuie să aibă amplasat nodul mai jos de nivelul solului sau la nivelul acestuia, astfel ca sămânța nimerită în cuib să fie acoperită cu un strat suficient de sol.

✓ Calitatea lucrului organului de încorporare este determinată de coeficientul de alunecare a roții de lucru, ale cărui valori limită nu trebuie să depășească 10 ... 12 %, în caz contrar nu se asigură amplasarea nodului buclei mai jos de nivelul solului.

✓ Valorile optime ale sarcinii axiale normale pe roata de lucru trebuie alese în limitele 350 ... 550 N, și a diametrului roții în intervalul 500 ... 800 mm.

**Sugestii privind cercetările de perspectivă.** Cercetările efectuate în lucrare, pot fi completate cu studii pe următoarele direcții:

- comportarea MSR în procesul de semănat sub strat de mulci;
- utilizarea MSR în cadrul tehnologiilor conservative precum no till și mini till.

## BIBLIOGRAFIE

1. Cultura plantelor. Banca de date. *Suprafata insamintata, productia si roada medie pe culturi agricole, categorii de gospodarii*. [citat 12.03.2017]. Disponibil: <http://www.statistica.md/pageview.php?l=ro&id=2279&idc=315>
2. *Strategia de Dezvoltare a Agriculturii și Mediului Rural din Moldova 2014 – 2020*. (HG Nr.409 din 04.06.2014). [citat 26.08.2016]. Disponibil: <http://lex.justice.md/md/353310/>.
3. УСТИНОВ, А. Н. *Машины для посева и посадки сельскохозяйственных культур*. Москва: Агропромиздат, 1989. 159 с. ил. ISBN 5-10-001178-5.
4. ЛИСТОПАД, Г. Е., ДЕМИДОВ, Г. К., ЗОНОВ Б. Д. и др. *Сельскохозяйственные и мелиоративные машины*. Москва: Агропромиздат, 1986. 688 с. ил.
5. ПОСЫПАНОВ, Г. С., ДОЛГОДВОРОВ, В. Е., ЖЕРУКОВ Б. Х. и др. *Растениеводство*. Москва: Колос, 2007. 612 с ил. ISBN 978-5-9532-0551-1.
6. КАРПУК, В. В., СИДОРОВА, С. Г. *Растениеводство*. Минск: БГУ, 2011. 351 с. ил. (Классическое университетское издание). ISBN 978-985-518-529-2.
7. ФИРСОВ, И. П., СОЛОВЬЕВ, А. М., ТРИФОНОВА, М. Ф. *Технология растениеводства*. Москва: Колос, 2006. 472 с. ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). ISBN 5-9532-0190-7.
8. ENE, Tudor Adrian, MOCANU, Vasile. *Producerea, condiționarea și stocarea semințelor de graminee și leguminoase perene de pajiști, Tehnologii, echipamente și instalații*. Brașov: 2016. 112 p. ISBN 978-973-98711-8-1.
9. GHEORGHIEV, Nicolae, STARODUB, Victor. *Studiul semințelor al culturilor de camp*. Univ. Agrară de Stat din Moldova. Ch.: Print-Caro SRL, 2010. 168 p. ISBN 978-9975-4103-1-1.
10. МЕДВЕДЕВ, В. В. *Твердость почвы*. ХАРЬКОВ:13 Press, 2009. 152 с.
11. ВОРОНИЮК, Б. и др. *Физико-механические свойства растений, почв и удобрений*. Москва: Колос, 1970. 423 с.
12. Sasempel - Einzelkorndrielgerat. *Agrotechnik international*, 1982, 5, p. 36.
13. МОРОШИН, А. В. *Квадратно-гнездовой посев ручной сажалкой*. Москва: 1954. 11 с.
14. ХАРЧЕНКО, Н. Ф. *Опыт применения квадратно-гнездового способа посева кукурузы в совхозах Украины*. Москва: 1951. 32 с.
15. СЕРБУЛОВ, А. Ф., МОРГУЛИС, Е. В. *Квадратно-гнездовые посевы кукурузы и подсолнечника*. Кишинев: Молдавгиз, 1954. 30 с.
16. ЛЕДИН, Н. П. *Исследование технологического процесса пневматической бессошниковой посевной секции и обоснование ее параметров*. автореф. дис. канд. техн. наук. Краснодар, 1971. 24 с.

17. The Theodor-Brinkman-Gaduate School. © *Uni Bonn* [citat 15.03.2018]. Disponibil: <https://www.tbgs.uni-bonn.de/>.
18. GAUSTETTER, J. Neus Eizelkorn - sagerat hot weltremiere. *Agrarubers*, 1982. Jg. 33. № 2. pp. 24-25.
19. KESSEL, W.-G. V. Alters und Neues von der Aussaatechnik. *Zuckerrube*. 1983. Jg. 32. № 2. pp. 58-65.
20. BRINKMANN, W. Zur Tehnik Einzelkornsaaat bei. *Zuckerrube*. 1983. Jg. 32. № 5. pp. 216-223.
21. КУЗНЕЦОВ, Б. Ф., ЛЮБУШКО, Н. И. Техника для посева сельскохозяйственных культур. *Тракторы и сельхозмашины*. 1983, № 3, с. 30-31.
22. *Сеялка точного высева семян через уложенную на почву пластиковую пленку*. Пат. 2452235 Франция. Изобретения в СССР и за рубежом. Москва: 1981, вып. 1, № 17, с. 24.
23. СЕНИН, М. Ф. Фрезерные машины в сельском хозяйстве Франции. *Тракторы и сельхозмашины*. 1983. № 11. с. 34-39.
24. СКЛЯР, П. А. *Совершенствование технологического процесса заделки семян кукурузы ротационной сеялкой*: дис. канд. техн. наук. Кишинев: 1982. 187 с.
25. ЛЕВЕНЕЦ, В.Н., СКЛЯР, П.А. Тяговое сопротивление ротационной сеялки. В. кн.: *Совершенствование конструкции и улучшение эксплуатационных качеств машин в сельском хозяйстве*. Кишиневский СХИ, Кишинев, 1982, с. 55- 59.
26. ЛЕВЕНЕЦ, В. Н., ЛЫШКО, Г. П. Перспективный способ посева пропашных культур. *Техника в сельском хозяйстве*, 1977. № 5, с. 88-89.
27. ЛЕВЕНЕЦ, В. Н., СКЛЯР, П. А., СЕРБИН, В. И. Пневматическая ротационная сеялка для пропашных культур. *Сельское хозяйство Молдавии*, 1977. № 2, с. 40-42.
28. ЛЕВЕНЕЦ, В. Н., СЕРБИН, В. И., СКЛЯР. П. А. *Сеялка*. А.С. 496974 (СССР). опубл. в ОИПОТЭ. 1975. бюл. № 48.
29. ЛЕВЕНЕЦ, В. Н. *Пневматический высеваяющий аппарат*. А.С. 414960 (СССР). опубл. в ОИПОТЭ. 1974. бюл. № 6.
30. ЛЕВЕНЕЦ, В.Н., СЕРБИН, В.И., СКЛЯР, П.А., ЛЫШКО Г.П. *Пневматический высеваяющий аппарат*. А.С. 526309 (СССР). опубл. в ОИПОТЭ. 1976. бюл. № 32.
31. СЕРБИН, В. И. *Обоснование технологических и конструктивных параметров пневматических высеваяющих аппаратов ротационно-лунковых сеялок для пропашных культур*: дис. канд. техн. наук. Кишинев, 1994. 158 с.
32. БУМАКОВ, В. М. *Совершенствование технологии посева сахарной свеклы при индустриальном методе ее возделывания*: дис. канд. техн. наук. Кишинев, 1986. 211 с.
33. СЕРБИН, В. И. *Теоретические основы технологического процесса посева пропашных культур и разработки ротационно-лунковых сеялок*: дис. д-ра хабилизат техн. наук. Кишинев, 2002. 358 с.

34. MOLIN, J. P., BASHFORD, L. L., VON BARGEN, K., and LEVITICUS, L. I. *Design and evaluation of a punch planter for no-till systems*. Transactions of the ASAE, 1998. 41(2): 307-314.
35. MOLIN, J. P., BASHFORD, L. L., GRISSO, R. D., JONES, A. J. *Population rate changes and other evaluation parameters for a punch planter prototype*. Transactions of the ASAE, 1998. 41(5): 1265-1270.
36. КАПЛАН, С. М., ЗИМИНА, Е. А. *Посев кукурузы квадратно-гнездовым способом ручными сажалками*. Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, ©2001-2018 [citat 15.03.2018]. Disponibil: <http://agrolib.ru/books/item/f00/s00/z0000007/st015.shtml>.
37. ТКАЧЕВ, Н. И. *Механизация квадратно-гнездового посева и посадки пропашных культур*. Москва: МСХ СССР, 1960. 352 с.
38. NEWMAN, D.C. *Seed planting roller device*. Пат. 4023511 (США). Изобретения в СССР и за рубежом, 1987. вып. 1, № 1, с. 24.
39. ДЕФУР, Ф. К., ДЕФУР А. Ф. *Гнездовая барабанная сеялка*. Пат. 14016 (СССР). Заявлено 17.08.1927.
40. ВОРОНКОВ, А. А. *Гнездовая барабанная сеялка*. Пат. 1441 (СССР). Заявлено 30.01.1923.
41. WHITE, Thomas. *Patato and bean planter*. Pat. 2340240 (USA). Patented jan. 25, 1944. 6 p.
42. АРОНСКИЙ, А. Г., ГАЛЬБИН, С. В., ГОЛЬЦМАН, С. А., КУРАШКЕВИЧ, В. М., РОКОС, Д. Н., СТАРОСЕЛЬСКИЙ, Н. М., ЯНИШЕВСКИЙ, В. В. *Шестирядная тракторная машина для квадратно-гнездового посева кукурузы методом укола*. А.С. 9582 (СССР). опубл. Бюл. Изобретений, № 3, 1953.
43. POPOVICI, Gh. *Elaborarea teoriei, tehnologiei și a mijloacelor tehnice pentru introducerea lichidelor în plantațiile multianuale*. Teza de doctor habilitat în tehnică. Chișinău, 2006. 321 p.
44. Prospect al firmei americane Renaldo Sales & Service. *Model GVB520 Precision Pneumatic Metered Seed Planter*. ©2017 [citat 15.09.2017]. Disponibil: <http://www.renaldo.org/agricultural/gvb520-precision-seed-planter/>.
45. ЛЕВЕНЕЦ, В. Н. *Сеялка для высева в лунки*. А.С. 1080773 (СССР). 23. 03. 1984. Бюл. № 11.
46. ГАИНА, А. В., ЛЕВЕНЕЦ, В. Н., БУМАКОВ, В. М. *Ротационно-лунковая сеялка с регулируемыми параметрами*. А.С. 1480782 (СССР). 23.05.1989. Бюл. № 19.
47. ЯЧМЕНЕВ, В. В., НОСОВСКИЙ, В. С., НЕКРАС, Ю. В. *Гребневая сеялка*. А.С. 2334385 (RU). опубл. Бюл, № 27, 2008. [citat 29.05.2016]. Disponibil: <http://www.freepatent.ru/patents/2334385>
48. МАККИНГ, Andrew E. *Seed planting device*. Patent 5359948 (SUA). Nov. 1, 1994.

49. Prospect al firmei italiene SPAPPERI. *Seminatrice Pneumatica SMP*. ©2017 [citat 21.03.2017]. Disponibil: <https://www.spapperi.com/wp-content/uploads/2016/05/Seminatrice-pneumatica-SMP.pdf>.
50. Prospect al firmei americane Specialty Sales Co. Drum Punch. *Plastic Mulch Planter*. ©2017 [citat 04.03.2017]. Disponibil: <http://www.specialtysalesco.com/drumpunch.html>.
51. Prospect al firmei canadiene Ferris Farm. *Polyplanter Junior*. ©2017 [citat 15.03.2017]. Disponibil: [http://www.ferrisfarm.net/Polyplanter\\_Junior\\_Manual.pdf](http://www.ferrisfarm.net/Polyplanter_Junior_Manual.pdf).
52. *Conservation farming. Systems, techniques and tools*. Departament of agriculture, Sri-Lanka, 1984.
53. САМЦОВ, Ф. А. *Многорядная сеялка*. А.С. 24596 (СССР). опубл. 31.12.1931.
54. ЧЕРСКИЙ, А. Я. *Сеялка для квадратно-гнездового посева*. А.С. 104865 (СССР). Заявлено 28.03.1956.
55. КАШУТИН, В. Н. *Гнездовая сеялка*. А.С. 82326 (СССР). Заявлено 19.02.1949.
56. СТАРОДИНСКИЙ, Д.З., СЕЛЕЗНЕВ, К.Т., ЛУКЯНЧУК, Н.Р., ГОРБАЧЕНКО, Т.П. *Устройство для точного высева и заделки семян в почву*. А.С. 912096 (СССР). опубл. Бюл, № 10, 1982.
57. ЧУХМАТЫЙ В. Е., ЧУХМАТЫЙ В. В. *Универсальная роторная пропашная широкозахватная сеялка*. А.С. 1563642 (СССР). 1987 [citat 29.05.2016]. Disponibil: <http://patents.su/7-1563612-universalnaya-rotornaya-propashnaya-shirokozakhvatnaya-seyalka.html>.
58. ПОЛОНСКИЙ, М. Ф. Сеялка универсальная. Патент 2269884 RU. 2006 [citat 29.05.2016]. Disponibil: <http://www.freepatent.ru/patents/2269884>
59. NASTAS, A., BOTEZ, I., STOICEV, P., BEZEID, J. *Semănătoare manuală*, Brevet de invenție MD nr. 728, BOPI nr. 2/2014. p. 26.
60. NASTAS, A., BOTEZ, II., BOTEZ, AI., GULCO, V. *Semănătoare*. Brevet de invenție MD nr. 863, BOPI nr. 1/2015, p. 40-41.
61. ЯБЛОНСКИЙ, А. А. *Курс теоретической механики*. ч. 2. Москва: Высшая школа, 1977. 592 с.
62. ТАРГ, С.М. *Краткий курс теоретической механики*. Москва: Наука, 1970. 178 с.
63. БАТЬ, М.И., ДЖАНЕЛАДЗЕ, Г.Ю., КЕЛЬЗОН, А.С. *Теоретическая механика в примерах и задачах*. т. второй. Москва: Наука, 1968. 624 с.
64. КЛЕНИН, Н. И., ПОПОВ, Н. Ф., САКУН, В.А. *Сельскохозяйственные машины*. Москва: Колос, 1970. 456 с.
65. САБЛИКОВ, М.В. *Сельскохозяйственные машины*. ч. вторая. Москва: Колос, 1968, 296 с.

66. *Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин*. Под ред. проф. БОСОГО Е. С. Машиностроение, 1978. 568 с.
67. ГОРЯЧКИН, В. П. *Собрание сочинений*. т 1. Москва: Колос, 1968. 720 с.
68. ТУРБИН, Б. Г. и др. *Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет*. ТУРБИН, Б. Г., ЛУРЬЕ, А. Б., ГРИГОРЬЕВ, С. М., ИВАНОВИЧ, Э. М., МЕЛЬНИКОВ С. В. Ленинград: Машиностроение, 1967. 584 с.
69. SolidWorks 2016 [software]. 10 martie 2018 [citat 20.03.2018]. Disponibil: <https://www.solidworks.com/>.
70. NASTAS, A. Simularea la calculator a procesului de lucru a secției mașinii de semănat rotative. In: *Vol. 51: Inginerie Agrară și Transport Auto: Materialele Simpozionului Științific Internațional "Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto"*, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. 2018. pp. 129-132. ISBN 978-9975-64-300-9.
71. *Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства*. Под ред. директора Департамента научно-технологической политики и образования Минсельхоза России НУНГЕЗЕРА, В. В., акад. Россельхозакадемии ЛАЧУГИ, Ю.Ф. и чл.-корр. Россельхозакадемии ФЕДОРЕНКО, В.Ф. ч. I. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. 372 с.
72. *Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства*. Под ред. директора Департамента научно-технологической политики и образования Минсельхоза России НУНГЕЗЕРА, В. В., акад. Россельхозакадемии ЛАЧУГИ, Ю.Ф. и чл.-корр. Россельхозакадемии ФЕДОРЕНКО, В.Ф. ч. II. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. 492 с.
73. РАДЕР, Джесси, МИЛЛСАП, Кэрн. *Бейсик для персонального компьютера фирмы IBM*. Москва: Радио и связь, 1991. 410 с.
74. САЛТЫКОВ, А. И., СЕМАШКО, Г. Л. *Программирование для всех*. Москва: Наука, 1978.
75. *Сеялки тракторные. Методы испытаний ГОСТ 31345-2007*. Москва: Стандартинформ, 2008. 53 с.
76. *Сеялки кукурузные. Общие технические условия. ГОСТ 6654-80*. Москва: Изд. Стандартов, 1980. 80 с.
77. *Arduino Uno*. ©2017 [citat 12.03.2017]. Disponibil: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>.
78. РЕШЕТОВ, Д. Н. *Детали машин*. Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. 4-ое издание, переработанное и дополненное. Москва: Машиностроение, 1989.

79. *Динамометры общего назначения. Паспорт* ©2016 [citat 27.09.2016]. Disponibil: [http://laborant.ru/netcat\\_files/528/350/h\\_1f0b46d5f88ee42945d7e69580c297ef](http://laborant.ru/netcat_files/528/350/h_1f0b46d5f88ee42945d7e69580c297ef).
80. МЕЛЬНИКОВ С. В., АЛЕШКИН, В. Р., РОЩИН, П. М. *Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов*. 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. 168 с. ил.
81. Minitab® 17.1.0 [software]. 05 December 2018 [citat 19.11.2018]. Disponibil: <http://www.minitab.com/en-us/>.
82. TIMOFTI, Elena. *Statistică: Teorie și aplicații* (manual). Univ. Agrară de Stat din Moldova. Ch.: UASM, 2010. 283 p.
83. ВОЗНЕСЕНСКИЙ, В. А. *Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях*. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Финансы и статистика, 1981. 263 с. ил.
84. ЛУРЬЕ, А. *Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления*. Москва: Колос, 1979. 311 с.
85. ЛУРЬЕ, А. *Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов*. Москва: Колос, 1981. 400 с.
86. ДОСПЕХОВ, Б. А. *Методика полевого опыта* (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с., ил.
87. RAGHAVENDRA, N.V., KRISHNAMURTHY, L. *ENGINEERING METROLOGY AND MEASUREMENTS*. Oxford University Press, 2013. 508 p. ISBN-13: 978-0-19-808549-2. ISBN-10: 0-19-808549-4.
88. Porumb M45 ©2018 [citat 15.03.2018]. Disponibil: <http://porumbeni.md/>.
89. PORUMBENI 374 MRf – *hibrid simplu modificat, mediu, FAO 380*. ©2018 [citat 15.03.2018]. Disponibil: <http://porumbeni.md/hibrizi/porumbeni-374>.
90. CARTE TEHNICĂ. *Instrucțiuni de operare și întreținere. SEMANATORI DE PRECIZIE PENTRU PLANTE PRASITOARESP4; SPC 4M, - 6M, - 8M; SPC4FS, - 6FS, - 8FS, SPC6ML, - 8ML și SPC6FSL, - 8FSL*. ©2017 [citat 11.03.2017]. Disponibil: <http://www.ceahlau.com>.
91. *Сеялки универсальные пневматические УПС-6, УПС-8, УПС-12 и их модификации УПС-6-01, УПС-8-01, УПС-12-01, УПС-6-02, УПС-8-02*. Руководство по эксплуатации (для оператора), 509.046.5020А РЭ. ОАО «ЧЕРВОНА ЗИРКА», 2010.
92. NASTAS, A. Stoicev, P., Serbin, V. Argumentarea parametrilor constructiv-funcționali ai secției mașinii de semănat rotative. In: *Vol. 51: Inginerie Agrară și Transport Auto: Materialele Simpozionului Științific Internațional "Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto"*, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. 2018. pp. 139-141. ISBN 978-9975-64-300-9.



93. *Методика определения экономической эффективности использования и внедрения техники в сельском хозяйстве*. Кишинёв: ШТИИЦА, 1979. 40 с.
94. *Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений*. Москва: ВНИИПИ, 1983, 150 с.
95. **NASTAS, A.** Rezistența la tracțiune a semănătoarelor rotative. In: *Știința agricolă*. 2018, nr. 2, pp. 149-153. ISSN 1857-0003.
96. БУЗЕНКОВ, Г. Ф., МА, С. А. *Машины для посева сельскохозяйственных культур*. Москва: Машиностроение, 1976. 272 с.
97. ВАЛИЕВ, А. Р., ЗИГАНШИН, Б. Г., СЕМУШКИН, Н. И., ЯХИН, С. М. *Машины для предпосевной подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур: регулировка, настройка и эксплуатация*. Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2013. 156 с.
98. GASSEN, D.N., GASSEN, F.R. *Plantio direto Passo Fundo: Aldcia Sul*. 1996. 207 стр. *Прямой посев; Почвы; Сев; Вредители; Болезни растений; Сорные растения; Вода*.
99. КОЛЕДА, К.В. ДУДУКА, А. А. *Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Рекомендации*. Гродно: ГГАУ, 2010. 340 с. ISBN 978-985-6784-71-5.
100. ВОЙТЮК, Д.Г., БАРАНОВСЬКИЙ, В.М., БУЛГАКОВ В.М. *Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку*. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с. іл. ISBN 966-8081-38-2.
101. *Proiectarea experimentelor*. ©2016 [citat 22.11.2016]. Disponibil: [https://ro.wikipedia.org/wiki/Proiectarea\\_experimentelor](https://ro.wikipedia.org/wiki/Proiectarea_experimentelor).
102. **NASTAS, A., TABARANU, A.**, Semănătoare manuală. In: *Lucrările conferinței științifice jubiliare studențești 50 ani UTM*, 2014.
103. **NASTAS, A., BOTEZ, A.** Echipamente agricole cu consum redus de energie. In: *Intelectus*. 2015, nr. 4. pp. 109-116. ISSN 1810-7079.
104. **NASTAS, A.** Elemente inovative în construcția semănătoarelor. In: *Lucrările Conferința tehnico-științifică a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților UTM*, 1-17 decembrie, 2017. pp. 492-493, Vol. 1 / Univ. Tehn. a Mold. – Ch.: Tehnica –UTM, 2017.
105. **NASTAS, A.** Mașini agricole pentru mulcire. In: *Meridian ingineresc*. 2017, nr. 3(66), pp. 45-48. ISSN 1683-853X.

# ANEXIE

**Anexa 1. Parametrii traiectoriilor descrise de vârfurile organelor de încorporare în procesul de simulare a mișcării roții secției MSR la calculator**

Nr. crt.	Diametrul exterior, <i>mm</i>	Lungimea organului de încorporare, <i>mm</i>	Viteza de deplasare a barei de tracțiune, <i>m/s</i>	Numărul de rotații ale roții de încorporare <i>n</i> , <i>rot/min</i> , cu coeficientul de alunecare $\varepsilon = 0$	Înălțimea buclei <i>H</i> , <i>mm</i>	Lățimea buclei <i>S</i> , <i>mm</i>	Numărul de rotații ale roții de încorporare <i>n</i> , <i>rot/min</i> , cu coeficientul de alunecare $\varepsilon = -20\%$	Înălțimea buclei <i>H</i> , <i>mm</i>	Lățimea buclei <i>S</i> , <i>mm</i>	Numărul de rotații ale roții de încorporare <i>n</i> , <i>rot/min</i> , cu coeficientul de alunecare $\varepsilon = +20\%$	Înălțimea buclei <i>H</i> , <i>mm</i>	Lățimea buclei <i>S</i> , <i>mm</i>
1	572	40	1,85	69,01	100	25	55,21	0	0	82,81	175	50
2			2,19	74,86	165	37,5	59,89	60	12,5	89,83	220	72,5
3			2,55	81,79	215	68,75	65,43	95	23,75	98,15	257,5	98,75
4			3,09	90,13	265	100	72,11	130	35	108,16	295	125
5			3,63	100,38	313	140	80,30	200	65	120,45	380	190
1	572	60	1,85	69,01	100	25	55,21	0	0	82,81	175	50
2			2,19	74,86	165	37,5	59,89	60	12,5	89,83	220	72,5
3			2,55	81,79	215	68,75	65,43	95	23,75	98,15	257,5	98,75
4			3,09	90,13	265	100	72,11	130	35	108,16	295	125
5			3,63	100,38	313	140	80,30	200	65	120,45	380	190
1	572	80	1,85	69,01	100	25	55,21	0	0	82,81	175	50
2			2,19	74,86	165	37,5	59,89	60	12,5	89,83	220	72,5
3			2,55	81,79	215	68,75	65,43	95	23,75	98,15	257,5	98,75
4			3,09	90,13	265	100	72,11	130	35	108,16	295	125
5			3,63	100,38	313	140	80,30	200	65	120,45	380	190
1	572	100	1,85	69,01	100	25	55,21	0	0	82,81	175	50
2			2,19	74,86	165	37,5	59,89	60	12,5	89,83	220	72,5
3			2,55	81,79	215	68,75	65,43	95	23,75	98,15	257,5	98,75
4			3,09	90,13	265	100	72,11	130	35	108,16	295	125
5			3,63	100,38	313	140	80,30	200	65	120,45	380	190
1	572	120	1,85	69,01	100	25	55,21	0	0	82,81	175	50
2			2,19	74,86	165	37,5	59,89	60	12,5	89,83	220	72,5
3			2,55	81,79	215	68,75	65,43	95	23,75	98,15	257,5	98,75
4			3,09	90,13	265	100	72,11	130	35	108,16	295	125
5			3,63	100,38	313	140	80,30	200	65	120,45	380	190

## Anexa 2. Analiza regresională a datelor experimentale

Tabelul A2.1. Response Surface Regression: P1 versus a; z; m  
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	5093,17	565,91	2,78	0,136
Linear	3	1662,51	554,17	2,72	0,154
a	1	1073,57	1073,57	5,27	0,070
z	1	4,91	4,91	0,02	0,883
m	1	584,03	584,03	2,87	0,151
Square	3	2032,94	677,65	3,33	0,114
a*a	1	403,08	403,08	1,98	0,218
z*z	1	1702,20	1702,20	8,36	0,034
m*m	1	119,38	119,38	0,59	0,478
2-Way Interaction	3	1397,72	465,91	2,29	0,196
a*z	1	524,19	524,19	2,58	0,169
a*m	1	235,32	235,32	1,16	0,331
z*m	1	638,21	638,21	3,14	0,137
Error	5	1017,81	203,56		
Lack-of-Fit	3	521,52	173,84	0,70	0,633
Pure Error	2	496,29	248,14		
Total	14	6110,97			

Tabelul A2.2. Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
14,2675	83,341%	53,361%	0,00%

Tabelul A2.3. Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		87,17	8,24	10,58	0,000	
a	23,17	11,58	5,04	2,30	0,070	1,00
z	-1,57	-0,78	5,04	-0,16	0,883	1,00
m	17,09	8,54	5,04	1,69	0,151	1,00
a*a	20,90	10,45	7,43	1,41	0,218	1,01
z*z	42,94	21,47	7,43	2,89	0,034	1,01
m*m	11,37	5,69	7,43	0,77	0,478	1,01
a*z	22,90	11,45	7,13	1,60	0,169	1,00
a*m	-15,34	-7,67	7,13	-1,08	0,331	1,00
z*m	25,26	12,63	7,13	1,77	0,137	1,00

$$Y_1 = 738 - 30,2X_1 - 125,6X_2 - 13,4X_3 + 2,61X_1^2 + 5,37X_2^2 + 0,227X_3^2 + 2,86X_1X_2 - 0,767X_1X_3 + 1,263X_2X_3$$

$$P_1 = 738 - 30,2a - 125,6z - 13,4m + 2,61a^2 + 5,37z^2 + 0,227m^2 + 2,86az - 0,767am + 1,263zm$$

## Anexa 2. Analiza regresională a datelor experimentale

Tabelul A2.4. Response Surface Regression: P2 versus a; z; m  
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	3124,44	347,16	0,62	0,751
Linear	3	1044,78	348,26	0,62	0,633
a	1	503,02	503,02	0,89	0,388
z	1	110,37	110,37	0,20	0,676
m	1	431,39	431,39	0,77	0,421
Square	3	922,83	307,61	0,55	0,672
a*a	1	17,18	17,18	0,03	0,868
z*z	1	714,50	714,50	1,27	0,311
m*m	1	269,20	269,20	0,48	0,520
2-Way Interaction	3	1156,83	385,61	0,68	0,599
a* z	1	791,56	791,56	1,41	0,289
a*m	1	229,99	229,99	0,41	0,551
z*m	1	135,28	135,28	0,24	0,645
Error	5	2815,48	563,10		
Lack-of-Fit	3	277,21	92,40	0,07	0,969
Pure Error	2	2538,27	1269,13		
Total	14	5939,92			

Tabelul A2.5. Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
23,7296	52,60%	0,00%	0,00%

Tabelul A2.6. Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		97,4	13,7	7,11	0,001	
a	15,86	7,93	8,39	0,95	0,388	1,00
z	7,43	3,71	8,39	0,44	0,676	1,00
m	14,69	7,34	8,39	0,88	0,421	1,00
a*a	4,3	2,2	12,3	0,17	0,868	1,01
z*z	27,8	13,9	12,3	1,13	0,311	1,01
m*m	17,1	8,5	12,3	0,69	0,520	1,01
a*z	28,1	14,1	11,9	1,19	0,289	1,00
a*m	-15,2	-7,6	11,9	-0,64	0,551	1,00
z*m	11,6	5,8	11,9	0,49	0,645	1,00

Tabelul A2.7. Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	P2	Fit	Resid	Std Resid
13	138,1	97,4	40,7	2,10

R Large residual

$$Y_{II} = 569 - 3,0X_1 - 85,5X_2 - 16,4X_3 + 0,54X_1^2 + 3,48X_2^2 + 0,342X_3^2 + 3,52X_1X_2 - 0,76X_1X_3 + 0,58X_2X_3$$

$$P_{II} = 569 - 3,0a - 85,5z - 16,4m + 0,54a^2 + 3,48z^2 + 0,342m^2 + 3,52az - 0,76am + 0,58zm$$

## Anexa 2. Analiza regresională a datelor experimentale

Tabelul A2.8. Response Surface Regression: P3 versus a; z; m  
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	5144,27	571,59	1,43	0,361
Linear	3	1858,18	619,39	1,55	0,311
a	1	408,27	408,27	1,02	0,358
z	1	46,72	46,72	0,12	0,746
m	1	1403,19	1403,19	3,52	0,119
Square	3	2215,59	738,53	1,85	0,255
a*a	1	0,31	0,31	0,00	0,979
z*z	1	2189,19	2189,19	5,49	0,066
m*m	1	0,10	0,10	0,00	0,988
2-Way Interaction	3	1070,51	356,84	0,89	0,505
a*z	1	713,40	713,40	1,79	0,239
a*m	1	10,91	10,91	0,03	0,875
z*m	1	346,20	346,20	0,87	0,394
Error	5	1993,65	398,73		
Lack-of-Fit	3	760,20	253,40	0,41	0,765
Pure Error	2	1233,45	616,73		
Total	14	7137,92			

Tabelul A2.9. Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
19,9682	72,07%	21,79%	0,00%

Tabelul A2.10. Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		95,5	11,5	8,28	0,000	
a	14,29	7,14	7,06	1,01	0,358	1,00
z	4,83	2,42	7,06	0,34	0,746	1,00
m	26,49	13,24	7,06	1,88	0,119	1,00
a*a	-0,6	-0,3	10,4	-0,03	0,979	1,01
z*z	48,7	24,3	10,4	2,34	0,066	1,01
m*m	0,3	0,2	10,4	0,02	0,988	1,01
a*z	26,71	13,35	9,98	1,34	0,239	1,00
a*m	-3,30	-1,65	9,98	-0,17	0,875	1,00
z*m	18,61	9,30	9,98	0,93	0,394	1,00

$$Y_{III} = 489 - 10,3X_1 - 126,5X_2 - 2,0X_3 - 0,07X_1^2 + 6,09X_2^2 + 0,007X_3^2 + 3,34X_1X_2 - 0,165X_1X_3 + 0,930X_2X_3$$

$$P_{III} = 489 - 10,3a - 126,5z - 2,0m - 0,07a^2 + 6,09z^2 + 0,007m^2 + 3,34az - 0,165am + 0,930zm$$

### Anexa 3. Rezultatul calculului caracteristicilor numerice

Tabelul A3.1. Calculele necesare pentru determinarea momentelor inițiale și centrale ale procesului aleatoriu  $y(x)$   
(Secția standard: viteza de lucru  $v = 0,47 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ )

Numărul de clase	Valorile medii, $N$	$p_i(y)$	$y_i^{med} p_i(y)$	$y_i^{med} - m_y$	$(y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y)$
1	152,5	0,09	13,725	-156	2190,24	-341677,44	53301680,64
2	197,5	0,12	23,7	-111	1478,52	-164115,72	18216844,92
3	242,5	0,08	19,4	-66	348,48	-22999,68	1517978,88
4	287,5	0,16	46,0	-21	70,56	-1481,76	31116,96
5	332,5	0,22	73,15	24	126,72	3041,28	72990,72
6	377,5	0,2	75,5	69	952,2	65701,8	4533424,2
7	422,5	0,08	33,8	114	1039,68	118523,52	13511681,28
8	467,5	0,05	23,375	159	1264,05	200983,95	31956448,05
$k=8$			$m_y = \sum y_i^{med} p_i(y) = 308,5$		$\sum (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 7470 = \mu_2$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = -142024,57 = \mu_3$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 123142165,7 = \mu_4$

Tabelul A3.2. Calculele necesare pentru determinarea momentelor inițiale și centrale ale procesului aleatoriu  $y(x)$   
(Secția standard: viteza de lucru  $v = 0,91 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ )

Numărul de clase	Valorile medii, $N$	$p_i(y)$	$y_i^{med} p_i(y)$	$y_i^{med} - m_y$	$(y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y)$
1	155	0,09	13,95	-161	2333	-375613	60473693
2	205	0,11	22,55	-111	1355	-150405	16694955
3	255	0,14	35,7	-61	521	-31781	1938641
4	305	0,17	51,85	-11	21	-231	2541
5	355	0,25	88,75	39	380	14820	577980
6	405	0,15	60,75	89	1188	105732	9410148
7	455	0,07	31,85	140	1372	192080	26891200
8	505	0,02	10,1	189	714	134946	25504794
$k=8$			$m_y = \sum y_i^{med} p_i(y) = 316$		$\sum (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 7884 = \mu_2$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = -110452 = \mu_3$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 141493952 = \mu_4$

### Anexa 3. Rezultatul calculului caracteristicilor numerice

Tabelul A3.3. Calculele necesare pentru determinarea momentelor inițiale și centrale ale procesului aleatoriu  $y(x)$   
(Secția standard: viteza de lucru  $v = 1,71 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ )

Numărul de clase	Valorile medii, $N$	$p_i(y)$	$y_i^{med} p_i(y)$	$y_i^{med} - m_y$	$(y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y)$
1	145	0,10	14,5	-178	3168	-563904	100374912
2	195	0,07	13,65	-128	1147	-146816	18792448
3	245	0,15	36,75	-78	913	-71214	5554692
4	295	0,11	32,45	-28	86	-2408	207088
5	345	0,25	86,25	22	121	2662	58564
6	395	0,15	59,25	72	778	56016	4033152
7	445	0,08	35,6	122	1191	145302	17726844
8	495	0,09	44,55	172	2663	458036	78782192
$k=8$			$m_y = \sum y_i^{med} p_i(y) = 323$		$\sum (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 10067 = \mu_2$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = -122326 = \mu_3$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 225529892 = \mu_4$

Tabelul A3.4. Calculele necesare pentru determinarea momentelor inițiale și centrale ale procesului aleatoriu  $y(x)$

(Secția experimentală – viteza de lucru  $v = 0,47 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ , numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35 \text{ kg}$ )

Numărul de clase	Valorile medii, $N$	$p_i(y)$	$y_i^{med} p_i(y)$	$y_i^{med} - m_y$	$(y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y)$
1	100,5	0,16	16,08	-32	164	-5248	167936
2	113,5	0,19	21,565	-19	69	-1311	24909
3	126,5	0,23	29,095	-6	8	-48	288
4	139,5	0,15	20,925	7	7	49	343
5	152,5	0,1	15,25	20	40	800	16000
6	165,5	0,07	11,585	33	76	2508	82764
7	178,5	0,06	10,71	46	127	5842	192786
8	191,5	0,04	7,66	59	139	8201	483859
$k=8$			$m_y = \sum y_i^{med} p_i(y) = 132,5$		$\sum (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 630 = \mu_2$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = 10739 = \mu_3$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 968885 = \mu_4$



### Anexa 3. Rezultatul calculului caracteristicilor numerice

Tabelul A3.5. Calculele necesare pentru determinarea momentelor inițiale și centrale ale procesului aleatoriu  $y(x)$

(Secția experimentală: viteza de lucru  $v = 0,91$  m/s, adâncimea de lucru  $a = 6$  cm, numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35$  kg)

Numărul de clase	Valorile medii, $N$	$p_i(y)$	$y_i^{med} p_i(y)$	$y_i^{med} - m_y$	$(y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y)$
1	105,5	0,21	22,155	-35	257	-8995	314825
2	120,5	0,24	28,92	-20	96	-1920	38400
3	135,5	0,15	20,325	-5	4	-20	100
4	150,5	0,11	16,5	10	11	110	1100
5	165,5	0,1	16,55	25	63	1575	39375
6	180,5	0,08	14,44	40	128	5120	204800
7	195,5	0,07	13,685	55	212	11660	641300
8	210,5	0,04	8,42	70	196	13720	960400
$k=8$			$m_y = \sum y_i^{med} p_i(y) = 140,5$		$\sum (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 967 = \mu_2$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = 21250 = \mu_3$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 2200300 = \mu_4$

Tabelul A3.6. Calculele necesare pentru determinarea momentelor inițiale și centrale ale procesului aleatoriu  $y(x)$

(Secția experimentală: viteza de lucru  $v = 1,71$  m/s, adâncimea de lucru  $a = 6$  cm, numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35$  kg)

Numărul de clase	Valorile medii, $N$	$p_i(y)$	$y_i^{med} p_i(y)$	$y_i^{med} - m_y$	$(y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y)$	$(y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y)$
1	104,5	0,20	20,9	-39	304	-11856	462384
2	121,5	0,25	30,375	-22	121	-2662	58564
3	138,5	0,17	23,545	-5	4	-20	100
4	155,5	0,11	17,105	12	16	192	3072
5	172,5	0,10	17,25	29	84	2436	70644
6	189,5	0,07	13,265	46	148	6808	313168
7	206,5	0,06	12,39	63	238	14994	944622
8	223,5	0,04	8,94	80	256	20480	1638400
$k=8$			$m_y = \sum y_i^{med} p_i(y) = 143,5$		$\sum (y_i^{med} - m_y)^2 p_i(y) = 1171 = \mu_2$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^3 p_i(y) = 30372 = \mu_3$	$\sum (y_i^{med} - m_y)^4 p_i(y) = 3490954 = \mu_4$

#### Anexa 4. Determinarea caracteristicilor probabilitice

Tabelul A4.1. Algoritmul de calcul al funcției de corelație pentru procesul de lucru al secției experimentale de tip rotativ  
(viteza de lucru  $v = 0,47$  m/s, adâncimea de lucru  $a = 6$  cm, numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35$  kg)

N	$y_i$	$m_y$	$y_i^0 = y_i - m_y$	$(y_i^0)^2$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$	$m = 8$	$m = 9$	$m = 10$
1	94,12	132,31	-38,1890	1458,4028	-302,9594	689,0201	-838,5416	234,4868	1305,6466	-1443,9643	-294,5490	232,6190	-2484,4128	1343,8357
2	140,24	132,31	7,9331	62,9349	-143,1327	174,1933	-48,7108	-271,2268	299,9600	61,1877	-48,3228	516,0962	-279,1599	-48,3228
3	114,27	132,31	-18,0424	325,5264	-396,1676	110,7829	616,8506	-682,1986	-139,1592	109,9005	-1173,7568	634,8930	109,9005	362,9354
4	154,27	132,31	21,9576	482,1384	-134,8235	-750,7110	830,2398	169,3576	-133,7495	1428,4692	-772,6686	-133,7495	-441,6946	-158,9343
5	126,17	132,31	-6,1402	37,7016	209,9262	-232,1654	-47,3586	37,4013	-399,4521	216,0664	37,4013	123,5139	44,4438	112,2856
6	98,12	132,31	-34,1890	1168,8905	-1292,7204	-263,6973	208,2540	-2224,1902	1203,0795	208,2540	687,7382	247,4678	625,2177	1237,2686
7	170,12	132,31	37,8110	1429,6687	291,6329	-230,3160	2459,8165	-1330,5314	-230,3160	-760,5958	-273,6841	-691,4521	-1368,3423	2421,0830
8	140,02	132,31	7,7129	59,4891	-46,9813	501,7690	-271,4102	-46,9813	-155,1512	-55,8278	-141,0468	-279,1232	493,8679	-155,1512
9	126,22	132,31	-6,0913	37,1033	-396,2703	214,3453	37,1033	122,5301	44,0898	111,3912	220,4365	-390,0304	122,5301	43,9409
10	197,37	132,31	65,0556	4232,2375	-2289,2459	-396,2703	-1308,6432	-470,8871	-1189,6779	-2354,3015	4165,5945	-1308,6432	-469,2965	-1308,6432
11	97,12	132,31	-35,1890	1238,2686	214,3453	707,8540	254,7060	643,5048	1273,4576	-2253,1982	707,8540	253,8457	707,8540	-764,0568
12	126,22	132,31	-6,0913	37,1033	122,5301	44,0898	111,3912	220,4365	-390,0304	122,5301	43,9409	122,5301	-132,2588	25,9646
13	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	145,6022	367,8583	727,9697	-1288,0366	404,6434	145,1104	404,6434	-436,7717	85,7454	143,6297
14	125,07	132,31	-7,2382	52,3918	132,3659	261,9443	-463,4723	145,6022	52,2149	145,6022	-157,1629	30,8536	51,6821	-260,4460
15	114,02	132,31	-18,2871	334,4173	661,7919	-1170,9446	367,8583	131,9188	367,8583	-397,0659	77,9505	130,5727	-658,0066	367,8583
16	96,12	132,31	-36,1890	1309,6466	-2317,2295	727,9697	261,0594	727,9697	-785,7697	154,2594	258,3956	-1302,1558	727,9697	220,4365
17	196,34	132,31	64,0312	4100,0009	-1288,0366	-461,9067	-1288,0366	1390,3054	-272,9396	-457,1934	2303,9756	-1288,0366	-390,0304	-1288,0366
18	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	145,1104	404,6434	-436,7717	85,7454	143,6297	-723,8059	404,6434	122,5301	404,6434	144,6129
19	125,10	132,31	-7,2138	52,0385	145,1104	-156,6320	30,7494	51,5075	-259,5662	145,1104	43,9409	145,1104	51,8601	261,2378
20	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	-436,7717	85,7454	143,6297	-723,8059	404,6434	122,5301	404,6434	144,6129	728,4672	-238,0779
21	154,02	132,31	21,7129	471,4509	-92,5535	-155,0337	781,2753	-436,7717	-132,2588	-436,7717	-156,0951	-786,3067	256,9811	1369,1222
22	128,05	132,31	-4,2626	18,1698	30,4357	-153,3771	85,7454	25,9646	85,7454	30,6440	154,3648	-50,4496	-268,7810	-93,5967
23	125,17	132,31	-7,1402	50,9819	-256,9176	143,6297	43,4925	143,6297	51,3309	258,5721	-84,5067	-450,2275	-156,7811	143,6297
24	168,29	132,31	35,9820	1294,7079	-723,8059	-219,1757	-723,8059	-258,6764	-1303,0457	425,8619	2268,8715	790,0812	-723,8059	1294,7079
25	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	122,5301	404,6434	144,6129	728,4672	-238,0779	-1268,4117	-441,6946	404,6434	-723,8059	686,7549
26	126,22	132,31	-6,0913	37,1033	122,5301	43,7902	220,5871	-72,0924	-384,0878	-133,7495	122,5301	-219,1757	207,9563	25,9646
27	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	144,6129	728,4672	-238,0779	-1268,4117	-441,6946	404,6434	-723,8059	686,7549	85,7454	146,0927
28	125,12	132,31	-7,1890	51,6823	260,3423	-85,0852	-453,3096	-157,8544	144,6129	-258,6764	245,4350	30,6440	52,2111	144,6129
29	96,10	132,31	-36,2138	1311,4372	-428,6044	-2283,4828	-795,1693	728,4672	-1303,0457	1236,3439	154,3648	263,0061	728,4672	-1303,0457
30	144,15	132,31	11,8354	140,0767	746,2888	259,8776	-238,0779	425,8619	-404,0624	-50,4496	-85,9558	-238,0779	425,8619	485,9100
31	195,37	132,31	63,0556	3976,0149	1384,5539	-1268,4117	2268,8715	-2152,7300	-268,7810	-457,9480	-1268,4117	2268,8715	2588,7906	500,2299
32	154,27	132,31	21,9576	482,1384	-441,6946	790,0812	-749,6377	-93,5967	-159,4696	-441,6946	790,0812	901,4856	174,1933	-749,6377
33	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	-723,8059	686,7549	85,7454	146,0927	404,6434	-723,8059	-825,8652	-159,5813	686,7549	143,6297
34	168,29	132,31	35,9820	1294,7079	-1228,4329	-153,3771	-261,3232	-723,8059	1294,7079	1477,2664	285,4510	-1228,4329	-256,9176	351,2488
35	98,17	132,31	-34,1402	1165,5506	145,5259	247,9463	686,7549	-1228,4329	-1401,6465	-270,8390	1165,5506	243,7662	-333,2687	1302,9456
36	128,05	132,31	-4,2626	18,1698	30,9576	85,7454	-153,3771	-175,0038	-33,8158	145,5259	30,4357	-41,6106	162,6804	-33,2950
37	125,05	132,31	-7,2626	52,7454	146,0927	-261,3232	-298,1708	-57,6153	247,9463	51,8561	-70,8959	277,1742	-56,7279	-107,3865
38	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	-723,8059	-825,8652	-159,5813	686,7549	143,6297	-196,3655	767,7096	-157,1233	-297,4361	122,5301
39	168,29	132,31	35,9820	1294,7079	1477,2664	285,4510	-1228,4329	-256,9176	351,2488	-1373,2405	281,0543	532,0388	-219,1757	-658,0066
40	173,37	132,31	41,0556	1685,5664	325,7006	-1401,6465	-293,1439	400,7762	-1566,8725	320,6840	607,0583	-250,0802	-750,7880	-1406,6733
41	140,24	132,31	7,9331	62,9349	-270,8390	-56,6440	77,4417	-302,7655	61,9655	117,3014	-48,3228	-145,0741	-271,8103	-49,8763
42	98,17	132,31	-34,1402	1165,5506	243,7662	-333,2687	1302,9456	-266,6674	-504,8042	207,9563	624,3239	1169,7307	214,6419	1269,6398

43	125,17	132,31	-7,1402	50,9819	-69,7007	272,5014	-55,7715	-105,5761	43,4925	130,5727	244,6405	44,8908	265,5357	-156,7811
44	142,07	132,31	9,7618	95,2923	-372,5544	76,2489	144,3399	-59,4614	-178,5144	-334,4640	-61,3731	-363,0312	214,3457	77,4417
45	94,15	132,31	-38,1646	1456,5367	-298,1022	-564,3105	232,4701	697,9191	1307,6185	239,9439	1419,3049	-838,0049	-302,7655	767,7096
46	140,12	132,31	7,8110	61,0111	115,4946	-47,5785	-142,8396	-267,6238	-49,1081	-290,4821	171,5103	61,9655	-157,1233	-266,6674
47	147,10	132,31	14,7862	218,6326	-90,0666	-270,3970	-506,6147	-92,9622	-549,8857	324,6708	117,3014	-297,4361	-504,8042	114,4070
48	126,22	132,31	-6,0913	37,1033	111,3912	208,7021	38,2962	226,5278	-133,7495	-48,3228	122,5301	207,9563	-47,1304	220,7361
49	114,02	132,31	-18,2871	334,4173	626,5629	114,9723	680,0790	-401,5413	-145,0741	367,8583	624,3239	-141,4944	662,6913	407,1180
50	98,05	132,31	-34,2626	1173,9258	215,4117	1274,1932	-752,3262	-271,8103	689,2179	1169,7307	-265,1034	1241,6157	762,7746	1171,4054
51	126,02	132,31	-6,2871	39,5274	233,8105	-138,0495	-49,8763	126,4693	214,6419	-48,6457	227,8326	139,9668	214,9492	-49,8763
52	95,12	132,31	-37,1890	1383,0247	-816,5839	-295,0262	748,0855	1269,6398	-287,7465	1347,6646	827,9247	1271,4576	-295,0262	-1859,7030
53	154,27	132,31	21,9576	482,1384	174,1933	-441,6946	-749,6377	169,8951	-795,7061	-488,8344	-750,7110	174,1933	1098,0307	174,1933
54	140,24	132,31	7,9331	62,9349	-159,5813	-270,8390	61,3819	-287,4832	-176,6125	-271,2268	62,9349	396,7110	62,9349	-159,5813
55	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	686,7549	-155,6436	728,9590	447,8289	687,7382	-159,5813	-1005,9233	-159,5813	404,6434	-158,1066
56	98,17	132,31	-34,1402	1165,5506	-264,1561	1237,1787	760,0488	1167,2193	-270,8390	-1707,2385	-270,8390	686,7549	-268,3362	247,9463
57	140,05	132,31	7,7374	59,8674	-280,3896	-172,2546	-264,5343	61,3819	386,9222	61,3819	-155,6436	60,8147	-56,1936	-155,6436
58	96,07	132,31	-36,2382	1313,2086	806,7570	1238,9500	-287,4832	-1812,1556	-287,4832	728,9590	-284,8266	263,1837	728,9590	-795,7061
59	110,05	132,31	-22,2626	495,6234	761,1369	-176,6125	-1113,2803	-176,6125	447,8289	-174,9805	161,6844	447,8289	-488,8344	160,5973
60	98,12	132,31	-34,1890	1168,8905	-271,2268	-1709,6828	-271,2268	687,7382	-268,7204	248,3013	687,7382	-750,7110	246,6319	1134,7014
61	140,24	132,31	7,9331	62,9349	396,7110	62,9349	-159,5813	62,3533	-57,6153	-159,5813	174,1933	-57,2279	-263,2936	-56,8378
62	182,32	132,31	50,0067	2500,6750	396,7110	-1005,9233	393,0450	-363,1790	-1005,9233	1098,0307	-360,7372	-1659,6760	-358,2784	390,6007
63	140,24	132,31	7,9331	62,9349	-159,5813	62,3533	-57,6153	-159,5813	174,1933	-57,2279	-263,2936	-56,8378	61,9655	-295,4164
64	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	-158,1066	146,0927	404,6434	-441,6946	145,1104	667,6225	144,1213	-157,1233	749,0748	122,5301
65	140,17	132,31	7,8598	61,7771	-57,0829	-158,1066	172,5836	-56,6991	-260,8605	-56,3126	61,3929	-292,6864	-47,8763	-47,8763
66	125,05	132,31	-7,2626	52,7454	146,0927	-159,4696	52,3907	241,0387	52,0336	-56,7279	270,4463	44,2383	44,2383	146,0927
67	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	-441,6946	145,1104	667,6225	144,1213	-157,1233	749,0748	122,5301	122,5301	404,6434	143,6297
68	154,27	132,31	21,9576	482,1384	-158,3974	-728,7533	-157,3178	171,5103	-817,6638	-133,7495	-133,7495	-441,6946	-156,7811	-489,3719
69	125,10	132,31	-7,2138	52,0385	239,4181	51,6838	-56,3465	268,6280	43,9409	43,9409	145,1104	51,5075	160,7739	51,5075
70	99,12	132,31	-33,1890	1101,5124	237,7862	-259,2383	1235,9008	202,1628	202,1628	667,6225	236,9751	739,6868	236,9751	-1194,2097
71	125,15	132,31	-7,1646	51,3315	-55,9624	266,7970	43,6414	43,6414	144,1213	51,1564	159,6780	51,1564	-257,7970	121,9268
72	140,12	132,31	7,8110	61,0111	-290,8662	-47,5785	-47,5785	-157,1233	-55,7715	-174,0835	-55,7715	281,0543	-132,9265	14,3362
73	95,07	132,31	-37,2382	1386,6851	226,8273	226,8273	749,0748	265,8869	829,9312	265,8869	-1339,9075	633,7182	-68,3470	-1862,1624
74	126,22	132,31	-6,0913	37,1033	37,1033	122,5301	43,4925	135,7562	43,4925	-219,1757	103,6606	-11,1799	-304,6036	226,2300
75	126,22	132,31	-6,0913	37,1033	122,5301	43,4925	135,7562	43,4925	-219,1757	103,6606	-11,1799	-304,6036	226,2300	-144,8879
76	112,20	132,31	-20,1158	404,6434	143,6297	448,3213	143,6297	-723,8059	342,3288	-36,9204	-1005,9233	747,1022	-478,4779	-36,9204
77	125,17	132,31	-7,1402	50,9819	159,1333	50,9819	-256,9176	121,5109	-13,1050	-357,0562	265,1867	-169,8375	-13,1050	157,5537
78	110,02	132,31	-22,2871	496,7140	159,1333	-801,9348	379,2804	-40,9057	-1114,5045	827,7457	-530,1256	-40,9057	491,7834	-489,3719
79	125,17	132,31	-7,1402	50,9819	-256,9176	121,5109	-13,1050	-357,0562	265,1867	-169,8375	-13,1050	157,5537	-156,7811	50,9819
80	168,29	132,31	35,9820	1294,7079	-612,3407	66,0414	1799,3453	-1336,3791	855,8773	66,0414	-793,9745	790,0812	-256,9176	2369,7720
81	115,29	132,31	-17,0180	289,6106	-31,2347	-851,0124	632,0494	-404,7929	-31,2347	375,5155	-373,6742	121,5109	-1120,7995	-406,0456
82	134,15	132,31	1,8354	3,3687	91,7824	-68,1670	43,6572	3,3687	-40,4997	40,3011	-13,1050	120,8791	43,7923	-29,5788
83	182,32	132,31	50,0067	2500,6750	-1857,2587	1189,4720	91,7824	-1103,4415	1098,0307	-357,0562	3293,4365	1193,1530	-805,8963	-310,7305
84	95,17	132,31	-37,1402	1379,3915	-883,4244	-68,1670	819,5292	-815,5106	265,1867	-2446,0450	-886,1583	598,5416	230,7804	1263,4321
85	156,10	132,31	23,7862	565,7847	43,6572	-524,8634	522,2897	-169,8375	1566,5573	567,5356	-383,3329	-147,8022	-809,1588	191,6135
86	134,15	132,31	1,8354	3,3687	-40,4997	40,3011	-13,1050	120,8791	43,7923	-29,5788	-11,4048	-62,4365	14,7853	7,3990
87	110,25	132,31	-22,0659	486,9018	-484,5142	157,5537	-1453,2534	-526,4877	355,6077	137,1121	750,6350	-177,7548	-88,9529	-1059,8504
88	154,27	132,31	21,9576	482,1384	-156,7811	1446,1273	523,9060	-353,8640	-136,4398	-746,9542	176,8831	88,5168	1054,6533	1098,0307
89	125,17	132,31	-7,1402	50,9819	-470,2498	-170,3631	115,0690	44,3673	242,8936	-57,5186	-28,7838	-342,9508	-357,0562	257,8723
90	198,17	132,31	65,8598	4337,5185	1571,4052	-1061,3807	-409,2379	-2240,4168	530,5438	265,4974	3163,3304	3293,4365	-2378,5775	-338,5301

91	156,17	132,31	23,8598	569,2919	-384,5192	-148,2596	-811,6628	192,2065	96,1850	1146,0179	1193,1530	-861,7160	-122,6434	674,1180
92	116,20	132,31	-16,1158	259,7174	100,1396	548,2248	-129,8228	-64,9666	-774,0596	-805,8963	582,0324	82,8375	-455,3223	-366,8232
93	126,10	132,31	-6,2138	38,6109	211,3797	-50,0560	-25,0493	-298,4552	-310,7305	224,4150	31,9398	-175,5592	-141,4365	32,7006
94	98,29	132,31	-34,0180	1157,2210	-274,0367	-137,1348	-1633,9247	-1701,1271	1228,5838	174,8577	-961,1176	-774,3091	179,0229	-1224,0356
95	140,37	132,31	8,0556	64,8935	32,4743	386,9229	402,8368	-290,9358	-41,4073	227,5983	183,3609	-42,3937	289,8588	402,8368
96	136,34	132,31	4,0312	16,2510	193,6260	201,5897	-145,5916	-20,7213	113,8959	91,7584	-21,2149	145,0526	201,5897	-97,3150
97	180,34	132,31	48,0312	2307,0009	2401,8867	-1734,6846	-246,8883	1357,0389	1093,2767	-252,7693	1728,2628	2401,8867	-1159,4821	2489,7190
98	182,32	132,31	50,0067	2500,6750	-1806,0313	-257,0427	1412,8532	1138,2426	-263,1655	1799,3453	2500,6750	-1207,1710	2592,1198	-1208,3931
99	96,20	132,31	-36,1158	1304,3474	185,6408	-1020,3873	-822,0587	190,0628	-1299,5187	-1806,0313	871,8400	-1872,0744	872,7227	-283,8640
100	127,17	132,31	-5,1402	26,4212	-145,2262	-116,9992	27,0506	-184,9535	-257,0427	124,0843	-266,4423	124,2099	-40,4008	-200,5010
101	160,56	132,31	28,2532	798,2461	643,0942	-148,6856	1016,6098	1412,8532	-682,0380	1464,5185	-682,7285	222,0660	1102,0674	0,0000
102	155,07	132,31	22,7618	518,0986	-119,7862	819,0155	1138,2426	-549,4730	1179,8659	-550,0293	178,9039	887,8630	0,0000	0,0000
103	127,05	132,31	-5,2626	27,6950	-189,3592	-263,1655	127,0400	-272,7890	127,1686	-41,3632	-205,2769	0,0000	0,0000	0,0000
104	168,29	132,31	35,9820	1294,7079	1799,3453	-868,6124	1865,1439	-869,4919	282,8131	1403,5428	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
105	182,32	132,31	50,0067	2500,6750	-1207,1710	2592,1198	-1208,3931	393,0450	1950,6008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
106	108,17	132,31	-24,1402	582,7473	-1251,3149	583,3373	-189,7378	-941,6292	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
107	184,15	132,31	51,8354	2686,9086	-1252,5817	407,4179	2021,9304	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
108	108,15	132,31	-24,1646	583,9279	-189,9299	-942,5825	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
109	140,17	132,31	7,8598	61,7771	306,5868	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110	171,32	132,31	39,0067	1521,5265	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total				<b>81805,2576</b>	<b>-8665,4029</b>	<b>-4117,8830</b>	<b>9795,3270</b>	<b>-13756,1777</b>	<b>2557,1015</b>	<b>-1246,5633</b>	<b>20561,6907</b>	<b>7206,4622</b>	<b>979,4137</b>	<b>6993,2732</b>
Ordine de calcul		$\frac{1}{N-m}$		110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100
	$R_y(\tau m)$			<b>743,6841</b>	<b>-79,4991</b>	<b>-38,1285</b>	<b>91,5451</b>	<b>-129,7752</b>	<b>24,3533</b>	<b>-11,9861</b>	<b>199,6280</b>	<b>70,6516</b>	<b>9,6971</b>	<b>69,9327</b>

#### Anexa 4. Determinarea caracteristicilor probabilitice

Tabelul A4.2. Algoritm de calcul al funcției de corelație pentru procesul de lucru al secției experimentale de tip rotativ (viteza de lucru  $v = 0,91$  m/s, adâncimea de lucru  $a = 6$  cm, numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35$  kg)

Nr.	$y_i$	$m_y$	$y_i^0 = y_i - m_y$	$(y_i^0)^2$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$	$m = 8$	$m = 9$	$m = 10$
1	98,12	138,43	-40,3112	1624,9946	-353,2097	492,3383	-73,0024	575,9176	939,7038	-1073,8748	-2053,1903	900,3895	-1842,7557	-564,6340
2	147,20	138,43	8,7621	76,7738	-107,0149	15,8678	-125,1818	-204,2545	233,4180	446,2825	-195,7091	400,5424	122,7291	-344,8785
3	126,22	138,43	-12,2134	149,1679	-22,1181	174,4906	284,7100	-325,3609	-622,0724	272,7986	-558,3153	-171,0719	480,7256	298,1208
4	140,24	138,43	1,8110	3,2796	-25,8729	-42,2159	48,2435	92,2389	-40,4497	82,7852	25,3660	-71,2804	-44,2044	54,0753
5	124,15	138,43	-14,2868	204,1121	333,0423	-380,5941	-727,6753	319,1089	-653,0948	-200,1131	562,3335	348,7298	-426,6014	575,2193
6	115,12	138,43	-23,3112	543,4130	-621,0016	-1187,3214	520,6783	-1065,6310	-326,5172	917,5390	569,0097	-696,0700	938,5644	847,6054
7	165,07	138,43	26,6396	709,6682	1356,8472	-595,0208	1217,7818	373,1374	-1048,5453	-650,2529	795,4549	-1072,5726	-968,6265	-619,0492
8	189,37	138,43	50,9335	2594,2182	-1137,6475	2328,3328	713,4184	-2004,7618	-1243,2484	1520,8667	-2050,7007	-1851,9614	-1183,5885	92,2389
9	116,10	138,43	-22,3360	498,8947	-1021,0482	-312,8567	879,1520	545,2041	-666,9486	899,2977	812,1442	519,0413	-40,4497	-1018,3125
10	184,15	138,43	45,7132	2089,6983	640,2990	-1799,2906	-1115,8259	1364,9907	-1840,5212	-1662,1510	-1062,2806	82,7852	2084,0994	-1110,2269
11	152,44	138,43	14,0069	196,1924	-551,3160	-341,8973	418,2433	-563,9493	-509,2954	-325,4907	25,3660	638,5835	-340,1818	220,0930
12	99,07	138,43	-39,3604	1549,2412	960,7583	-1175,2964	1584,7419	1431,1600	914,6543	-71,2804	-1794,4698	955,9375	-618,4786	960,7583
13	114,02	138,43	-24,4093	595,8120	-728,8573	982,7740	887,5305	567,2207	-44,2044	-1112,8363	592,8224	-383,5481	595,8120	594,6194
14	168,29	138,43	29,8599	891,6117	-1202,2282	-1085,7168	-693,8816	54,0753	1361,3335	-725,2001	469,1946	-728,8573	-727,3984	766,3251
15	98,17	138,43	-40,2623	1621,0561	1463,9549	935,6135	-72,9138	-1835,5899	977,8427	-632,6510	982,7740	980,8068	-1033,2947	-1364,2721
16	102,07	138,43	-36,3604	1322,0788	844,9405	-65,8475	-1657,6976	883,0771	-571,3389	887,5305	885,7540	-933,1551	-1232,0565	919,4375
17	115,20	138,43	-23,2379	540,0015	-42,0832	-1059,4345	564,3746	-365,1427	567,2207	566,0853	-596,3794	-787,4073	587,6125	915,7897
18	140,24	138,43	1,8110	3,2796	82,5634	-43,9826	28,4561	-44,2044	-44,1159	46,4768	61,3639	-45,7936	-71,3689	3,2796
19	184,02	138,43	45,5907	2078,5154	-1107,2523	716,3772	-1112,8363	-1110,6087	1170,0429	1544,8225	-1152,8430	-1796,6973	82,5634	721,9507
20	114,15	138,43	-24,2868	589,8478	-381,6235	592,8224	591,6357	-623,2971	-822,9471	614,1345	957,1241	-43,9826	-384,5926	349,9546
21	154,15	138,43	15,7132	246,9052	-383,5481	-382,7803	403,2648	532,4356	-397,3367	-619,2463	28,4561	248,8262	-226,4159	469,1946
22	114,02	138,43	-24,4093	595,8120	594,6194	-626,4405	-827,0973	617,2317	961,9510	-44,2044	-386,5321	351,7194	-728,8573	985,7627
23	114,07	138,43	-24,3604	593,4292	-625,1865	-825,4417	615,9961	960,0254	-44,1159	-385,7584	351,0154	-727,3984	983,7895	297,5241
24	164,10	138,43	25,6640	658,6434	869,6152	-648,9612	-1011,4012	46,4768	406,4022	-369,8000	766,3251	-1036,4370	-313,4461	46,4768
25	172,32	138,43	33,8846	1148,1640	-856,8317	-1335,3658	61,3639	536,5780	-488,2516	1011,7888	-1368,4209	-413,8469	-61,3639	-860,9819
26	113,15	138,43	-25,2868	639,4213	996,5334	-45,7936	-400,4280	364,3638	-755,0600	1021,2011	308,8384	-45,7936	642,5184	233,5976
27	99,02	138,43	-39,4093	1553,0899	-71,3689	-624,0641	567,8584	-1176,7554	1591,5344	481,3223	-71,3689	1001,3602	364,0601	-71,3689
28	140,24	138,43	1,8110	3,2796	28,6775	-26,0947	54,0753	-73,1356	-22,1181	3,2796	-46,0154	-16,7296	3,2796	-71,3246
29	154,27	138,43	15,8355	250,7621	-228,1774	472,8450	-639,5119	-193,4054	28,6775	-402,3676	-146,2870	28,6775	-623,6765	565,5355
30	124,02	138,43	-14,4093	207,6268	-430,2587	581,9149	175,9865	-26,0947	366,1287	133,1118	-26,0947	567,5056	-514,6011	-254,5259
31	168,29	138,43	29,8599	891,6117	-1205,8843	-364,6915	54,0753	-758,7172	-275,8434	54,0753	-1176,0244	1066,3920	527,4462	-279,5004
32	98,05	138,43	-40,3848	1630,9306	493,2368	-73,1356	1026,1475	373,0718	-73,1356	1590,5458	-1442,2705	-713,3587	378,0178	1625,9859
33	126,22	138,43	-12,2134	149,1679	-22,1181	310,3343	112,8268	-22,1181	481,0233	-436,1809	-215,7386	114,3226	491,7413	199,8166
34	140,24	138,43	1,8110	3,2796	-46,0154	-16,7296	3,2796	-71,3246	64,6755	31,9890	-16,9514	-72,9138	-29,6282	-72,9138
35	113,02	138,43	-25,4093	645,6306	234,7290	-46,0154	1000,7382	-907,4465	-448,8304	237,8409	1023,0364	415,7057	1023,0364	-303,2206
36	129,20	138,43	-9,2379	85,3394	-16,7296	363,8339	-329,9163	-163,1793	86,4707	371,9408	151,1363	371,9408	-110,2406	-70,8000
37	140,24	138,43	1,8110	3,2796	-71,3246	64,6755	31,9890	-16,9514	-72,9138	-29,6282	-72,9138	21,6111	13,8794	-36,9162
38	99,05	138,43	-39,3848	1551,1610	-1406,5573	-695,6947	368,6574	1585,7235	644,3508	1585,7235	-469,9971	-301,8469	802,8502	-2006,9685
39	174,15	138,43	35,7132	1275,4340	630,8400	-334,2901	-1437,8978	-584,2826	-1437,8978	426,1826	273,7078	-728,0062	1819,8731	64,6755
40	156,10	138,43	17,6640	312,0186	-165,3426	-711,1960	-288,9909	-711,1960	210,7934	135,3781	-360,0778	900,1240	31,9890	-413,0699
41	129,07	138,43	-9,3604	87,6171	376,8717	153,1399	376,8717	-111,7021	-71,7386	190,8097	-476,9870	-16,9514	218,8909	-148,2263
42	98,17	138,43	-40,2623	1621,0561	658,7081	1621,0561	-480,4694	-308,5725	820,7390	-2051,6871	-72,9138	941,5261	-637,5730	-2095,8871

43	122,07	138,43	-16,3604	267,6627	658,7081	-195,2363	-125,3869	333,5032	-833,6928	-29,6282	382,5844	-259,0746	-851,6533	643,1474
44	98,17	138,43	-40,2623	1621,0561	-480,4694	-308,5725	820,7390	-2051,6871	-72,9138	941,5261	-637,5730	-2095,8871	1582,7618	95,0353
45	150,37	138,43	11,9335	142,4077	91,4587	-243,2611	608,1053	21,6111	-279,0616	188,9721	621,2059	-469,1192	-28,1678	404,3604
46	146,10	138,43	7,6640	58,7376	-156,2300	390,5443	13,8794	-179,2221	121,3638	398,9579	-301,2831	-18,0902	259,6930	443,8179
47	118,05	138,43	-20,3848	415,5393	-1038,7671	-36,9162	476,6937	-322,8026	-1061,1455	801,3507	48,1163	-690,7295	-1180,4637	455,3135
48	189,39	138,43	50,9580	2596,7146	92,2833	-1191,6410	806,9433	2652,6562	-2003,2200	-120,2813	1726,6888	2950,9285	-1138,1947	-1647,7744
49	140,24	138,43	1,8110	3,2796	-42,3491	28,6775	94,2714	-71,1914	-4,2746	61,3639	104,8715	-40,4497	-58,5594	104,8715
50	115,05	138,43	-23,3848	546,8480	-370,3090	-1217,3128	919,2843	55,1975	-792,3832	-1354,1909	522,3213	756,1692	-1354,1909	942,0976
51	154,27	138,43	15,8355	250,7621	824,3275	-622,5116	-37,3781	536,5780	917,0172	-353,7003	-512,0549	917,0172	-637,9601	-100,7199
52	190,49	138,43	52,0558	2709,8030	-2046,3758	-122,8725	1763,8873	3014,5011	-1162,7151	-1683,2728	3014,5011	-2097,1594	-331,0956	-1209,6684
53	99,12	138,43	-39,3112	1545,3721	92,7903	-1332,0438	-2276,4762	878,0535	1271,1657	-2276,4762	1583,7226	250,0352	913,5115	-1260,1514
54	136,07	138,43	-2,3604	5,5715	-79,9812	-136,6886	52,7218	76,3258	-136,6886	95,0930	15,0131	54,8508	-75,6645	57,4426
55	172,32	138,43	33,8846	1148,1640	1962,2238	-756,8441	-1095,6898	1962,2238	-1365,1002	-215,5195	-787,4073	1086,1959	-824,6132	1139,8633
56	196,34	138,43	57,9091	3353,4602	-1293,4541	-1872,5448	3353,4602	-2332,9700	-368,3249	-1345,6870	1856,3197	-1409,2723	1948,0378	-1403,5960
57	116,10	138,43	-22,3360	498,8947	722,2542	-1293,4541	899,8436	142,0656	519,0413	-715,9961	543,5666	-751,3724	541,3773	-1293,4541
58	106,10	138,43	-32,3360	1045,6138	-1872,5448	1302,7114	205,6696	751,4206	-1036,5538	786,9261	-1087,7684	783,7566	-1872,5448	1305,8803
59	196,34	138,43	57,9091	3353,4602	-2332,9700	-368,3249	-1345,6870	1856,3197	-1409,2723	1948,0378	-1403,5960	3353,4602	-2338,6451	-1468,5972
60	98,15	138,43	-40,2868	1623,0248	256,2401	936,1815	-1291,4237	980,4172	-1355,2312	976,4682	-2332,9700	1626,9729	1021,6890	-1291,4237
61	132,07	138,43	-6,3604	40,4547	147,8026	-203,8876	154,7864	-213,9614	154,1630	-368,3249	256,8634	161,3023	-203,8876	161,3023
62	115,20	138,43	-23,2379	540,0015	-744,9098	565,5172	-781,7147	563,2394	-1345,6870	938,4588	589,3233	-744,9098	589,3233	935,6135
63	170,49	138,43	32,0558	1027,5723	-780,1076	1078,3432	-776,9655	1856,3197	-1294,5652	-812,9472	1027,5723	-812,9472	-1290,6403	2531,8405
64	114,10	138,43	-24,3360	592,2385	-818,6516	589,8531	-1409,2723	982,8021	617,1695	-780,1076	617,1695	979,8224	-1922,1111	739,4426
65	172,07	138,43	33,6396	1131,6226	-815,3543	1948,0378	-1358,5278	-853,1137	1078,3432	-853,1137	-1354,4090	2656,9352	-1022,1319	532,6988
66	114,20	138,43	-24,2379	587,4773	-1403,5960	978,8436	614,6837	-776,9655	614,6837	975,8759	-1914,3692	736,4643	-383,8190	-871,5468
67	196,34	138,43	57,9091	3353,4602	-2338,6451	-1468,5972	1856,3197	-1468,5972	-2331,5547	4573,7954	-1759,5544	917,0172	2082,2925	-1759,5544
68	98,05	138,43	-40,3848	1630,9306	1024,1743	-1294,5652	1024,1743	1625,9859	-3189,6857	1227,0828	-639,5119	-1452,1547	1227,0828	375,0446
69	113,07	138,43	-25,3604	643,1500	-812,9472	643,1500	1021,0691	-2003,0246	770,5703	-401,5938	-911,9085	770,5703	235,5165	-664,5026
70	170,49	138,43	32,0558	1027,5723	-812,9472	-1290,6403	2531,8405	-974,0075	507,6181	1152,6603	-974,0075	-297,6949	839,9371	-1228,0956
71	113,07	138,43	-25,3604	643,1500	1021,0691	-2003,0246	770,5703	-401,5938	-911,9085	770,5703	235,5165	-664,5026	971,5880	-194,9905
72	98,17	138,43	-40,2623	1621,0561	-3180,0151	1223,3624	-637,5730	-1447,7520	1223,3624	373,9076	-1054,9687	1542,4995	-309,5682	-72,9138
73	217,42	138,43	78,9824	6238,2145	-2399,8620	1250,7228	2840,0455	-2399,8620	-733,4920	2069,5251	-3025,9110	607,2779	143,0346	3321,6642
74	108,05	138,43	-30,3848	923,2349	-481,1573	-1092,5750	923,2349	282,1768	-796,1532	1164,0781	-233,6219	-55,0259	-1277,8553	1223,3624
75	154,27	138,43	15,8355	250,7621	569,4113	-481,1573	-147,0605	414,9268	-606,6761	121,7554	28,6775	665,9728	-637,5730	1250,7228
76	174,39	138,43	35,9580	1292,9755	-1092,5750	-333,9338	942,1839	-1377,5937	276,4729	65,1187	1512,2400	-1447,7520	2840,0455	569,4113
77	108,05	138,43	-30,3848	923,2349	282,1768	-796,1532	1164,0781	-233,6219	-55,0259	-1277,8553	1223,3624	-2399,8620	-481,1573	741,6701
78	129,15	138,43	-9,2868	86,2443	-243,3357	355,7879	-71,4040	-16,8181	-390,5627	373,9076	-733,4920	-147,0605	226,6835	-333,9338
79	164,64	138,43	26,2024	686,5641	-1003,8447	201,4642	47,4517	1101,9607	-1054,9687	2069,5251	414,9268	-639,5805	942,1839	-320,0208
80	100,12	138,43	-38,3112	1467,7497	-294,5665	-69,3804	-1611,2079	1542,4995	-3025,9110	-606,6761	935,1486	-1377,5937	467,9115	1506,0609
81	146,12	138,43	7,6888	59,1173	13,9241	323,3575	-309,5682	607,2779	121,7554	-187,6774	276,4729	-93,9064	-302,2553	-187,6774
82	140,24	138,43	1,8110	3,2796	76,1617	-72,9138	143,0346	28,6775	-44,2044	65,1187	-22,1181	-71,1914	-44,2044	130,2692
83	180,49	138,43	42,0558	1768,6877	-1693,2637	3321,6642	665,9728	-1026,5503	1512,2400	-513,6452	-1653,2636	-1026,5503	3025,2173	-1652,2358
84	98,17	138,43	-40,2623	1621,0561	-3180,0151	-637,5730	982,7740	-1447,7520	491,7413	1582,7618	982,7740	-2896,2099	1581,7778	1016,1382
85	217,42	138,43	78,9824	6238,2145	1250,7228	-1927,9013	2840,0455	-964,6457	-3104,8934	-1927,9013	5681,4757	-3102,9631	-1993,3516	4024,7811
86	154,27	138,43	15,8355	250,7621	-386,5321	569,4113	-193,4054	-622,5116	-386,5321	1139,1002	-622,1246	-399,6545	806,9433	-148,2263
87	114,02	138,43	-24,4093	595,8120	-877,7075	298,1208	959,5579	595,8120	-1755,8428	958,9613	616,0393	-1243,8464	228,4805	-1026,5503
88	174,39	138,43	35,9580	1292,9755	-439,1702	-1413,5517	-877,7075	2586,5814	-1412,6729	-907,5047	1832,3450	-336,5810	1512,2400	1007,9475
89	126,22	138,43	-12,2134	149,1679	480,1249	298,1208	-878,5545	479,8264	308,2417	-622,3717	114,3226	-513,6452	-342,3580	114,9194
90	99,12	138,43	-39,3112	1545,3721	959,5579	-2827,7925	1544,4114	992,1339	-2003,2200	367,9688	-1653,2636	-1101,9434	369,8896	-622,5116

91	114,02	138,43	-24,4093	595,8120	-1755,8428	958,9613	616,0393	-1243,8464	228,4805	-1026,5503	-684,2226	229,6731	-386,5321	-1658,8038
92	210,37	138,43	71,9335	5174,4239	-2826,0345	-1815,4519	3665,5834	-673,3261	3025,2173	2016,3864	-676,8408	1139,1002	4888,4524	-1747,0324
93	99,15	138,43	-39,2868	1543,4512	991,5171	-2001,9746	367,7400	-1652,2358	-1101,2583	369,6596	-622,1246	-2669,8499	954,1495	367,7400
94	113,20	138,43	-25,2379	636,9532	-1286,0737	236,2372	-1061,4006	-707,4512	237,4703	-399,6545	-1715,1186	612,9481	236,2372	1016,1382
95	189,39	138,43	50,9580	2596,7146	-476,9870	2143,0765	1428,4165	-479,4768	806,9433	3463,0000	-1237,6050	-476,9870	-2051,6871	2236,2685
96	129,07	138,43	-9,3604	87,6171	-393,6589	-262,3839	88,0745	-148,2263	-636,1139	227,3340	87,6171	376,8717	-410,7772	358,6084
97	180,49	138,43	42,0558	1768,6877	1178,8765	-395,7137	665,9728	2858,0246	-1021,3993	-393,6589	-1693,2637	1845,5993	-1611,2079	-180,2839
98	166,47	138,43	28,0313	785,7520	-263,7535	443,8883	1904,9481	-680,7893	-262,3839	-1128,6045	1230,1401	-1073,9121	-120,1639	-1130,6679
99	129,02	138,43	-9,4093	88,5342	-149,0001	-639,4343	228,5207	88,0745	378,8389	-412,9214	360,4803	40,3354	379,5315	-658,2528
100	154,27	138,43	15,8355	250,7621	1076,1463	-384,5926	-148,2263	-637,5730	694,9327	-606,6761	-67,8832	-638,7387	1107,8172	-637,5730
101	206,39	138,43	67,9580	4618,2855	-1650,4803	-636,1139	-2736,1469	2982,3061	-2603,5528	-291,3210	-2741,1493	4754,2014	-2736,1469	0,0000
102	114,15	138,43	-24,2868	589,8478	227,3340	977,8427	-1065,8149	930,4563	104,1121	979,6304	-1699,0539	977,8427	0,0000	0,0000
103	129,07	138,43	-9,3604	87,6171	376,8717	-410,7772	358,6084	40,1260	377,5607	-654,8347	376,8717	0,0000	0,0000	0,0000
104	98,17	138,43	-40,2623	1621,0561	-1766,8955	1542,4995	172,5959	1624,0199	-2816,6716	1621,0561	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
105	182,32	138,43	43,8846	1925,8554	-1681,2714	-188,1236	-1770,1258	3070,0753	-1766,8955	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
106	100,12	138,43	-38,3112	1467,7497	164,2318	1545,3196	-2680,1752	1542,4995	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
107	134,15	138,43	-4,2868	18,3765	172,9114	-299,8945	172,5959	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
108	98,10	138,43	-40,3360	1626,9890	-2821,8212	1624,0199	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
109	208,39	138,43	69,9580	4894,1174	-2816,6716	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110	98,17	138,43	-40,2623	1621,0561	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total				<b>123453,6585</b>	<b>-38952,2242</b>	<b>-11910,3679</b>	<b>17621,3050</b>	<b>10601,8621</b>	<b>-30867,4825</b>	<b>16878,3275</b>	<b>-12105,4473</b>	<b>-4521,5501</b>	<b>3861,0303</b>	<b>5083,6752</b>
Ordine de calcul		$\frac{1}{N-m}$		110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100
	$R_r(\tau m)$			<b>1122,3059</b>	<b>-357,3598</b>	<b>-110,2811</b>	<b>164,6850</b>	<b>100,0175</b>	<b>-293,9760</b>	<b>162,2916</b>	<b>-117,5286</b>	<b>-44,3289</b>	<b>38,2280</b>	<b>50,8367</b>

#### Anexa 4. Determinarea caracteristicilor probabilitice

Tabelul A4.3. Algoritm de calcul al funcției de corelație pentru procesul de lucru al secției experimentale de tip rotativ (viteza de lucru  $v = 1,71 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ , numărul organelor de lucru  $z = 6$ , masa secției  $m = 35 \text{ kg}$ )

Nr.	$y_i$	$m_y$	$y_i^0 = y_i - m_y$	$(y_i^0)^2$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$	$m = 8$	$m = 9$	$m = 10$
1	96,10	140,47	-44,3685	1968,5643	1524,8793	550,9386	107,2536	680,7804	-1234,6563	-693,5460	1925,2806	1215,3845	1167,7496	1876,5613
2	106,10	140,47	-34,3685	1181,1942	426,7653	83,0802	527,3427	-956,3832	-537,2311	1491,3511	941,4550	904,5563	1453,6124	217,1861
3	128,05	140,47	-12,4173	154,1902	30,0169	190,5288	-345,5411	-194,1015	538,8249	340,1475	326,8160	525,1899	78,4693	452,5103
4	138,05	140,47	-2,4173	5,8435	37,0911	-67,2680	-37,7866	104,8954	66,2180	63,6227	102,2410	15,2760	88,0921	-67,2680
5	125,12	140,47	-15,3438	235,4315	-426,9761	-239,8461	665,8118	420,3114	403,8380	648,9634	96,9625	559,1551	-426,9761	-426,9761
6	168,29	140,47	27,8273	774,3594	434,9825	-1207,5094	-762,2724	-732,3964	-1176,9534	-175,8501	-1014,0779	774,3594	774,3594	-1014,0779
7	156,10	140,47	15,6315	244,3436	-678,2967	-428,1928	-411,4105	-661,1324	-98,7807	-569,6400	434,9825	434,9825	-569,6400	1422,4459
8	97,07	140,47	-43,3930	1882,9486	1188,6613	1142,0738	1835,3006	274,2147	1581,3181	-1207,5094	-1207,5094	1581,3181	-3948,7032	1840,6136
9	113,07	140,47	-27,3930	750,3740	720,9644	1158,5822	173,1053	998,2491	-762,2724	-762,2724	998,2491	-2492,7238	1161,9362	-1146,4504
10	114,15	140,47	-26,3193	692,7074	1113,1736	166,3207	959,1244	-732,3964	-732,3964	959,1244	-2395,0257	1116,3961	-1101,5172	1167,7496
11	98,17	140,47	-42,2949	1788,8582	267,2757	1541,3028	-1176,9534	-1176,9534	1541,3028	-3848,7811	1794,0368	-1770,1266	1876,5613	395,1940
12	134,15	140,47	-6,3193	39,9340	230,2881	-175,8501	-175,8501	230,2881	-575,0514	268,0494	-264,4769	280,3795	59,0465	-175,8501
13	104,02	140,47	-36,4418	1328,0060	-1014,0779	-1014,0779	1328,0060	-3316,1584	1545,7648	-1525,1634	1616,8689	340,5042	-1014,0779	230,2881
14	168,29	140,47	27,8273	774,3594	774,3594	-1014,0779	2532,2498	-1180,3605	1164,6291	-1234,6563	-260,0122	774,3594	-175,8501	-1149,8061
15	168,29	140,47	27,8273	774,3594	-1014,0779	2532,2498	-1180,3605	1164,6291	-1234,6563	-260,0122	774,3594	-175,8501	-1149,8061	774,3594
16	104,02	140,47	-36,4418	1328,0060	-3316,1584	1545,7648	-1525,1634	1616,8689	340,5042	-1014,0779	230,2881	1505,7516	-1014,0779	1617,7599
17	231,47	140,47	90,9987	8280,7659	-3859,9230	3808,4795	-4037,4770	-850,2716	2532,2498	-575,0514	-3760,0064	2532,2498	-4039,7019	-572,8274
18	98,05	140,47	-42,4173	1799,2304	-1775,2509	1881,9938	396,3381	-1180,3605	268,0494	1752,6562	-1180,3605	1883,0309	267,0127	950,8837
19	182,32	140,47	41,8520	1751,5911	-1856,9113	-391,0558	1164,6291	-264,4769	-1729,2974	1164,6291	-1857,9346	-263,4541	-938,2107	577,6797
20	96,10	140,47	-44,3685	1968,5643	414,5694	-1234,6563	280,3795	-1234,6563	1833,2772	-1234,6563	1969,6491	279,2951	994,6237	-1856,9113
21	131,12	140,47	-9,3438	87,3061	-260,0122	59,0465	386,0786	-260,0122	414,7978	58,8181	209,4626	-128,9713	-391,0558	227,6939
22	168,29	140,47	27,8273	774,3594	-175,8501	-1149,8061	774,3594	-1235,3367	-175,1700	-623,8142	384,0980	1164,6291	-678,1101	-1176,9534
23	134,15	140,47	-6,3193	39,9340	261,1108	-175,8501	280,5340	39,7796	141,6627	-87,2253	-264,4769	153,9928	267,2757	53,0379
24	99,15	140,47	-41,3193	1707,2875	-1149,8061	1834,2875	260,1009	926,2694	-570,3272	-1729,2974	1006,8905	1747,5970	346,7914	-1149,8061
25	168,29	140,47	27,8273	774,3594	-1235,3367	-175,1700	-623,8142	384,0980	1164,6291	-678,1101	-1176,9534	-233,5534	774,3594	-1180,3605
26	96,07	140,47	-44,3930	1970,7345	279,4490	995,1718	-612,7522	-1857,9346	1081,7900	1877,5955	372,5881	-1235,3367	1883,0309	280,5340
27	134,17	140,47	-6,2949	39,6257	141,1148	-86,8879	-263,4541	153,3972	266,2420	52,8328	-175,1700	267,0127	39,7796	160,1536
28	118,05	140,47	-22,4173	502,5370	-309,4246	-938,2107	546,2770	948,1389	188,1477	-623,8142	950,8837	141,6627	570,3377	-309,4246
29	154,27	140,47	13,8029	190,5204	577,6797	-336,3564	-583,7928	-115,8472	384,0980	-585,4828	-87,2253	-351,1712	190,5204	-585,4828
30	182,32	140,47	41,8520	1751,5911	-1019,8711	-1770,1266	-351,2621	1164,6291	-1775,2509	-264,4769	-1064,7912	577,6797	-1775,2509	3512,4476
31	116,10	140,47	-24,3685	593,8241	1030,6634	204,5238	-678,1101	1033,6471	153,9928	619,9790	-336,3564	1033,6471	-2045,1370	249,0848
32	98,17	140,47	-42,2949	1788,8582	354,9792	-1176,9534	1794,0368	267,2757	1076,0590	-583,7928	1794,0368	-3549,6167	432,3209	991,4692
33	132,07	140,47	-8,3930	70,4417	-233,5534	356,0068	53,0379	213,5320	-115,8472	356,0068	-704,3823	85,7893	196,7461	53,0379
34	168,29	140,47	27,8273	774,3594	-1180,3605	-175,8501	-707,9774	384,0980	-1180,3605	2335,4188	-284,4393	-652,3228	-175,8501	2503,0617
35	98,05	140,47	-42,4173	1799,2304	268,0494	1079,1741	-585,4828	1799,2304	-3559,8925	433,5724	994,3394	268,0494	-3815,4315	1121,5914
36	134,15	140,47	-6,3193	39,9340	160,7754	-87,2253	268,0494	-530,3529	64,5936	148,1367	39,9340	-568,4231	167,0947	64,5936
37	115,02	140,47	-25,4418	647,2860	-351,1712	1079,1741	-2135,2149	260,0557	596,4024	160,7754	-2288,4866	672,7278	260,0557	621,8442
38	154,27	140,47	13,8029	190,5204	-585,4828	1158,4153	-141,0877	-323,5654	-87,2253	1241,5695	-364,9741	-141,0877	-337,3683	1215,3136
39	98,05	140,47	-42,4173	1799,2304	-3559,8925	433,5724	994,3394	268,0494	-3815,4315	1121,5914	433,5724	1036,7567	-3734,7452	1799,2304
40	224,39	140,47	83,9254	7043,4751	-857,8508	-1967,3641	-530,3529	7549,0754	-2219,1404	-857,8508	-2051,2895	7389,4325	-3559,8925	1158,4153
41	130,24	140,47	-10,2216	104,4808	239,6125	64,5936	-919,4298	270,2773	104,4808	249,8341	-899,9863	433,5724	-141,0877	188,0052
42	117,02	140,47	-23,4418	549,5187	148,1367	-2108,5870	619,8442	239,6125	572,9606	-2063,9960	994,3394	-323,5654	431,1643	239,6125



43	134,15	140,47	-6,3193	39,9340	-568,4231	167,0947	64,5936	154,4560	-556,4025	268,0494	-87,2253	116,2313	64,5936	59,0465
44	230,42	140,47	89,9498	8090,9690	-2378,4364	-919,4298	-2198,5368	7919,8665	-3815,4315	1241,5695	-1654,4430	-919,4298	-840,4709	3764,5809
45	114,02	140,47	-26,4418	699,1696	270,2773	646,2860	-2328,1388	1121,5914	-364,9741	486,3432	270,2773	247,0664	-1106,6433	1121,5914
46	130,24	140,47	-10,2216	104,4808	249,8341	-899,9863	433,5724	-141,0877	188,0052	104,4808	95,5082	-427,7940	433,5724	-141,0877
47	116,02	140,47	-24,4418	597,4024	-2152,0436	1036,7567	-337,3683	449,5572	249,8341	228,3789	-1022,9392	1036,7567	-337,3683	643,8897
48	228,51	140,47	88,0476	7752,3823	-3734,7452	1215,3136	-1619,4559	-899,9863	-822,6972	3684,9700	-3734,7452	1215,3136	-2319,5066	-556,4025
49	98,05	140,47	-42,4173	1799,2304	-585,4828	780,1802	433,5724	396,3381	-1775,2509	1799,2304	-585,4828	1117,4328	268,0494	-585,4828
50	154,27	140,47	13,8029	190,5204	-253,8764	-141,0877	-128,9713	577,6797	-585,4828	190,5204	-363,6209	-87,2253	190,5204	-348,8063
51	122,07	140,47	-18,3930	338,3008	188,0052	171,8597	-769,7823	780,1802	-253,8764	484,5399	116,2313	-253,8764	464,7989	816,0680
52	130,24	140,47	-10,2216	104,4808	95,5082	-427,7940	433,5724	-141,0877	269,2752	64,5936	-141,0877	258,3044	453,5165	104,4808
53	131,12	140,47	-9,3438	87,3061	-391,0558	396,3381	-128,9713	246,1503	59,0465	-128,9713	236,1218	414,5694	95,5082	245,4655
54	182,32	140,47	41,8520	1751,5911	-1775,2509	577,6797	-1102,5401	-264,4769	577,6797	-1057,6207	-1856,9113	-427,7940	-1099,4727	2925,4940
55	98,05	140,47	-42,4173	1799,2304	-585,4828	1117,4328	268,0494	-585,4828	1071,9067	1881,9938	433,5724	1114,3240	-2965,0106	604,2768
56	154,27	140,47	13,8029	190,5204	-363,6209	-87,2253	190,5204	-348,8063	-612,4147	-141,0877	-362,6093	964,8363	-196,6361	-583,7928
57	114,12	140,47	-26,3438	693,9945	166,4752	-363,6209	665,7200	1168,8340	269,2752	692,0638	-1841,4540	375,2931	1114,2073	5,8374
58	134,15	140,47	-6,3193	39,9340	-87,2253	159,6927	280,3795	64,5936	166,0120	-441,7274	90,0252	267,2757	1,4003	64,5936
59	154,27	140,47	13,8029	190,5204	-348,8063	-612,4147	-141,0877	-362,6093	964,8363	-196,6361	-583,7928	-3,0585	-141,0877	547,3714
60	115,20	140,47	-25,2705	638,5975	1121,2137	258,3044	663,8679	-1766,4301	360,0030	1068,8126	5,5996	258,3044	-1002,1321	-446,1814
61	96,10	140,47	-44,3685	1968,5643	453,5165	1165,5822	-3101,3991	632,0731	1876,5613	9,8314	453,5165	-1759,4874	-783,3803	-2479,1574
62	130,24	140,47	-10,2216	104,4808	268,5260	-714,4982	145,6166	432,3209	2,2650	104,4808	-405,3495	-180,4746	-571,1466	453,5165
63	114,20	140,47	-26,2705	690,1384	-1836,3310	374,2490	1111,1075	5,8212	268,5260	-1041,7883	-463,8376	-1467,9032	1165,5822	-1099,4727
64	210,37	140,47	69,9009	4886,1378	-995,8074	-2956,4519	-15,4891	-714,4982	2772,0063	1234,1862	3905,8194	-3101,3991	2925,4940	964,8363
65	126,22	140,47	-14,2460	202,9481	602,5325	3,1567	145,6166	-564,9420	-251,5303	-796,0160	632,0731	-596,2232	-196,6361	-196,6361
66	98,17	140,47	-42,2949	1788,8582	9,3720	432,3209	-1677,2559	-746,7682	-2363,2913	1876,5613	-1770,1266	-583,7928	-583,7928	1788,8582
67	140,24	140,47	-0,2216	0,0491	2,2650	-8,7873	-3,9124	-12,3815	9,8314	-9,2738	-3,0585	-3,0585	9,3720	0,0491
68	130,24	140,47	-10,2216	104,4808	-405,3495	-180,4746	-571,1466	453,5165	-427,7940	-141,0877	-141,0877	432,3209	2,2650	-599,5596
69	180,12	140,47	39,6562	1572,6161	700,1792	2215,8516	-1759,4874	1659,6928	547,3714	547,3714	-1677,2559	-8,7873	2326,0844	-1677,2559
70	158,12	140,47	17,6562	311,7422	986,5682	-783,3803	738,9485	243,7073	243,7073	-746,7682	-3,9124	1035,6474	-746,7682	-251,5303
71	196,34	140,47	55,8765	3122,1848	-2479,1574	2338,5446	771,2587	771,2587	-2363,2913	-12,3815	3277,5053	-2363,2913	-796,0160	2338,5446
72	96,10	140,47	-44,3685	1968,5643	-1856,9113	-612,4147	-612,4147	1876,5613	9,8314	-2602,4890	1876,5613	632,0731	-1856,9113	-1234,6563
73	182,32	140,47	41,8520	1751,5911	577,6797	577,6797	-1770,1266	-9,2738	2454,8811	-1770,1266	-596,2232	1751,5911	1164,6291	577,6797
74	154,27	140,47	13,8029	190,5204	190,5204	-583,7928	-3,0585	809,6268	-583,7928	-196,6361	577,6797	384,0980	190,5204	-115,1684
75	154,27	140,47	13,8029	190,5204	-583,7928	-3,0585	809,6268	-583,7928	-196,6361	577,6797	384,0980	190,5204	-115,1684	-363,6209
76	98,17	140,47	-42,2949	1788,8582	9,3720	-2480,8589	1788,8582	602,5325	-1770,1266	-1176,9534	-583,7928	352,8991	1114,2073	-1176,9534
77	140,24	140,47	-0,2216	0,0491	-12,9974	9,3720	3,1567	-9,2738	-6,1661	-3,0585	1,8489	5,8374	-6,1661	9,1721
78	199,12	140,47	58,6562	3440,5526	-2480,8589	-835,6157	2454,8811	1632,2452	809,6268	-489,4144	-1545,2264	1632,2452	-2427,9545	-254,7895
79	98,17	140,47	-42,2949	1788,8582	602,5325	-1770,1266	-1176,9534	-583,7928	352,8991	1114,2073	-1176,9534	1750,7108	183,7196	9,3720
80	126,22	140,47	-14,2460	202,9481	-596,2232	-396,4275	-196,6361	118,8653	375,2931	-396,4275	589,6835	61,8814	3,1567	-836,3121
81	182,32	140,47	41,8520	1751,5911	1164,6291	577,6797	-349,2038	-1102,5401	1164,6291	-1732,3786	-181,7958	-9,2738	2456,9268	-1099,4727
82	168,29	140,47	27,8273	774,3594	384,0980	-232,1849	-733,0765	774,3594	-1151,8548	-120,8756	-6,1661	1633,6054	-731,0371	-6,1661
83	154,27	140,47	13,8029	190,5204	-115,1684	-363,6209	384,0980	-571,3434	-59,9568	-3,0585	810,3015	-362,6093	-3,0585	-351,1712
84	132,12	140,47	-8,3438	69,6186	219,8066	-232,1849	345,3736	36,2435	1,8489	-489,8222	219,1951	1,8489	212,2808	118,8653
85	114,12	140,47	-26,3438	693,9945	-733,0765	1090,4468	114,4315	5,8374	-1546,5141	692,0638	5,8374	670,2335	375,2931	-1097,3822
86	168,29	140,47	27,8273	774,3594	-1151,8548	-120,8756	-6,1661	1633,6054	-731,0371	-6,1661	-707,9774	-396,4275	1159,1808	-731,0371
87	99,07	140,47	-41,3930	1713,3768	179,8017	9,1721	-2429,9778	1087,4131	9,1721	1053,1120	589,6835	-1724,2742	1087,4131	-2427,9545
88	136,12	140,47	-4,3438	18,8684	0,9625	-255,0018	114,1131	0,9625	110,5135	61,8814	-180,9453	114,1131	-254,7895	-59,9568
89	140,24	140,47	-0,2216	0,0491	-13,0082	5,8212	0,0491	5,6376	3,1567	-9,2304	5,8212	-12,9974	-3,0585	3,1567
90	199,17	140,47	58,7051	3446,2892	-1542,2116	-13,0082	-1493,5645	-836,3121	2445,4330	-1542,2116	3443,4197	810,3015	-836,3121	1633,6054

91	114,20	140,47	-26,2705	690,1384	5,8212	668,3689	374,2490	-1094,3292	690,1384	-1540,9275	-362,6093	374,2490	-731,0371	1165,5822
92	140,24	140,47	-0,2216	0,0491	5,6376	3,1567	-9,2304	5,8212	-12,9974	-3,0585	3,1567	-6,1661	9,8314	-9,2738
93	115,02	140,47	-25,4418	647,2860	362,4438	-1059,8100	668,3689	-1492,3209	-351,1712	362,4438	-707,9774	1128,8154	-1064,7912	1079,1741
94	126,22	140,47	-14,2460	202,9481	-593,4340	374,2490	-835,6157	-196,6361	202,9481	-396,4275	632,0731	-596,2232	604,2768	76,1274
95	182,12	140,47	41,6562	1735,2410	-1094,3292	2443,3968	574,9773	-593,4340	1159,1808	-1848,2244	1743,3969	-1766,9460	-222,6015	2440,3326
96	114,20	140,47	-26,2705	690,1384	-1540,9275	-362,6093	374,2490	-731,0371	1165,5822	-1099,4727	1114,3240	140,3836	-1538,9951	-2,5591
97	199,12	140,47	58,6562	3440,5526	809,6268	-835,6157	1632,2452	-2602,4890	2454,8811	-2488,0408	-313,4457	3436,2379	5,7139	-835,6157
98	154,27	140,47	13,8029	190,5204	-196,6361	384,0980	-612,4147	577,6797	-585,4828	-73,7597	808,6115	1,3446	-196,6361	-3,0585
99	126,22	140,47	-14,2460	202,9481	-396,4275	632,0731	-596,2232	604,2768	76,1274	-834,5678	-1,3878	202,9481	3,1567	-1290,4394
100	168,29	140,47	27,8273	774,3594	-1234,6563	1164,6291	-1180,3605	-148,7029	1630,1982	2,7108	-396,4275	-6,1661	2520,6722	1633,6054
101	96,10	140,47	-44,3685	1968,5643	-1856,9113	1881,9938	237,0954	-2599,2253	-4,3221	632,0731	9,8314	-4019,0175	-2604,6578	0,0000
102	182,32	140,47	41,8520	1751,5911	-1775,2509	-223,6478	2451,8025	4,0770	-596,2232	-9,2738	3791,0669	2456,9268	0,0000	0,0000
103	98,05	140,47	-42,4173	1799,2304	226,6687	-2484,9205	-4,1320	604,2768	9,3991	-3842,2753	-2490,1141	0,0000	0,0000	0,0000
104	135,12	140,47	-5,3438	28,5559	-313,0526	-0,5206	76,1274	1,1841	-484,0535	-313,7069	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
105	199,05	140,47	58,5827	3431,9285	5,7068	-834,5678	-12,9811	5306,5738	3439,1014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
106	140,56	140,47	0,0974	0,0095	-1,3878	-0,0216	8,8240	5,7187	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
107	126,22	140,47	-14,2460	202,9481	3,1567	-1290,4394	-836,3121	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
108	140,24	140,47	-0,2216	0,0491	-20,0719	-13,0082	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
109	231,05	140,47	90,5827	8205,2190	5317,6647	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110	199,17	140,47	58,7051	3446,2892	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total				<b>140987,8685</b>	<b>-36105,5681</b>	<b>5723,6569</b>	<b>-11822,4156</b>	<b>20724,7152</b>	<b>-433,8292</b>	<b>-9887,8904</b>	<b>-4764,0965</b>	<b>24026,7076</b>	<b>-24831,8881</b>	<b>19484,3839</b>
Ordine de calcul		$\frac{1}{N-m}$		110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100
	$R_r(\tau m)$			<b>1281,7079</b>	<b>-331,2437</b>	<b>52,9968</b>	<b>-110,4899</b>	<b>195,5162</b>	<b>-4,1317</b>	<b>-95,0759</b>	<b>-46,2534</b>	<b>235,5560</b>	<b>-245,8603</b>	<b>194,8438</b>

### Anexa 4. Determinarea caracteristicilor probabilitice

Tabelul A4.4. Algoritm de calcul al funcției de corelație pentru procesul de lucru al secției cu brăzdar  
(viteza de lucru  $v = 0,47 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ )

Nr.	$y_i$	$m_y$	$y_i^0 = y_i - m_y$	$(y_i^0)^2$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$	$m = 8$	$m = 9$	$m = 10$
1	378,66	311,82	66,8440	4468,1235	1655,6576	-1156,6164	-219,1277	3530,6349	-3031,5169	-5843,8677	1655,6576	718,3609	-1156,6164	3530,6349
2	336,59	311,82	24,7690	613,5018	-428,5828	-81,1975	1308,2723	-1123,3248	-2165,4378	613,5018	266,1877	-428,5828	1308,2723	3392,5127
3	294,51	311,82	-17,3032	299,4012	56,7233	-913,9385	784,7371	1512,7409	-428,5828	-185,9546	299,4012	-913,9385	-2369,9561	-1399,2943
4	308,54	311,82	-3,2782	10,7466	-173,1510	148,6730	286,5976	-81,1975	-35,2302	56,7233	-173,1510	-449,0020	-265,1045	-403,0253
5	364,64	311,82	52,8190	2789,8474	-2395,4529	-4617,7244	1308,2723	567,6365	-913,9385	2789,8474	7234,4208	4271,4224	6493,6333	5752,8457
6	266,47	311,82	-45,3521	2056,8130	3964,9270	-1123,3248	-487,3910	784,7371	-2395,4529	-6211,7068	-3667,5809	-5575,6428	-4939,5788	-3031,5169
7	224,39	311,82	-87,4254	7643,2062	-2165,4378	-939,5457	1512,7409	-4617,7244	-11974,3330	-7070,0109	-10748,1897	-9522,0464	-5843,8677	-13200,4762
8	336,59	311,82	24,7690	613,5018	266,1877	-428,5828	1308,2723	3392,5127	2003,0428	3045,1274	2697,7422	1655,6576	3739,8979	2652,3378
9	322,56	311,82	10,7468	115,4942	-185,9546	567,6365	1471,9520	869,0853	1321,2276	1170,5032	718,3609	1622,6764	1150,8031	1924,0943
10	294,51	311,82	-17,3032	299,4012	-913,9385	-2369,9561	-1399,2943	-2127,2782	-1884,6003	-1156,6164	-2612,6340	-1852,8816	-3097,9400	-3097,9400
11	364,64	311,82	52,8190	2789,8474	7234,4208	4271,4224	6493,6333	5752,8457	3530,6349	7975,2083	5656,0225	9456,6316	9456,6316	7975,2083
12	448,78	311,82	136,9662	18759,7517	11076,3289	16838,7977	14917,8436	9155,3748	20680,7058	14666,7689	24522,2205	24522,2205	20680,7058	9155,3748
13	392,69	311,82	80,8690	6539,8020	9942,1391	8807,9493	5405,6122	12210,5187	8659,7072	14478,6660	14478,6660	12210,5187	5405,6122	4271,4224
14	434,76	311,82	122,9412	15114,5447	13390,2918	8217,8862	18563,0506	13164,9266	22011,2033	22011,2033	18563,0506	8217,8862	6493,6333	9942,1391
15	420,73	311,82	108,9162	11862,7400	7280,3975	16445,3954	11663,0843	19500,1861	19500,1861	16445,3954	7280,3975	5752,8457	8807,9493	11862,7400
16	378,66	311,82	66,8440	4468,1235	10092,8635	7157,8648	11967,6488	11967,6488	10092,8635	4468,1235	3530,6349	5405,6122	7280,3975	5405,6122
17	462,81	311,82	150,9913	22798,3609	16168,6113	27033,2376	27033,2376	22798,3609	10092,8635	7975,2083	12210,5187	16445,3954	12210,5187	1622,6764
18	418,90	311,82	107,0831	11466,7888	19171,9884	19171,9884	16168,6113	7157,8648	5656,0225	8659,7072	11663,0843	8659,7072	1150,8031	4154,1802
19	490,86	311,82	179,0384	32054,7578	32054,7578	27033,2376	11967,6488	9456,6316	14478,6660	19500,1861	14478,6660	1924,0943	6945,6145	1924,0943
20	490,86	311,82	179,0384	32054,7578	27033,2376	11967,6488	9456,6316	14478,6660	19500,1861	14478,6660	1924,0943	6945,6145	1924,0943	15533,5373
21	462,81	311,82	150,9913	22798,3609	10092,8635	7975,2083	12210,5187	16445,3954	12210,5187	1622,6764	5857,5531	1622,6764	13100,1397	-19553,1816
22	378,66	311,82	66,8440	4468,1235	3530,6349	5405,6122	7280,3975	5405,6122	718,3609	2593,1462	718,3609	5799,4486	-8656,2184	-2094,0666
23	364,64	311,82	52,8190	2789,8474	4271,4224	5752,8457	4271,4224	567,6365	2049,0599	567,6365	4582,6252	-6839,9959	-1654,6957	2049,0599
24	392,69	311,82	80,8690	6539,8020	8807,9493	6539,8020	869,0853	3137,2326	869,0853	7016,2719	-10472,4410	-2533,4376	3137,2326	4271,4224
25	420,73	311,82	108,9162	11862,7400	8807,9493	1170,5032	4225,2940	1170,5032	9449,6695	-14104,5140	-3412,0895	4225,2940	5752,8457	-357,0485
26	392,69	311,82	80,8690	6539,8020	869,0853	3137,2326	869,0853	7016,2719	-10472,4410	-2533,4376	3137,2326	4271,4224	-265,1045	869,0853
27	322,56	311,82	10,7468	115,4942	416,9121	115,4942	932,4042	-1391,7003	-336,6728	416,9121	567,6365	-35,2302	115,4942	416,9121
28	350,61	311,82	38,7940	1504,9735	416,9121	3365,8018	-5023,7734	-1215,3247	1504,9735	2049,0599	-127,1743	416,9121	1504,9735	1504,9735
29	322,56	311,82	10,7468	115,4942	932,4042	-1391,7003	-336,6728	416,9121	567,6365	-35,2302	115,4942	416,9121	416,9121	115,4942
30	398,58	311,82	86,7609	7527,4560	-11235,4310	-2718,0161	3365,8018	4582,6252	-284,4192	932,4042	3365,8018	3365,8018	932,4042	7016,2719
31	182,32	311,82	-129,4988	16769,9297	4056,8928	-5023,7734	-6839,9959	424,5222	-1391,7003	-5023,7734	-5023,7734	-1391,7003	-10472,4410	-14104,5140
32	280,49	311,82	-31,3277	981,4221	-1215,3247	-1654,6957	102,6982	-336,6728	-1215,3247	-1215,3247	-336,6728	-2533,4376	-3412,0895	-2533,4376
33	350,61	311,82	38,7940	1504,9735	2049,0599	-127,1743	416,9121	1504,9735	1504,9735	416,9121	3137,2326	4225,2940	3137,2326	3137,2326
34	364,64	311,82	52,8190	2789,8474	-173,1510	567,6365	2049,0599	2049,0599	567,6365	4271,4224	5752,8457	4271,4224	4271,4224	2789,8474
35	308,54	311,82	-3,2782	10,7466	-35,2302	-127,1743	-127,1743	-35,2302	-265,1045	-357,0485	-265,1045	-265,1045	-173,1510	-357,0485
36	322,56	311,82	10,7468	115,4942	416,9121	416,9121	115,4942	869,0853	1170,5032	869,0853	567,6365	567,6365	1170,5032	1019,8097
37	350,61	311,82	38,7940	1504,9735	1504,9735	416,9121	3137,2326	4225,2940	3137,2326	3137,2326	2049,0599	4225,2940	3681,3190	3681,3190
38	350,61	311,82	38,7940	1504,9735	416,9121	3137,2326	4225,2940	3137,2326	3137,2326	2049,0599	4225,2940	3681,3190	3681,3190	-2303,4529
39	322,56	311,82	10,7468	115,4942	869,0853	1170,5032	869,0853	869,0853	567,6365	1170,5032	1019,8097	1019,8097	-638,1092	-638,1092
40	392,69	311,82	80,8690	6539,8020	8807,9493	6539,8020	6539,8020	4271,4224	8807,9493	7673,9918	7673,9918	-4801,7243	-4801,7243	-2533,4376
41	420,73	311,82	108,9162	11862,7400	8807,9493	8807,9493	5752,8457	11862,7400	10335,5011	10335,5011	-6467,0680	-6467,0680	-3412,0895	2697,7422
42	392,69	311,82	80,8690	6539,8020	6539,8020	4271,4224	8807,9493	7673,9918	7673,9918	-4801,7243	-4801,7243	-2533,4376	2003,0428	-4801,7243

43	392,69	311,82	80,8690	6539,8020	4271,4224	8807,9493	7673,9918	7673,9918	-4801,7243	-4801,7243	-2533,4376	2003,0428	-4801,7243	-10472,4410
44	364,64	311,82	52,8190	2789,8474	5752,8457	5012,2099	5012,2099	-3136,2100	-3136,2100	-1654,6957	1308,2723	-3136,2100	-6839,9959	-6099,2388
45	420,73	311,82	108,9162	11862,7400	10335,5011	10335,5011	-6467,0680	-6467,0680	-3412,0895	2697,7422	-6467,0680	-14104,5140	-12577,0248	-18687,0130
46	406,71	311,82	94,8941	9004,8827	9004,8827	-5634,4814	-5634,4814	-2972,8086	2350,4281	-5634,4814	-12288,6635	-10957,8271	-16281,2000	-17230,2498
47	406,71	311,82	94,8941	9004,8827	-5634,4814	-5634,4814	-2972,8086	2350,4281	-5634,4814	-12288,6635	-10957,8271	-16281,2000	-17230,2498	-13619,5272
48	252,44	311,82	-59,3765	3525,5740	3525,5740	1860,1280	-1470,6958	3525,5740	7689,1891	6856,4661	10187,3751	10781,2089	8521,9291	6856,4661
49	252,44	311,82	-59,3765	3525,5740	1860,1280	-1470,6958	3525,5740	7689,1891	6856,4661	10187,3751	10781,2089	8521,9291	6856,4661	6856,4661
50	280,49	311,82	-31,3277	981,4221	-775,9538	1860,1280	4056,8928	3617,5399	5374,9607	5688,2733	4496,2548	3617,5399	3617,5399	4935,6077
51	336,59	311,82	24,7690	613,5018	-1470,6958	-3207,5509	-2860,1799	-4249,6711	-4497,3893	-3554,9290	-2860,1799	-2860,1799	-3902,3000	-3506,5813
52	252,44	311,82	-59,3765	3525,5740	7689,1891	6856,4661	10187,3751	10781,2089	8521,9291	6856,4661	6856,4661	9354,6521	8406,0292	8521,9291
53	182,32	311,82	-129,4988	16769,9297	14953,7816	22218,4113	23513,5480	18586,1150	14953,7816	14953,7816	20402,2631	18333,3402	18586,1150	11321,4853
54	196,34	311,82	-115,4743	13334,3185	19812,2041	20967,0802	16573,2778	13334,3185	13334,3185	18192,7409	16347,8780	16573,2778	10095,3923	16573,2778
55	140,24	311,82	-171,5724	29437,0822	31153,0035	24624,6678	19812,2041	19812,2041	27030,8750	24289,7675	24624,6678	14999,7896	24624,6678	17405,9968
56	130,24	311,82	-181,5735	32968,9478	26060,0679	20967,0802	20967,0802	28606,5357	25705,6459	26060,0679	15874,1445	26060,0679	18420,6124	5688,2733
57	168,29	311,82	-143,5235	20598,9934	16573,2778	16573,2778	22611,8306	20318,8431	20598,9934	12547,6035	20598,9934	14560,4407	4496,2548	-7580,7683
58	196,34	311,82	-115,4743	13334,3185	13334,3185	18192,7409	16347,8780	16573,2778	10095,3923	16573,2778	11714,8554	3617,5399	-6099,2388	378,5473
59	196,34	311,82	-115,4743	13334,3185	18192,7409	16347,8780	16573,2778	10095,3923	16573,2778	11714,8554	3617,5399	-6099,2388	378,5473	378,5473
60	154,27	311,82	-157,5479	24821,3528	22304,3053	22611,8306	13773,6965	22611,8306	15983,2187	4935,6077	-8321,5255	516,4728	516,4728	-10531,1382
61	170,25	311,82	-141,5715	20042,5029	20318,8431	12376,9536	20318,8431	14362,4158	4435,1048	-7477,6684	464,0991	464,0991	-9463,2119	-3506,5813
62	168,29	311,82	-143,5235	20598,9934	12547,6035	20598,9934	14560,4407	4496,2548	-7580,7683	470,4980	470,4980	-9593,6879	-3554,9290	470,4980
63	224,39	311,82	-87,4254	7643,2062	12547,6035	8869,2992	2738,8339	-4617,7244	286,5976	286,5976	-5843,8677	-2165,4378	286,5976	-5843,8677
64	168,29	311,82	-143,5235	20598,9934	14560,4407	4496,2548	-7580,7683	470,4980	470,4980	-9593,6879	-3554,9290	470,4980	-9593,6879	-11606,6075
65	210,37	311,82	-101,4499	10292,0773	3178,1869	-5358,4816	332,5725	332,5725	-6781,3179	-2512,8089	332,5725	-6781,3179	-8204,1543	-13895,2083
66	280,49	311,82	-31,3277	981,4221	-1654,6957	102,6982	102,6982	-2094,0666	-775,9538	102,6982	-2094,0666	-2533,4376	-4290,8315	-2972,8086
67	364,64	311,82	52,8190	2789,8474	-173,1510	-173,1510	3530,6349	1308,2723	-173,1510	3530,6349	4271,4224	7234,4208	5012,2099	2049,0599
68	308,54	311,82	-3,2782	10,7466	10,7466	-219,1277	-81,1975	-81,1975	-219,1277	-265,1045	-449,0020	-311,0812	-127,1743	-81,1975
69	308,54	311,82	-3,2782	10,7466	-219,1277	-81,1975	10,7466	-219,1277	-265,1045	-449,0020	-311,0812	-127,1743	-81,1975	-81,1975
70	378,66	311,82	66,8440	4468,1235	1655,6576	-219,1277	4468,1235	5405,6122	9155,3748	6343,1009	2593,1462	1655,6576	1655,6576	-219,1277
71	336,59	311,82	24,7690	613,5018	-81,1975	1655,6576	2003,0428	3392,5127	2350,4281	960,8871	613,5018	613,5018	-81,1975	960,8871
72	308,54	311,82	-3,2782	10,7466	-219,1277	-265,1045	-449,0020	-311,0812	-127,1743	-81,1975	-81,1975	10,7466	-127,1743	56,7233
73	378,66	311,82	66,8440	4468,1235	5405,6122	9155,3748	6343,1009	2593,1462	1655,6576	1655,6576	-219,1277	2593,1462	-1156,6164	718,3609
74	392,69	311,82	80,8690	6539,8020	11076,3289	7673,9918	3137,2326	2003,0428	2003,0428	-265,1045	3137,2326	-1399,2943	869,0853	869,0853
75	448,78	311,82	136,9662	18759,7517	12997,2829	5313,4667	3392,5127	3392,5127	-449,0020	5313,4667	-2369,9561	1471,9520	1471,9520	-10053,4576
76	406,71	311,82	94,8941	9004,8827	3681,3190	2350,4281	2350,4281	-311,0812	3681,3190	-1641,9721	1019,8097	1019,8097	-6965,3178	-10957,8271
77	350,61	311,82	38,7940	1504,9735	960,8871	960,8871	-127,1743	1504,9735	-671,2606	416,9121	416,9121	-2847,5170	-4479,7093	-5023,7734
78	336,59	311,82	24,7690	613,5018	613,5018	-81,1975	960,8871	-428,5828	266,1877	266,1877	-1818,0668	-2860,1799	-3207,5509	-1470,6958
79	336,59	311,82	24,7690	613,5018	-81,1975	960,8871	-428,5828	266,1877	266,1877	-1818,0668	-2860,1799	-3207,5509	-1470,6958	-775,9538
80	308,54	311,82	-3,2782	10,7466	-127,1743	56,7233	-35,2302	-35,2302	240,6227	378,5473	424,5222	194,6479	102,6982	516,4728
81	350,61	311,82	38,7940	1504,9735	-671,2606	416,9121	416,9121	-2847,5170	-4479,7093	-5023,7734	-2303,4529	-1215,3247	-6111,9128	-6655,9769
82	294,51	311,82	-17,3032	299,4012	-185,9546	-185,9546	1270,0729	1998,0768	2240,7447	1027,4050	542,0691	2726,0855	2968,7535	56,7233
83	322,56	311,82	10,7468	115,4942	115,4942	-788,8275	-1240,9821	-1391,7003	-638,1092	-336,6728	-1693,1399	-1843,8581	-35,2302	567,6365
84	322,56	311,82	10,7468	115,4942	-788,8275	-1240,9821	-1391,7003	-638,1092	-336,6728	-1693,1399	-1843,8581	-35,2302	567,6365	-1090,2639
85	238,42	311,82	-73,4010	5387,7051	8475,9292	9505,3372	4358,2970	2299,4810	11564,1743	12593,5824	240,6227	-3876,9672	7446,5211	9505,3372
86	196,34	311,82	-115,4743	13334,3185	14953,7816	6856,4661	3617,5399	18192,7409	19812,2041	378,5473	-6099,2388	11714,8554	14953,7816	-1240,9821
87	182,32	311,82	-129,4988	16769,9297	7689,1891	4056,8928	20402,2631	22218,4113	424,5222	-6839,9959	13137,6334	16769,9297	-1391,7003	-1391,7003
88	252,44	311,82	-59,3765	3525,5740	1860,1280	9354,6521	10187,3751	194,6479	-3136,2100	6023,7431	7689,1891	-638,1092	-638,1092	4358,2970
89	280,49	311,82	-31,3277	981,4221	4935,6077	5374,9607	102,6982	-1654,6957	3178,1869	4056,8928	-336,6728	-336,6728	2299,4810	2299,4810
90	154,27	311,82	-157,5479	24821,3528	27030,8750	516,4728	-8321,5255	15983,2187	20402,2631	-1693,1399	-1693,1399	11564,1743	11564,1743	18192,7409

91	140,24	311,82	-171,5724	29437,0822	562,4477	-9062,2826	17405,9968	22218,4113	-1843,8581	-1843,8581	12593,5824	12593,5824	19812,2041	562,4477
92	308,54	311,82	-3,2782	10,7466	-173,1510	332,5725	424,5222	-35,2302	-35,2302	240,6227	240,6227	378,5473	10,7466	-265,1045
93	364,64	311,82	52,8190	2789,8474	-5358,4816	-6839,9959	567,6365	567,6365	-3876,9672	-3876,9672	-6099,2388	-173,1510	4271,4224	2789,8474
94	210,37	311,82	-101,4499	10292,0773	13137,6334	-1090,2639	-1090,2639	7446,5211	7446,5211	11714,8554	332,5725	-8204,1543	-5358,4816	10292,0773
95	182,32	311,82	-129,4988	16769,9297	-1391,7003	-1391,7003	9505,3372	9505,3372	14953,7816	424,5222	-10472,4410	-6839,9959	13137,6334	4056,8928
96	322,56	311,82	10,7468	115,4942	115,4942	-788,8275	-788,8275	-1240,9821	-35,2302	869,0853	567,6365	-1090,2639	-336,6728	1321,2276
97	322,56	311,82	10,7468	115,4942	-788,8275	-788,8275	-1240,9821	-35,2302	869,0853	567,6365	-1090,2639	-336,6728	1321,2276	115,4942
98	238,42	311,82	-73,4010	5387,7051	5387,7051	8475,9292	240,6227	-5935,8676	-3876,9672	7446,5211	2299,4810	-9024,0074	-788,8275	9505,3372
99	238,42	311,82	-73,4010	5387,7051	8475,9292	240,6227	-5935,8676	-3876,9672	7446,5211	2299,4810	-9024,0074	-788,8275	9505,3372	11564,1743
100	196,34	311,82	-115,4743	13334,3185	378,5473	-9338,2976	-6099,2388	11714,8554	3617,5399	-14196,5543	-1240,9821	14953,7816	18192,7409	-2860,1799
101	308,54	311,82	-3,2782	10,7466	-265,1045	-173,1510	332,5725	102,6982	-403,0253	-35,2302	424,5222	516,4728	-81,1975	0,0000
102	392,69	311,82	80,8690	6539,8020	4271,4224	-8204,1543	-2533,4376	9942,1391	869,0853	-10472,4410	-12740,7509	2003,0428	0,0000	0,0000
103	364,64	311,82	52,8190	2789,8474	-5358,4816	-1654,6957	6493,6333	567,6365	-6839,9959	-8321,5255	1308,2723	0,0000	0,0000	0,0000
104	210,37	311,82	-101,4499	10292,0773	3178,1869	-12472,3720	-1090,2639	13137,6334	15983,2187	-2512,8089	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
105	280,49	311,82	-31,3277	981,4221	-3851,4605	-336,6728	4056,8928	4935,6077	-775,9538	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
106	434,76	311,82	122,9412	15114,5447	1321,2276	-15920,7366	-19369,1365	3045,1274	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
107	322,56	311,82	10,7468	115,4942	-1391,7003	-1693,1399	266,1877	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
108	182,32	311,82	-129,4988	16769,9297	20402,2631	-3207,5509	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
109	154,27	311,82	-157,5479	24821,3528	-3902,3000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110	336,59	311,82	24,7690	613,5018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total				<b>865415,8417</b>	<b>604187,6132</b>	<b>403193,9417</b>	<b>440542,8798</b>	<b>527687,9404</b>	<b>408889,1776</b>	<b>254954,3375</b>	<b>204406,0234</b>	<b>197993,8263</b>	<b>169487,2951</b>	<b>40286,2371</b>
Ordine de calcul	$\frac{1}{N-m}$			110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100
	$R_r(\tau m)$			<b>7867,4167</b>	<b>5543,0056</b>	<b>3733,2772</b>	<b>4117,2232</b>	<b>4978,1881</b>	<b>3894,1826</b>	<b>2451,4840</b>	<b>1984,5245</b>	<b>1941,1159</b>	<b>1678,0920</b>	<b>402,8624</b>

#### Anexa 4. Determinarea caracteristicilor probabilitice

Tabelul A4.5. Algoritm de calcul al funcției de corelație pentru procesul de lucru al secției cu brăzdar  
(viteza de lucru  $v = 0,91 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ )

Nr.	$y_i$	$m_y$	$y_i^0 = y_i - m_y$	$(y_i^0)^2$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$	$m = 8$	$m = 9$	$m = 10$
1	270,58	317,85	-47,2746	2234,8832	-1872,0821	1719,0913	-6189,6479	-5526,6224	2429,3678	1583,6417	6407,3653	-2211,6268	-2874,6524	-4423,1303
2	357,45	317,85	39,6002	1568,1766	-1440,0216	5184,8478	4629,4549	-2034,9950	-1326,5603	-5367,2219	1852,6011	2407,9940	3705,0989	-2034,9950
3	281,49	317,85	-36,3640	1322,3398	-4761,1304	-4251,1254	1868,6906	1218,1508	4928,6005	-1701,2024	-2211,2073	-3402,3099	1868,6906	5199,0649
4	448,78	317,85	130,9298	17142,6149	15306,3243	-6728,2853	-4385,9942	-17745,5967	6125,2381	7961,5286	12250,1345	-6728,2853	-18719,4133	15306,3243
5	434,76	317,85	116,9048	13666,7344	-6007,5617	-3916,1733	-15844,7156	5469,1120	7108,7019	10937,9189	-6007,5617	-16714,2185	13666,7344	550,6695
6	266,47	317,85	-51,3885	2640,7770	1721,4539	6964,9489	-2404,0877	-3124,8113	-4808,0413	2640,7770	7347,1611	-6007,5617	-242,0608	-3124,8113
7	284,35	317,85	-33,4988	1122,1710	4540,2691	-1567,1622	-2036,9832	-3134,2371	1721,4539	4789,4233	-3916,1733	-157,7931	-2036,9832	-3446,3523
8	182,32	317,85	-135,5352	18369,7880	-6340,6898	-8241,5709	-12681,0261	6964,9489	19377,8581	-15844,7156	-638,4262	-8241,5709	-13943,8346	-21547,3723
9	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	2844,7386	4377,1030	-2404,0877	-6688,6449	5469,1120	220,3652	2844,7386	4812,9859	7437,4949	-1091,8870
10	378,66	317,85	60,8076	3697,5653	5689,3185	-3124,8113	-8693,8397	7108,7019	286,4287	3697,5653	6255,8752	9667,1881	-1419,2247	-2272,0150
11	411,42	317,85	93,5626	8753,9618	-4808,0413	-13376,9167	10937,9189	440,7182	5689,3185	9625,7033	14874,5751	-2183,7130	-3495,8725	8753,9618
12	266,47	317,85	-51,3885	2640,7770	7347,1611	-6007,5617	-242,0608	-3124,8113	-5286,8381	-8169,7376	1199,3864	1920,0791	-4808,0413	-3845,5349
13	174,88	317,85	-142,9729	20441,2476	-16714,2185	-673,4608	-8693,8397	-14709,0237	-22729,8172	3336,9288	5342,0378	-13376,9167	-10699,0344	-14709,0237
14	434,76	317,85	116,9048	13666,7344	550,6695	7108,7019	12027,1444	18585,5159	-2728,5104	-4368,0302	10937,9189	8748,2919	12027,1444	-9286,6130
15	322,56	317,85	4,7104	22,1880	286,4287	484,6060	748,8604	-109,9390	-175,9997	440,7182	352,4922	484,6060	-374,1826	-572,3651
16	378,66	317,85	60,8076	3697,5653	6255,8752	9667,1881	-1419,2247	-2272,0150	5689,3185	4550,3920	6255,8752	-4830,3978	-7388,7746	3697,5653
17	420,73	317,85	102,8798	10584,2551	16355,8227	-2401,1727	-3844,0003	9625,7033	7698,7645	10584,2551	-8172,5036	-12500,9967	6255,8752	21715,5727
18	476,83	317,85	158,9799	25274,6115	-3710,5261	-5940,1239	14874,5751	11896,8814	16355,8227	-12628,9492	-19317,7586	9667,1881	33557,0196	5207,8017
19	294,51	317,85	-23,3396	544,7365	872,0603	-2183,7130	-1746,5625	-2401,1727	1854,0362	2836,0098	-1419,2247	-4926,4534	-764,5492	-1091,8870
20	280,49	317,85	-37,3640	1396,0678	-3495,8725	-2796,0449	-3844,0003	2968,0980	4540,1244	-2272,0150	-7886,6832	-1223,9550	-1747,9850	-9286,6130
21	411,42	317,85	93,5626	8753,9618	7001,5341	9625,7033	-7432,3696	-11368,8573	5689,3185	19748,9250	3064,8874	4377,1030	19849,2428	-12909,1037
22	392,69	317,85	74,8326	5599,9194	7698,7645	-5944,5072	-9092,9620	4550,3920	15795,4508	2451,3373	3500,8647	15875,6863	-10324,8714	2451,3373
23	420,73	317,85	102,8798	10584,2551	-8172,5036	-12500,9967	6255,8752	21715,5727	3370,0966	4812,9859	21825,8804	-14194,6247	3370,0966	1927,2072
24	238,42	317,85	-79,4374	6310,2991	9652,4923	-4830,3978	-16767,4148	-2602,1790	-3716,2884	-16852,5876	10960,2065	-2602,1790	-1488,0696	-5944,5072
25	196,34	317,85	-121,5107	14764,8480	-7388,7746	-25648,1254	-3980,3997	-5684,5871	-25778,4091	16765,1813	-3980,3997	-2276,2123	-9092,9620	-4819,1637
26	378,66	317,85	60,8076	3697,5653	12835,0943	1991,9119	2844,7386	12900,2922	-8389,8016	1991,9119	1139,0852	4550,3920	2411,6546	-3124,8113
27	528,93	317,85	211,0771	44553,5459	6914,3814	9874,7379	44779,8628	-29122,9190	6914,3814	3954,0250	15795,4508	8371,4045	-10846,9341	19769,5684
28	350,61	317,85	32,7576	1073,0609	1532,4864	6949,5041	-4519,6620	1073,0609	613,6355	2451,3373	1299,1802	-1683,3641	3068,0911	-1185,5762
29	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	9924,8982	-6454,7318	1532,4864	876,3603	3500,8647	1855,4174	-2404,0877	4381,6783	-1693,1745	1532,4864
30	530,00	317,85	212,1493	45007,3293	-29270,8535	6949,5041	3974,1101	15875,6863	8413,9284	-10902,0329	19869,9911	-7678,1907	6949,5041	9924,8982
31	179,88	317,85	-137,9729	19036,5187	-4519,6620	-2584,5922	-10324,8714	-5472,0613	7090,2187	-12922,5974	4993,5688	-4519,6620	-6454,7318	-21934,9177
32	350,61	317,85	32,7576	1073,0609	613,6355	2451,3373	1299,1802	-1683,3641	3068,0911	-1185,5762	1073,0609	1532,4864	5207,8017	2910,7661
33	336,59	317,85	18,7326	350,9106	1401,8100	742,9429	-962,6405	1754,5038	-677,9779	613,6355	876,3603	2978,1085	1664,5367	-677,9779
34	392,69	317,85	74,8326	5599,9194	2967,8919	-3845,5349	7008,8528	-2708,3710	2451,3373	3500,8647	11896,8814	6649,4542	-2708,3710	-697,0351
35	357,51	317,85	39,6604	1572,9480	-2038,0886	3714,6101	-1435,4050	1299,1802	1855,4174	6305,2082	3524,1331	-1435,4050	-369,4205	3711,7030
36	266,47	317,85	-51,3885	2640,7770	-4813,0671	1859,8724	-1683,3641	-2404,0877	-4566,2636	1859,8724	478,6628	-4809,3003	-2085,7103	
37	411,51	317,85	93,6604	8772,2722	-3389,7941	3068,0911	4381,6783	14890,1233	8322,4494	-3389,7941	-872,4084	8765,4069	3801,4052	-6126,5981
38	281,66	317,85	-36,1924	1309,8892	-1185,5762	-1693,1745	-5753,8630	-3215,9729	1309,8892	337,1173	-3387,1412	-1468,9445	2367,4489	-170,4810
39	350,61	317,85	32,7576	1073,0609	1532,4864	5207,8017	2910,7661	-1185,5762	-305,1237	3065,6899	1329,5366	-2142,7699	154,3017	-3520,9939
40	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	7437,4949	4156,9955	-1693,1745	-435,7609	4378,2491	1898,7709	-3060,1857	220,3652	-5028,4891	-8777,9702
41	476,83	317,85	158,9799	25274,6115	14126,5905	-5753,8630	-1480,8328	14878,4701	6452,5349	-10399,3355	748,8604	-17088,1608	-29829,9076	-21566,8474
42	406,71	317,85	88,8577	7895,6924	-3215,9729	-827,6732	8315,9361	3606,4775	-5812,4396	418,5562	-9550,9856	-16672,6555	-12054,2316	3687,6579

43	281,66	317,85	-36,1924	1309,8892	337,1173	-3387,1412	-1468,9445	2367,4489	-170,4810	3890,1859	6790,8938	4909,7762	-1502,0099	1309,8892
44	308,54	317,85	-9,3146	86,7616	-871,7256	-378,0523	609,2943	-43,8755	1001,1908	1747,7264	1263,5959	-386,5621	337,1173	-435,7609
45	411,44	317,85	93,5871	8758,5470	3798,4302	-6121,8034	440,8336	-10059,3312	-17560,0479	-12695,8111	3883,9314	-3387,1412	4378,2491	-871,7256
46	358,44	317,85	40,5871	1647,3134	-2654,9201	191,1819	-4362,5578	-7615,4888	-5505,9535	1684,3938	-1468,9445	1898,7709	-378,0523	-1516,4964
47	252,44	317,85	-65,4129	4278,8463	-308,1215	7030,9890	12273,6295	8873,7618	-2714,6814	2367,4489	-3060,1857	609,2943	2444,0867	-2142,7699
48	322,56	317,85	4,7104	22,1880	-506,3044	-883,8291	-639,0032	195,4853	-170,4810	220,3652	-43,8755	-175,9997	154,3017	880,9742
49	210,37	317,85	-107,4863	11553,3028	20167,9958	14581,3421	-4460,7573	3890,1859	-5028,4891	1001,1908	4016,1168	-3520,9939	-20102,8503	-17088,1608
50	130,22	317,85	-187,6332	35206,2144	25453,8854	-7786,9105	6790,8938	-8777,9702	1747,7264	7010,7249	-6146,4147	-35092,4933	-29829,9076	-17555,4509
51	182,20	317,85	-135,6577	18403,0091	-5629,8904	4909,7762	-6346,4207	1263,5959	5068,7127	-4443,8216	-25371,6658	-21566,8474	-12692,4875	18386,3911
52	359,35	317,85	41,5007	1722,3088	-1502,0099	1941,5114	-386,5621	-1550,6321	1359,4640	7761,7576	6597,7789	3882,9146	-5624,8065	1941,5114
53	281,66	317,85	-36,1924	1309,8892	-1693,1745	337,1173	1352,2922	-1185,5762	-6768,9583	-5753,8630	-3386,2545	4905,3426	-1693,1745	-4738,6628
54	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	-435,7609	-1747,9850	1532,4864	8749,6161	7437,4949	4377,1030	-6340,6898	2188,6125	6125,2381	4380,5368
55	308,54	317,85	-9,3146	86,7616	348,0303	-305,1237	-1742,0810	-1480,8328	-871,4974	1262,4549	-435,7609	-1219,5576	-872,1811	1132,9634
56	280,49	317,85	-37,3640	1396,0678	-1223,9550	-6988,0792	-5940,1239	-3495,8725	5064,1357	-1747,9850	-4892,0602	-3498,6150	4544,7015	2444,0867
57	350,61	317,85	32,7576	1073,0609	6126,5609	5207,8017	3064,8874	-4439,8088	1532,4864	4288,9475	3067,2918	-3984,4125	-2142,7699	613,6355
58	504,88	317,85	187,0271	34979,1395	29733,5528	17498,7443	-25348,7549	8749,6161	24487,4237	17512,4721	-22748,7041	-12233,9839	3503,5057	-6768,9583
59	476,83	317,85	158,9799	25274,6115	14874,5751	-21547,3723	7437,4949	20815,2091	14886,2442	-19337,2336	-10399,3355	2978,1085	-5753,8630	-17088,1608
60	411,42	317,85	93,5626	8753,9618	-12681,0261	4377,1030	12250,1345	8760,8293	-11380,3187	-6120,2007	1752,6718	-3386,2545	-10056,6978	-11562,8687
61	182,32	317,85	-135,5352	18369,7880	-6340,6898	-17745,5967	-12690,9744	16485,5778	8865,7487	-2538,9277	4905,3426	14568,1750	16750,0205	1262,4549
62	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	6125,2381	4380,5368	-5690,3180	-3060,1857	876,3603	-1693,1745	-5028,4891	-5781,5956	-435,7609	2188,6125
63	448,78	317,85	130,9298	17142,6149	12259,7448	-15925,4105	-8564,4973	2452,6569	-4738,6628	-14073,1596	-16180,8676	-1219,5576	6125,2381	-1219,5576
64	411,49	317,85	93,6360	8767,7022	-11389,2466	-6125,0021	1754,0467	-3388,9110	-10064,5873	-11571,9398	-872,1811	4380,5368	-872,1811	-12690,9744
65	196,22	317,85	-121,6332	14794,6332	7956,3787	-2278,5070	4402,1960	13073,9006	15031,9517	1132,9634	-5690,3180	1132,9634	16485,5778	9662,2234
66	252,44	317,85	-65,4129	4278,8463	-1225,3541	2367,4489	7030,9890	8084,0058	609,2943	-3060,1857	609,2943	8865,7487	5196,2294	-2142,7699
67	336,59	317,85	18,7326	350,9106	-677,9779	-2013,4987	-2315,0562	-174,4866	876,3603	-174,4866	-2538,9277	-1488,0696	613,6355	876,3603
68	281,66	317,85	-36,1924	1309,8892	3890,1859	4472,8110	337,1173	-1693,1745	337,1173	4905,3426	2875,0291	-1185,5762	-1693,1745	337,1173
69	210,37	317,85	-107,4863	11553,3028	13283,6171	1001,1908	-5028,4891	1001,1908	14568,1750	8538,4305	-3520,9939	-5028,4891	1001,1908	1001,1908
70	194,27	317,85	-123,5843	15273,0770	1151,1371	-5781,5956	1151,1371	16750,0205	9817,2136	-4048,3259	-5781,5956	1151,1371	1151,1371	22190,7818
71	308,54	317,85	-9,3146	86,7616	-435,7609	86,7616	1262,4549	739,9268	-305,1237	-435,7609	86,7616	86,7616	1672,5269	1337,4289
72	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	-435,7609	-6340,6898	-3716,2884	1532,4864	2188,6125	-435,7609	-435,7609	-8400,2802	-6717,2477	-5313,7695
73	308,54	317,85	-9,3146	86,7616	1262,4549	739,9268	-305,1237	-435,7609	86,7616	86,7616	1672,5269	1337,4289	1057,9912	1710,0126
74	182,32	317,85	-135,5352	18369,7880	10766,5620	-4439,8088	-6340,6898	1262,4549	1262,4549	24336,6841	19460,7243	15394,6686	24882,1319	17295,4819
75	238,42	317,85	-79,4374	6310,2991	-2602,1790	-3716,2884	739,9268	739,9268	14263,7693	11405,9615	9022,8397	14583,4571	10136,9094	14418,7357
76	350,61	317,85	32,7576	1073,0609	1532,4864	-305,1237	-305,1237	-5881,9527	-4703,4781	-3720,7498	-6013,7824	-4180,1589	-5945,8562	-3061,5848
77	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	-435,7609	-435,7609	-8400,2802	-6717,2477	-5313,7695	-8588,5521	-5969,8722	-8491,5437	-4372,3864	-8491,5437
78	308,54	317,85	-9,3146	86,7616	86,7616	1672,5269	1337,4289	1057,9912	1710,0126	1188,6237	1690,6978	870,5584	1690,6978	870,5584
79	308,54	317,85	-9,3146	86,7616	1672,5269	1337,4289	1057,9912	1710,0126	1188,6237	1690,6978	870,5584	1690,6978	870,5584	-43,8755
80	138,29	317,85	-179,5599	32241,7545	25781,9796	20395,1829	32964,3753	22913,4206	32592,0399	16781,9890	32592,0399	16781,9890	-845,8005	-8400,2802
81	174,27	317,85	-143,5843	20616,4486	16308,9199	26359,8203	18322,6178	26062,0839	13419,6450	26062,0839	13419,6450	-676,3407	-6717,2477	-5691,1083
82	204,27	317,85	-113,5843	12901,3912	20852,2915	14494,3541	20616,7631	10615,7913	20616,7631	10615,7913	-535,0285	-5313,7695	-4502,0280	-10638,3512
83	134,27	317,85	-183,5843	33703,1919	23426,9694	33322,5115	17158,1166	33322,5115	17158,1166	-864,7571	-8588,5521	-7276,5486	-17194,5798	-8588,5521
84	190,24	317,85	-127,6088	16284,0035	23162,3598	11926,5462	23162,3598	11926,5462	-601,0896	-5969,8722	-5057,9032	-11951,8916	-5969,8722	-4180,1589
85	136,34	317,85	-181,5107	32946,1309	16964,3143	32946,1309	16964,3143	-854,9896	-8491,5437	-7194,3594	-17000,3656	-8491,5437	-5945,8562	32946,1309
86	224,39	317,85	-93,4618	8735,1064	16964,3143	8735,1064	-440,2433	-4372,3864	-3704,4524	-8753,6696	-4372,3864	-3061,5848	16964,3143	-10128,1561
87	136,34	317,85	-181,5107	32946,1309	16964,3143	-854,9896	-8491,5437	-7194,3594	-17000,3656	-8491,5437	-5945,8562	32946,1309	-19669,7344	6781,9638
88	224,39	317,85	-93,4618	8735,1064	-440,2433	-4372,3864	-3704,4524	-8753,6696	-4372,3864	-3061,5848	16964,3143	-10128,1561	3492,1055	6113,6059
89	322,56	317,85	4,7104	22,1880	220,3652	186,7018	441,1788	220,3652	154,3017	-854,9896	510,4520	-175,9997	-308,1215	191,7090
90	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	1854,2759	4381,6783	2188,6125	1532,4864	-8491,5437	5069,6821	-1747,9850	-3060,1857	1904,0058	-3630,7417

91	357,49	317,85	39,6360	1571,0132	3712,3248	1854,2759	1298,3809	-7194,3594	4295,2278	-1480,9595	-2592,7059	1613,1463	-3076,1027	-2036,8347
92	411,51	317,85	93,6604	8772,2722	4381,6783	3068,0911	-17000,3656	10149,6797	-3499,5267	-6126,5981	3811,8858	-7268,8711	-4813,0671	5695,2655
93	364,64	317,85	46,7826	2188,6125	1532,4864	-8491,5437	5069,6821	-1747,9850	-3060,1857	1904,0058	-3630,7417	-2404,0877	2844,7386	-1693,1745
94	350,61	317,85	32,7576	1073,0609	-5945,8562	3549,8376	-1223,9550	-2142,7699	1333,2022	-2542,2784	-1683,3641	1991,9119	-1185,5762	1073,0609
95	136,34	317,85	-181,5107	32946,1309	-19669,7344	6781,9638	11873,1390	-7387,3052	14086,8253	9327,5605	-11037,2311	6569,3059	-5945,8562	-16460,3713
96	426,22	317,85	108,3668	11743,3653	-4049,0165	-7088,5863	4410,4217	-8410,2170	-5568,8068	6589,5266	-3922,0539	3549,8376	9827,2884	10149,6797
97	280,49	317,85	-37,3640	1396,0678	2444,0867	-1520,6774	2899,7742	1920,0791	-2272,0150	1352,2922	-1223,9550	-3388,3688	-3499,5267	-175,9997
98	252,44	317,85	-65,4129	4278,8463	-2662,2398	5076,6154	3361,4698	-3977,6015	2367,4489	-2142,7699	-5931,9948	-6126,5981	-308,1215	-6126,5981
99	358,55	317,85	40,6990	1656,4093	-3158,6009	-2091,4607	2474,8094	-1472,9944	1333,2022	3690,8063	3811,8858	191,7090	3811,8858	-2662,2398
100	240,24	317,85	-77,6088	6023,1244	3988,1987	-4719,2050	2808,8477	-2542,2784	-7037,9850	-7268,8711	-365,5691	-7268,8711	5076,6154	-365,5691
101	266,47	317,85	-51,3885	2640,7770	-3124,8113	1859,8724	-1683,3641	-4660,1863	-4813,0671	-242,0608	-4813,0671	3361,4698	-242,0608	0,0000
102	378,66	317,85	60,8076	3697,5653	-2200,7728	1991,9119	5514,3629	5695,2655	286,4287	5695,2655	-3977,6015	286,4287	0,0000	0,0000
103	281,66	317,85	-36,1924	1309,8892	-1185,5762	-3282,1218	-3389,7941	-170,4810	-3389,7941	2367,4489	-170,4810	0,0000	0,0000	0,0000
104	350,61	317,85	32,7576	1073,0609	2970,6372	3068,0911	154,3017	3068,0911	-2142,7699	154,3017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
105	408,54	317,85	90,6854	8223,8434	8493,6325	427,1654	8493,6325	-5931,9948	427,1654	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
106	411,51	317,85	93,6604	8772,2722	441,1788	8772,2722	-6126,5981	441,1788	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
107	322,56	317,85	4,7104	22,1880	441,1788	-308,1215	22,1880	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
108	411,51	317,85	93,6604	8772,2722	-6126,5981	441,1788	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
109	252,44	317,85	-65,4129	4278,8463	-308,1215	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110	322,56	317,85	4,7104	22,1880	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total				<b>964636,6300</b>	<b>284076,8039</b>	<b>75598,6159</b>	<b>87745,3211</b>	<b>160551,0578</b>	<b>171190,1040</b>	<b>63392,8694</b>	<b>27605,9905</b>	<b>-106472,9533</b>	<b>-73719,8909</b>	<b>-88886,7039</b>
Ordine de calcul		$\frac{1}{N-m}$		110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100
	$R_r(\tau m)$			<b>8769,4239</b>	<b>2606,2092</b>	<b>699,9872</b>	<b>820,0497</b>	<b>1514,6326</b>	<b>1630,3819</b>	<b>609,5468</b>	<b>268,0193</b>	<b>-1043,8525</b>	<b>-729,8999</b>	<b>-888,8670</b>



### Anexa 4. Determinarea caracteristicilor probabilitice

Tabelul A4.6. Algoritmul de calcul al funcției de corelație pentru procesul de lucru al secției cu brăzdar  
(viteza de lucru  $v = 1,71 \text{ m/s}$ , adâncimea de lucru  $a = 6 \text{ cm}$ )

Nr.	$y_i$	$m_y$	$y_i^0 = y_i - m_y$	$(y_i^0)^2$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$	$m = 8$	$m = 9$	$m = 10$
1	420,73	327,51	93,2217	8690,2863	-461,2325	-19312,6283	5848,0871	10884,3431	-2917,0279	8274,1353	-4394,8809	15920,5898	1277,9489	-4042,5261
2	322,56	327,51	-4,9477	24,4797	1025,0080	-310,3843	-577,6810	154,8198	-439,1455	233,2561	-844,9772	-67,8265	214,5550	-952,4949
3	120,34	327,51	-207,1688	42918,9095	-12996,3418	-24188,5324	6482,5798	-18387,8061	9766,8474	-35380,7022	-2840,0159	8983,8012	-39882,6603	14794,7139
4	390,24	327,51	62,7331	3935,4425	7324,5671	-1963,0001	5568,0402	957,5143	10713,6855	859,9897	-2720,3988	12076,9305	-4480,0104	798,7872
5	444,27	327,51	116,7576	13632,3384	-3653,4966	10363,1254	-5504,4666	19940,0980	1600,5956	-5063,1521	22477,3423	-8338,1060	1486,6869	-8551,6066
6	296,22	327,51	-31,2913	979,1451	-2777,3404	1475,2092	-5343,9901	-428,9631	1356,9359	-6023,9771	2234,6307	-398,4353	2291,8494	-1211,2455
7	416,27	327,51	88,7576	7877,9125	-4184,4236	15158,2018	1216,7519	-3848,9420	17086,9818	-6338,5192	1130,1599	-6500,8196	3435,6920	2102,1533
8	280,37	327,51	-47,1444	2222,5940	-8051,4143	-646,2886	2044,3999	-9075,9030	3366,7611	-600,2945	3452,9684	-1824,8985	-1116,5775	722,0539
9	498,29	327,51	170,7820	29166,4933	2341,2002	-7405,9010	32877,7349	-12196,1945	2174,5853	-12508,4830	6610,7503	4044,8361	-2615,6621	-14903,6153
10	341,22	327,51	13,7087	187,9286	-594,4731	2639,1023	-978,9909	174,5544	-1004,0584	530,6462	324,6798	-209,9597	-1196,3161	-2237,8419
11	284,15	327,51	-43,3646	1880,4924	-8348,2524	3096,8347	-552,1666	3176,1304	-1678,5893	-1027,0571	664,1640	3784,2979	7078,9485	1007,8982
12	520,02	327,51	192,5129	37061,2071	-13748,0788	2451,2867	-14100,1040	7451,9242	4559,5145	-2948,4877	-16800,0008	-31426,2628	-4474,4602	-22199,7752
13	256,10	327,51	-71,4138	5099,9329	-909,3196	5230,5188	-2764,3363	-1691,3794	1093,7593	6232,0619	11657,7621	1659,8281	8235,1408	5230,5188
14	340,24	327,51	12,7331	162,1320	-932,6031	492,8820	301,5735	-932,6031	-1111,1786	-2078,5826	-295,9479	-1468,3282	-932,6031	519,2816
15	254,27	327,51	-73,2424	5364,4484	-2835,1183	-1734,6879	1121,7655	6391,6364	11956,2639	1702,3286	8446,0050	5364,4484	-2986,9717	6525,5674
16	366,22	327,51	38,7087	1498,3639	916,7849	-592,8546	-3377,9885	-6318,9017	-899,6830	-4463,7251	-2835,1183	1578,6186	-3448,7712	1970,4475
17	351,20	327,51	23,6842	560,9416	-362,7424	-2066,8470	-3866,2664	-550,4776	-2731,1630	-1734,6879	965,8894	-2110,1560	1205,6328	2220,5744
18	312,20	327,51	-15,3158	234,5736	1336,5618	2500,1870	355,9757	1766,1530	1121,7655	-624,6088	1364,5683	-779,6430	-1435,9722	1979,0763
19	240,24	327,51	-87,2669	7615,5109	14245,6569	2028,2916	10063,2513	891,6364	-3558,9190	7775,0872	-4442,2781	-8181,9351	11276,4531	-7766,9548
20	164,27	327,51	-163,2424	26648,0794	3794,1442	18824,4265	11956,2639	-6657,3522	14544,1619	-8309,7733	-15305,2160	21093,8549	-14528,9494	14544,1619
21	304,27	327,51	-23,2424	540,2089	2680,2152	1702,3286	-947,8715	2070,7927	-1183,1426	-2179,1513	3003,3356	-2068,6267	2070,7927	1418,8691
22	212,20	327,51	-115,3158	13297,7325	8446,0050	-4702,8093	10274,1178	-5870,0935	-10811,7328	14900,8758	-10263,3716	10274,1178	7039,6366	570,5473
23	254,27	327,51	-73,2424	5364,4484	-2986,9717	6525,5674	-3728,3679	-6867,0315	9464,2354	-6518,7420	6525,5674	4471,1988	362,3810	-6507,9973
24	368,29	327,51	40,7820	1663,1720	-3633,4929	2075,9878	3823,6232	-5269,7689	3629,6925	-3633,4929	-2489,6025	-201,7769	3623,7098	1414,4914
25	238,42	327,51	-89,0955	7938,0072	-4535,3621	-8353,3802	11512,7412	-7929,7044	7938,0072	5438,9766	440,8173	-7916,6341	-3090,2064	1364,5683
26	378,42	327,51	50,9045	2591,2687	4772,6845	-6577,7781	4530,6183	-4535,3621	-3107,5467	-251,8600	4523,1506	1765,5823	-779,6430	-8613,9583
27	421,27	327,51	93,7576	8790,4885	-12115,1697	8344,6430	-8353,3802	-5723,5825	-463,8840	8330,8888	3251,9080	-1435,9722	-15865,4740	-9668,2744
28	198,29	327,51	-129,2180	16697,2902	-11500,6994	11512,7412	7888,3186	639,3312	-11481,7431	-4481,8235	1979,0763	21866,0100	13324,9460	2451,6136
29	416,51	327,51	89,0023	7921,4103	-7929,7044	-5433,2877	-440,3562	7908,3537	3086,9742	-1363,1410	-15060,7916	-9177,9084	-1688,6136	-6681,4916
30	238,42	327,51	-89,0955	7938,0072	5438,9766	440,8173	-7916,6341	-3090,2064	1364,5683	15076,5610	9187,5180	1690,3816	6688,4874	15087,4493
31	266,47	327,51	-61,0466	3726,6867	302,0399	-5424,3321	-2117,3526	934,9771	10330,1823	6295,1184	1158,2184	4582,8286	10337,6428	-5415,3644
32	322,56	327,51	-4,9477	24,4797	-439,6304	-171,6069	75,7779	837,2390	510,2058	93,8711	371,4284	837,8436	-438,9036	995,3218
33	416,37	327,51	88,8556	7895,3186	3081,8861	-1360,8942	-15035,9673	-9162,7807	-1685,8303	-6670,4787	-15046,8264	7882,2657	-17874,9750	-6670,4787
34	362,20	327,51	34,6842	1202,9941	-531,2162	-5869,1917	-3576,6316	58,0528	-2603,7778	-5873,4304	3076,7909	-6977,3798	-2603,7778	4206,2127
35	312,20	327,51	-15,3158	234,5736	2591,7081	1579,3631	290,5819	1149,7719	2593,5798	-1358,6443	3081,0600	1149,7719	-1857,3725	75,7779
36	158,29	327,51	-169,2180	28634,7297	17449,7418	3210,5214	12703,3632	28655,4099	-15011,1092	34041,3800	12703,3632	-20521,3548	837,2390	12393,9312
37	224,39	327,51	-103,1199	10633,7127	1956,4623	7741,3131	17462,3441	-9147,6323	20744,5049	7741,3131	-12505,5255	510,2058	7552,7480	321,7232
38	308,54	327,51	-18,9727	359,9631	1424,2991	3212,8400	-1683,0432	3816,7141	1424,2991	-2300,8510	93,8711	1389,6056	59,1928	-2833,0370
39	252,44	327,51	-75,0710	5635,6542	12712,5376	-6659,4507	15101,9415	5635,6542	-9103,9875	371,4284	5498,3794	234,2136	-11209,7365	-6998,2461
40	158,17	327,51	-169,3402	28676,1049	-15021,9503	34065,9649	12712,5376	-20536,1754	837,8436	12402,8821	528,3236	-25286,1851	-15786,1827	19837,2558
41	416,22	327,51	88,7087	7869,2344	-17845,4233	-6659,4507	10757,8560	-438,9036	-6497,2380	-276,7618	13246,1440	8269,5768	-10391,7276	-18029,3697
42	126,34	327,51	-201,1688	40468,8840	15101,9415	-24396,0828	995,3218	14734,0843	627,6255	-30038,8876	-18753,2981	23565,7967	40886,0276	-7468,2920

43	252,44	327,51	-75,0710	5635,6542	-9103,9875	371,4284	5498,3794	234,2136	-11209,7365	-6998,2461	8794,1462	15257,6087	-2786,9735	-14300,3643
44	448,78	327,51	121,2717	14706,8265	-600,0154	-8882,2301	-378,3550	18108,5100	11305,1552	-14206,3005	-24647,5518	4502,1521	23101,1933	4268,7162
45	322,56	327,51	-4,9477	24,4797	362,3810	15,4363	-738,7987	-461,2325	579,5947	1005,5813	-183,6807	-942,4923	-174,1569	-183,6807
46	254,27	327,51	-73,2424	5364,4484	228,5086	-10936,6866	-6827,7809	8579,9360	14885,9597	-2719,0877	-13952,0320	-2578,1034	-2719,0877	-2719,0877
47	324,39	327,51	-3,1199	9,7337	-465,8683	-290,8419	365,4782	634,0949	-115,8245	-594,3125	-109,8191	-115,8245	-115,8245	-293,2773
48	476,83	327,51	149,3218	22297,0015	13920,0333	-17492,2125	-30348,5213	5543,4981	28444,4907	5256,0686	5543,4981	5543,4981	14036,5939	24991,8420
49	420,73	327,51	93,2217	8690,2863	-10920,4002	-18946,6026	3460,8097	7757,9150	3281,3672	3460,8097	3460,8097	8763,0552	15602,4241	10168,1114
50	210,37	327,51	-117,1444	13722,8092	23808,7073	-4348,9277	-22314,9769	-4123,4365	-4348,9277	-4348,9277	-11011,8432	-19606,3408	-12777,4669	7151,2664
51	124,27	327,51	-203,2424	41307,4710	-7545,2734	-38715,8887	-7154,0521	-7545,2734	-7545,2734	-19105,2536	-34016,4774	-22168,5637	12407,2561	-27498,0467
52	364,64	327,51	37,1245	1378,2289	7071,8918	1306,7679	1378,2289	1378,2289	3489,7891	6213,4915	4049,3370	-2266,3246	5022,8270	1242,4163
53	518,00	327,51	190,4912	36286,8993	6705,2152	7071,8918	7071,8918	17906,6124	31882,3235	20777,7340	-11628,8394	25772,8515	6375,0178	33815,2759
54	362,71	327,51	35,1996	1239,0122	1306,7679	1306,7679	3308,8440	5891,3229	3839,3795	-2148,8160	4762,3941	1177,9972	6248,5004	2294,1169
55	364,64	327,51	37,1245	1378,2289	1378,2289	3489,7891	6213,4915	4049,3370	-2266,3246	5022,8270	1242,4163	6590,2013	2419,5713	-7566,9207
56	364,64	327,51	37,1245	1378,2289	3489,7891	6213,4915	4049,3370	-2266,3246	5022,8270	1242,4163	6590,2013	2419,5713	-7566,9207	336,8865
57	421,51	327,51	94,0023	8836,4334	15733,0723	10253,2549	-5738,5206	12718,2116	3145,9004	16686,9325	6126,5537	-19160,0664	853,0244	4980,0452
58	494,88	327,51	167,3690	28012,3839	18255,6914	-10217,3078	22644,4917	5601,2055	29710,7107	10908,1921	-34114,0703	1518,7909	8866,8593	2486,3679
59	436,59	327,51	109,0745	11897,2477	-6658,6271	14757,4321	3650,3098	19362,4923	7108,8769	-22232,1650	989,7972	5778,5388	1620,3678	-2069,4373
60	266,47	327,51	-61,0466	3726,6867	-8259,4092	-2042,9979	-10836,7598	-3978,6816	12442,8524	-553,9676	-3234,1207	-906,8841	1158,2184	1223,7763
61	462,81	327,51	135,2968	18305,2255	4527,8707	24017,3755	8817,9023	-27576,9383	1227,7516	7167,7413	2009,9159	-2566,9450	-2712,2402	6920,3647
62	360,98	327,51	33,4662	1119,9869	5940,7938	2181,1434	-6821,2658	303,6893	1772,9695	497,1607	-634,9441	-670,8835	1711,7798	303,6893
63	505,03	327,51	177,5162	31512,0031	11569,5309	-36182,3284	1610,8717	9404,4367	2637,1107	-3367,9608	-3558,5954	9079,8661	1610,8717	-23107,0705
64	392,69	327,51	65,1745	4247,7161	-13284,2258	591,4264	3452,8088	68,2067	-1236,5360	-1306,5269	3333,6437	591,4264	-8483,6868	11122,6677
65	123,69	327,51	-203,8255	41544,8323	-1849,6155	-10798,2478	-3027,9511	3867,1189	4086,0071	-10425,5732	-1849,6155	26531,7190	-34784,8172	36116,5110
66	336,59	327,51	9,0745	82,3466	480,7483	134,8073	-172,1678	-181,9129	464,1565	82,3466	-1181,2174	1548,6532	-1607,9415	209,6166
67	380,49	327,51	52,9779	2806,6584	787,0188	-1005,1336	-1062,0266	2709,7936	480,7483	-6896,0701	9041,1985	-9387,3296	1223,7634	-10523,0540
68	342,37	327,51	14,8556	220,6890	-281,8509	-297,8043	759,8569	134,8073	-1933,7362	2535,2546	-2632,3136	343,1571	-2950,7837	1325,1141
69	308,54	327,51	-18,9727	359,9631	380,3379	-970,4439	-172,1678	2469,6528	-3237,8762	3361,8343	-438,2599	3768,5652	-1692,3569	2490,0219
70	307,47	327,51	-20,0466	401,8660	-1025,3734	-181,9129	2609,4411	-3421,1478	3552,1222	-463,0664	3981,8751	-1788,1483	2630,9631	99,1844
71	378,66	327,51	51,1495	2616,2719	464,1565	-6658,0695	8729,1641	-9063,3494	1181,5283	-10159,8771	4562,5157	-6712,9836	-253,0721	-10519,2075
72	336,59	327,51	9,0745	82,3466	-1181,2174	1548,6532	-1607,9415	209,6166	-1802,4780	809,4423	-1190,9598	-44,8979	-1866,2273	-172,1678
73	197,34	327,51	-130,1688	16943,9151	-22214,5799	23065,0376	-3006,8348	25855,5572	-11611,0051	17083,6643	644,0355	26770,0060	2469,6528	-20389,0354
74	498,17	327,51	170,6598	29124,7657	-30239,7714	3942,1568	-33898,3249	15222,7864	-22397,8002	-844,3726	-35097,2270	-3237,8762	26731,3577	-22368,5491
75	150,32	327,51	-177,1933	31397,4637	-4093,0774	35196,0804	-15805,5719	23255,2723	876,6983	36440,8810	3361,8343	-27754,7347	23224,9014	-16518,2611
76	350,61	327,51	23,0995	533,5871	-4588,2777	2060,4668	-3031,6344	-114,2893	-4750,5540	-438,2599	3618,1992	-3027,6751	2153,3753	1181,5283
77	128,88	327,51	-198,6310	39454,2721	-17717,8063	26068,8074	982,7655	40849,6747	3768,5652	-31112,6364	26034,7621	-18516,7200	-10159,8771	26029,9155
78	416,71	327,51	89,1996	7956,5696	-11706,7698	-441,3324	-18344,4425	-1692,3569	13971,8119	-11691,4810	8315,3393	4562,5157	-11689,3045	-5282,2218
79	196,27	327,51	-131,2424	17224,5662	649,3473	26990,7984	2490,0219	10557,1991	17202,0712	-12234,6398	-6712,9836	17198,8689	7771,9114	8011,9013
80	322,56	327,51	-4,9477	24,4797	1017,5236	93,8711	-774,9839	648,4993	-461,2325	-253,0721	648,3785	292,9926	302,0399	-322,4636
81	121,86	327,51	-205,6561	42294,4293	3901,8503	-32213,0155	26955,5489	-19171,6119	-10519,2075	26950,5309	12178,5415	12554,6043	-13403,5342	-18314,1493
82	308,54	327,51	-18,9727	359,9631	-2971,7948	2486,7700	-1768,6670	-970,4439	2486,3070	1123,5249	1158,2184	-1236,5360	-1689,5622	398,3829
83	484,15	327,51	156,6354	24534,6345	-20530,3518	14601,8149	8011,8209	-20526,5299	-9275,6316	-9562,0551	10208,6318	13948,7395	-3288,9814	-31208,4033
84	196,44	327,51	-131,0710	17179,6057	-12218,6616	-6704,2165	17176,4075	7761,7615	8001,4379	-8542,4872	-11672,1742	2752,1887	26114,8989	7522,0444
85	420,73	327,51	93,2217	8690,2863	4768,2441	-12216,3870	-5520,4025	-5690,8677	6075,6785	8301,6078	-1957,4409	-18573,7158	-5349,9083	7723,9408
86	378,66	327,51	51,1495	2616,2719	-6702,9685	-3028,9711	-3122,5031	3333,6437	4554,9814	-1074,0217	-10191,1499	-2935,4233	4238,0232	-6701,7153
87	196,47	327,51	-131,0466	17173,2100	7760,3166	7999,9484	-8540,8970	-11670,0014	2751,6764	26110,0374	7520,6441	-10857,9449	17169,9993	648,3785
88	268,29	327,51	-59,2180	3506,7709	3615,0569	-3859,5035	-5273,4989	1243,4414	11798,7351	3398,4665	-4906,5428	7758,8657	292,9926	-2019,3043
89	266,47	327,51	-61,0466	3726,6867	-3978,6816	-5436,3400	1281,8378	12163,0697	3503,4082	-5058,0526	7998,4527	302,0399	-2081,6587	-6547,0462
90	392,69	327,51	65,1745	4247,7161	5803,9399	-1368,5144	-12985,5245	-3740,3052	5400,0731	-8539,3002	-322,4636	2222,4184	6989,7510	3333,6437

91	416,56	327,51	89,0523	7930,3131	-1869,8931	-17742,9946	-5110,6303	7378,4827	-11667,8196	-440,6036	3036,6396	9550,5663	4554,9814	3468,8905
92	306,51	327,51	-20,9977	440,9032	4183,6310	1205,0385	-1739,7767	2751,1619	103,8902	-716,0110	-2251,9336	-1074,0217	-817,9317	-3583,4623
93	128,27	327,51	-199,2424	39697,5319	11434,3387	-16508,3492	26105,1559	985,7905	-6794,0671	-21368,0904	-10191,1499	-7761,1697	-34002,6663	-8101,1550
94	270,12	327,51	-57,3891	3293,5070	-4755,0074	7519,2381	283,9437	956,9394	-6154,7903	-2935,4233	-2235,5003	-9794,0095	-2333,4284	-2004,5436
95	410,37	327,51	82,8556	6865,0513	-10855,9150	-409,9442	2825,3351	8885,9907	4238,0232	3227,5080	14140,1206	3368,8919	2894,0639	3316,4866
96	196,49	327,51	-131,0221	17166,7893	648,2573	-4467,7886	-14051,6880	-6701,7153	-5103,7568	-22360,2039	-5327,3315	-4576,4714	-5244,4614	-4848,1195
97	322,56	327,51	-4,9477	24,4797	-168,7139	-530,6240	-253,0721	-192,7296	-844,3726	-201,1723	-172,8181	-198,0429	-183,0761	-885,4068
98	361,61	327,51	34,0995	1162,7763	3657,0596	1744,1728	1328,2918	5819,4146	1386,4789	1191,0618	1364,9113	1261,7603	6102,2226	1265,9273
99	434,76	327,51	107,2467	11501,8558	5485,6159	4177,6244	18302,7008	4360,6291	3746,0207	4292,7966	3968,3753	19192,1631	3981,4809	-8132,0345
100	378,66	327,51	51,1495	2616,2719	1992,4474	8729,1641	2079,7284	1786,6013	2047,3769	1892,6496	9153,3781	1898,9001	-3878,4365	4553,7026
101	366,47	327,51	38,9534	1517,3678	6647,7802	1583,8375	1360,6037	1559,1998	1441,3658	6970,8445	1446,1259	-2953,6612	3467,9167	0,0000
102	498,17	327,51	170,6598	29124,7657	6938,9923	5960,9769	6831,0517	6314,8058	30540,1515	6335,6605	-12940,3634	15193,3817	0,0000	0,0000
103	368,17	327,51	40,6598	1653,2190	1420,2062	1627,5020	1504,5062	7276,2088	1509,4748	-3083,0491	3619,8320	0,0000	0,0000	0,0000
104	362,44	327,51	34,9290	1220,0354	1398,1140	1292,4537	6250,6644	1296,7220	-2648,5091	3109,6352	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
105	367,54	327,51	40,0273	1602,1852	1481,1026	7163,0226	1485,9939	-3035,0902	3563,5231	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
106	364,51	327,51	37,0023	1369,1706	6621,6885	1373,6923	-2805,7181	3294,2155	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
107	506,47	327,51	178,9534	32024,3213	6643,5566	-13569,2305	15931,7394	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
108	364,64	327,51	37,1245	1378,2289	-2814,9840	3305,0947	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
109	251,69	327,51	-75,8255	5749,5057	-6750,5395	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110	416,54	327,51	89,0273	7925,8611	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total				<b>1154310,8818</b>	<b>-52325,8821</b>	<b>-14174,8477</b>	<b>96673,9395</b>	<b>146413,3301</b>	<b>239187,7304</b>	<b>-36272,8967</b>	<b>-62059,0733</b>	<b>84707,1607</b>	<b>39334,5617</b>	<b>-65377,0264</b>
Ordine de calcul	$\frac{1}{N-m}$			110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100
	<b>R<sub>t</sub>(<math>\tau m</math>)</b>			<b>10493,7353</b>	<b>-480,054</b>	<b>-131,248</b>	<b>903,494</b>	<b>1381,257</b>	<b>2277,978</b>	<b>-348,777</b>	<b>-602,515</b>	<b>830,462</b>	<b>389,451</b>	<b>-653,770</b>

Киев, пос Чебаны  
Украина  
Май 11.2001

**Акт испытаний ротационно-лунковой  
сеялки для посева пропашных культур**

В результате проведенных экспериментальных исследований сеялок MF-543, СУПН-8 и представленной зав. кафедрой «Сельскохозяйственные Машины» д.т.н. В. Сербин, Государственный Аграрный Университет Республики Молдова и инженером А. Настас, ротационно-лунковой сеялки на посеве кукурузы комиссия в составе:

Майкл Уильямс – Бизнес директор AGCO Ltd;  
Сергей Склифос – Директор ООО «Agrofermotech»,  
официальный дилер AGCO в  
Республике Молдова;

Питер Томсон – Сервисный директор AGCO Ltd в Украине;  
Владимир Слугин – инженер AGCO Ltd;

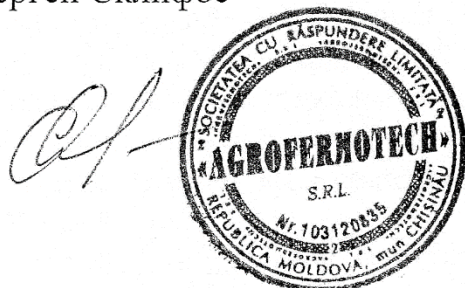
установила:

- пневматический высевающий аппарат ротационно-лунковой сеялки с внутренней поверхностью дозирования обеспечивает устойчивый отбор единичных семян при работе посевного агрегата на скорости до  $3,8 \text{ мс}^{-1}$ ;
- пневматический высевающий аппарат сеялки MF-543 обеспечивает качественный отбор семян до  $3,33 \text{ мс}^{-1}$ ;
- пневматический высевающий аппарат сеялки СУ ПН-8 обеспечивает качественный отбор семян до  $2,5 \text{ мс}^{-1}$ ;
- заделывающие рабочие органы пневматической ротационной сеялки качественно распределяет вдоль ряда и по глубине 99,89% семян со стандартным отклонением 0,52 ... 0,91 см и 0,9 ... 1,1 см соответственно;
- заделывающие рабочие органы сеялки MF-543 качественно распределяют в интервалах агротехнических требований вдоль ряда и по глубине 87,89% семян со стандартным отклонением 2,27 ... 7,62 см и 1,4... 1,65 см соответственно;
- заделывающие рабочие органы сеялки СУПН-8 качественно распределяют в интервалах агротехнических требований вдоль ряда и по глубине 82,89% семян со стандартным отклонением 2,86 ... 8,32 см и 1,36... 1,99 см соответственно.

Установлено что тяговое сопротивление ротационно-лунковой сеялки в сравнении с сошниковыми сеялками MF543 и СУПН-8 ниже в 1,4... 1,9 раза.

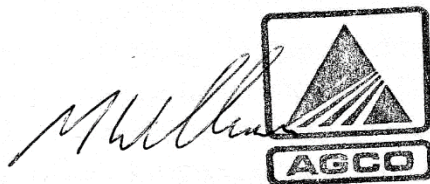
Комиссия считает, что представленная сеялка может быть рекомендована в производство и использоваться при посеве пропашных культур в условиях минимальной и нулевой обработки почвы.

Сергей Склифос



Директор ООО «Agrofermotech»,  
официальный дилер AGCO в  
Республике Молдова

Майкл Уильямс



Бизнес директор AGCO Ltd

Питер Томсон

Сервисный директор AGCO Ltd  
в Украине

Владимир Слугин

Инженер AGCO Ltd

**Anexa 6. Indicatorii tehnico-economici ai eficacității semănatului porumbului cu ajutorul MSR**

Indicator	Formula de calcul, componentele relației	Valoarea indicatorilor		
		Mașina de bază	Mașina nouă	Diferența
1	2	3	4	5
Indicatorii tehnico-economici				
Productivitatea timp de 1 h de schimb, ha/h	$W_h = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau,$ <i>B</i> – lățimea de lucru, m, <i>B</i> = 5,6 m; <i>v</i> – viteza de lucru, km/h; <i>τ</i> – coeficientul folosirii timpului pe durata schimbului	2,74	3,82	+1,08
Productivitatea zilnică a agregatului, ha	$W_{zi} = W_h \cdot t,$ <i>t<sub>sch</sub></i> – timpul de lucru în schimb, h	27,44	38,22	+10,78
Cheltuieli energetice ale procesului, kW/ha	$Ch_N = \frac{N_e}{W_h},$ <i>N<sub>e</sub></i> – puterea efectivă a motorului, kW	21,87	15,70	-6,17
Consumul de combustibil, kg/ha	$Q = \frac{G}{W_{ha}},$ <i>G</i> – consumul specific de combustibil, kg/h	3,64	2,62	-1,03
Volumul specific de material, kg/ha	$M_{sp} = \frac{M_{ag}}{W_{an}},$ <i>M<sub>ag</sub></i> – masa agregatului, kg; <i>W<sub>an</sub></i> – volumul anual de lucru al agregatului, ha	38,19	26,81	-11,38
Cheltuieli de exploatare, lei/ha	$Ch_{e.ha} = Ch_m + Ch_a + Ch_{r.T.MA} + Ch_{c.l},$ <i>Ch<sub>rm</sub></i> – remunerarea muncii, lei; <i>Ch<sub>a</sub></i> – cheltuieli de amortizare, lei; <i>Ch<sub>r.T.MA</sub></i> – cheltuieli pentru reparația tractorului și mașinii agricole (MA), lei; <i>Ch<sub>c.l</sub></i> – cheltuieli pentru combustibili și lubrifianți, lei	278,95	220,25	-58,69
	$Ch_{rm} = \frac{N_m \cdot S_t \cdot t}{W_{zi}},$ <i>N<sub>m</sub></i> – numărul de muncitori ce deservește agregatul, persoane; <i>S<sub>t</sub></i> – salariul tarifar, lei	9,11	6,54	-2,57
	$Ch_a = Ch_{a.T} + Ch_{a.MA},$ <i>Ch<sub>a.T</sub></i> – cheltuieli de amortizare pentru tractor, lei; <i>Ch<sub>a.MA</sub></i> – cheltuieli de amortizare pentru MA, lei	103,90	84,65	-19,24
	$Ch_{a.T} = \frac{P_T \cdot A_T}{W_{h.T} \cdot t_{an.T}},$ <i>P<sub>T</sub></i> – prețul tractorului, lei; <i>A<sub>T</sub></i> – defalcări pentru amortizarea tractorului, lei; <i>W<sub>h.T</sub></i> – productivitatea timp de 1 h a tractorului, ha/h; <i>t<sub>an.T</sub></i> – timpul anual de utilizare a tractorului, h	10,10	7,25	-2,85

Indicator	Formula de calcul, componentele relației	Valoarea indicatorilor		
		Mașina de bază	Mașina nouă	Diferența
1	2	3	4	5
	$Ch_{a.MA} = \frac{P_{MA} \cdot A_{MA}}{W_{h.MA} \cdot t_{an.MA}},$ <p><math>P_{MA}</math> – prețul mașinii agricole, lei;  <math>A_{MA}</math> – defalcări pentru amortizarea mașinii agricole, lei;  <math>W_{h.MA}</math> – productivitatea timp de 1 h a mașinii agricole, ha/h;  <math>t_{an.MA}</math> – timpul anual de utilizare a mașinii agricole, h</p>	93,80	77,40	-16,39
	$Ch_{r.T.MA} = Ch_{r.T} + Ch_{r.MA},$ <p><math>Ch_{r.T}</math> – cheltuieli pentru reparația tractorului, lei;  <math>Ch_{r.MA}</math> – cheltuieli pentru reparația mașinii agricole, lei</p>	98,88	80,91	-17,97
	$Ch_{r.T} = \frac{P_T \cdot R_T}{W_{h.T} \cdot t_{an.T}},$ <p><math>P_T</math> – prețul tractorului, lei;  <math>R_T</math> – defalcări pentru reparația tractorului, lei;  <math>W_{h.T}</math> – productivitatea timp de 1 h a tractorului, ha/h;  <math>t_{an.T}</math> – timpul anual de utilizare a tractorului, h</p>	6,41	4,60	-1,81
	$Ch_{r.MA} = \frac{P_{MA} \cdot R_{MA}}{W_{h.MA} \cdot t_{an.MA}},$ <p><math>P_{MA}</math> – prețul mașinii agricole, lei;  <math>R_{MA}</math> – defalcări pentru reparația mașinii agricole, lei;  <math>W_{h.MA}</math> – productivitatea timp de 1 h a mașinii agricole, ha/h;  <math>t_{an.MA}</math> – timpul anual de utilizare a mașinii agricole, h</p>	92,47	76,31	-16,16
	$Ch_{c.l.} = G Pr_{c.l.} / W_h,$ <p><math>G</math> – consumul de combustibil, kg/ha;  <math>Pr_{c.l.}</math> – prețul complex al 1 kg combustibil, lei/kg  <math>Pr_{c.l.} = 15,64 \text{ lei/ l} = x 0,85 = 18,4 \text{ lei/ kg}</math> –Data 22.03.2018</p>	67,07	48,14	-18,91
Economia anuală a cheltuielilor de exploatare, lei	$E_{an e} = (Ch_{e.mb} - Ch_{e.mn}) W_h t_{an m},$ <p><math>Ch_{e.mb}</math> – cheltuieli de exploatare pentru mașina de bază, lei;  <math>Ch_{e.mn}</math> – cheltuieli de exploatare pentru mașina nouă, lei;</p>		10767,8	10767,8
Procentul de micșorare a cheltuielilor de exploatare, %	$G_{Ch_e} = \frac{Ch_{e.mb} - Ch_{e.mn}}{Ch_{e.mb}} \cdot 100\%$		21,04	21,04
Cheltuieli de muncă om·h/ha	$Ch_m = \frac{N_{ag}}{W_h},$	0,36	0,26	-0,10

Indicator	Formula de calcul, componentele relației	Valoarea indicatorilor		
		Mașina de bază	Mașina nouă	Diferența
1	2	3	4	5
	$N_{ag}$ – numărul de muncitori ce deservește agregatul, <i>persoane</i>			
Majorarea productivității muncii, <i>ori</i>	$R_{pm} = \frac{W_{h.mn}}{W_{h.mb}}$ $W_{h.mn}$ – productivitatea orară a mașinii noi, <i>ha/h</i> ; $W_{h.mb}$ – productivitatea orară a mașinii de bază, <i>ha/h</i> ;		1,39	+1,39
Economia anuală a cheltuielilor de muncă, <i>om·h</i>	$E_{an m} = (Ch_{m mb} - Ch_{m mn}) W_h \cdot t_{an m}$ ,		18,86	+18,86
Investiții capitale specifice, <i>lei/ha</i>	$I_{Cs} = \frac{P_T}{W_h \cdot t_T} + \frac{P_{MA}}{W_h \cdot t_{MA}}$ $P_T$ – prețul tractorului, <i>lei</i> ; $P_{MA}$ – prețul mașinii agricole, <i>lei</i>	725,28	591,57	279,24
Timpul de răscumpărare a investițiilor capitale suplimentare, <i>ani</i>	$Z = \frac{(I_{Cs.mb} - I_{Cs.mn}) \cdot W_h \cdot t_{an}}{Ec_{ef.an}}$ $I_{Cs.mb}$ – investițiile capitale specifice pentru mașina de bază, <i>lei/ha</i> ; $I_{Cs.mn}$ – investițiile capitale specifice pentru mașina nouă, <i>lei/ha</i> ; $Ec_{ef.an}$ – economia efectivă anuală, <i>lei</i>		2,28	
Cheltuieli rezultante, <i>lei/ha</i>	$Ch_z = Ch_{e.ha} + E_n \cdot I_C$ $Ch_{e.ha}$ – cheltuieli de exploatare, <i>lei/ha</i> $E_n$ – coeficientul normativ al eficacității investițiilor capitale, $E_n = 0,16$ ; $I_C$ – investiții capitale, <i>lei/ha</i>	394,99	314,90	-80,09
Efectul economic anual, <i>lei</i>	$E_{ec.an} = ((Ch_{e.mb} + E_n \cdot I_{Cmb}) - (Ch_{e.mn} + E_n \cdot I_{Cmn})) \cdot W_h \cdot t_{an}$ $Ch_{e.mb}$ – cheltuieli de exploatare pentru mașina de bază, <i>lei</i> ; $Ch_{e.mn}$ – cheltuieli de exploatare pentru mașina nouă, <i>lei</i> ;		14692,4	14692,4
Efectul economic anual obținut în urma implementării noii tehnologii cu reducerea cantității de semințe din contul îmbunătățirii calității însămânțării, <i>lei</i>	$E_{ec.an} = (Ch_{\Sigma mb} - Ch_{\Sigma mn}) B_{z.an} + (Q_{sb} - Q_{sn}) \cdot B_{z.an} \cdot P_c$ $Ch_{\Sigma mb}$ – cheltuieli rezultante pentru mașina de bază, <i>lei/ha</i> ; $Ch_{\Sigma mn}$ – cheltuieli rezultante pentru mașina nouă, <i>lei/ha</i> ; $Q_{sb}$ – norma de însămânțare după tehnologia de bază, <i>kg/ha</i> ; $Q_{sn}$ – norma de însămânțare după tehnologia nouă, <i>kg/ha</i> ; $B_{z.an}$ – încărcarea anuală zonală a mașinii, <i>ha</i> ;		31977,4	31977,4



Indicator	Formula de calcul, componentele relației	Valoarea indicatorilor		
		Mașina de bază	Mașina nouă	Diferența
1	2	3	4	5
	$P_c$ – prețul de contract al 1 t de semințe, lei, $P_c = 35000$ lei/t			
Efectul economic anual obținut în urma implementării semănătoarei rotative cu inserare nouă și a metodei noi de semănat a porumbului, lei/ha	$E_{ec} = E_{ec.an} / B_{z.an}$		<b>159,89</b>	

## Anexa 7. Rezultatele cercetărilor științifice și unele mențiuni ale acestora



Fig. A7.1. Brevet de invenție de scurtă durată Nr. 728 „Semănătoare manuală”



Fig. A7.2. Diplomă de excelență „Salonul internațional de invenție PRO INVENT”, ediția a XII-a, 2014, Cluj-Napoca, România

## Anexa 7. Rezultatele cercetărilor științifice și unele mențiuni ale acestora

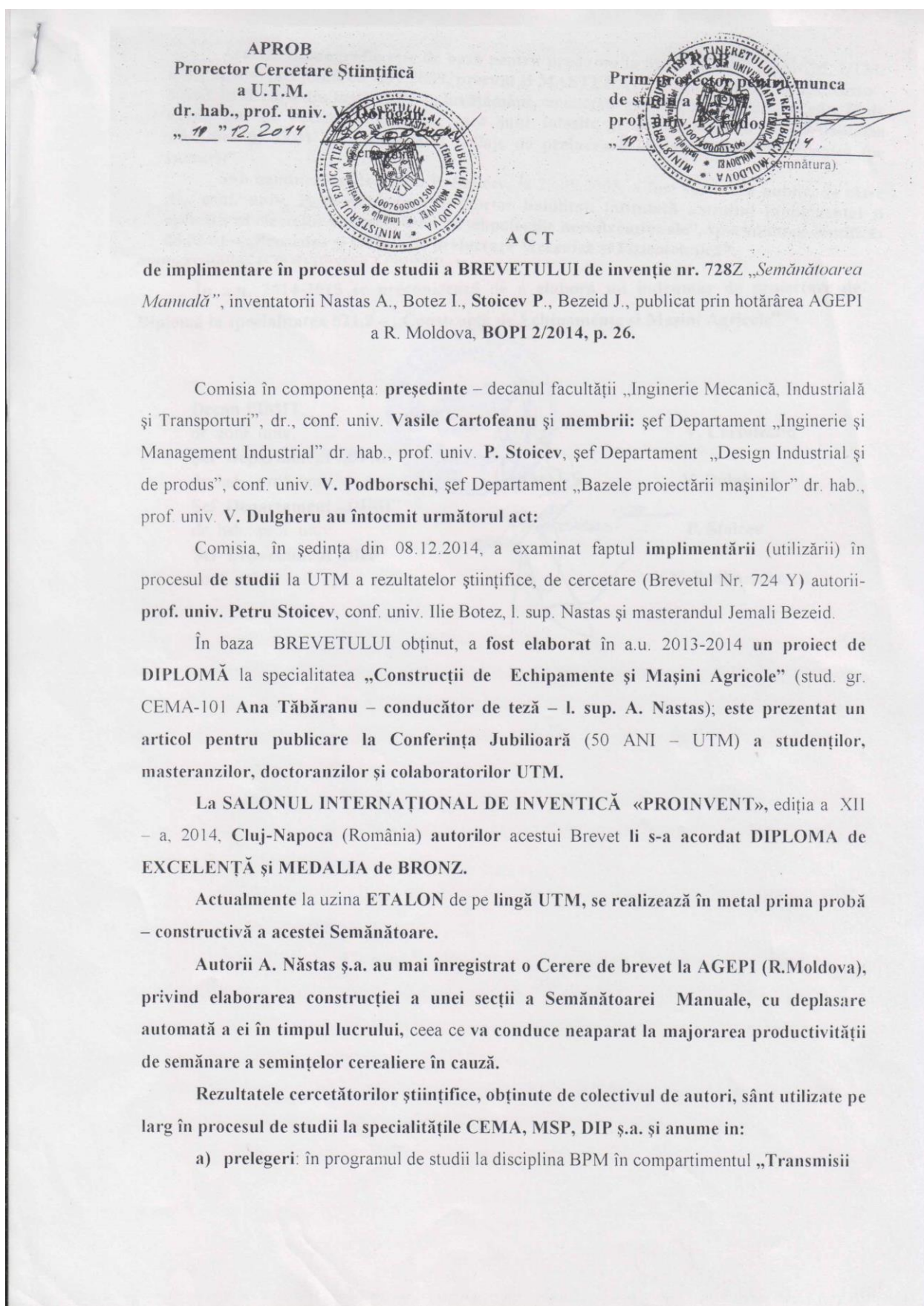


Fig. A7.3. Act de implementare în procesul de studiu a brevetului de invenție nr. 728 (pag. 1)

mecanice noi”, în programul de studii la disciplina „Mașini Agricole de Semănat” – specialitatea CEMA;

b) în proiectele de an și de diplomă – compartimentul „Proiectarea Constructiv – Funcțională a Echipamentelor de Mașini Agricole”.

c) în cursurile: „Design Industrial”, „Proiectarea Mașinilor Agricole de prelucrat Solul, semănat și întreținerea Plantelor”.

În a.u. 2014-2015 se preconizează de a elabora un îndrumar de proiectare de Diplomă la specialitatea 521.2 – „Construcții de Echipamente și Mașini Agricole”.

Decan FIMIT,  
dr. conf. univ.  
Șef Departament „BPM”  
dr. hab., prof. univ.  
Șef Departament „DIMI”  
dr. hab., prof. univ.  
Șef Departament „DIP”  
conf. univ.



V. Cartofeanu

V. Dulgheru

P. Stoicev

V. Podborschi

Fig. A7.3. Act de implementare în procesul de studiu a brevetului de invenție nr. 728 (pag. 2)

## Anexa 7. Rezultatele cercetărilor științifice și unele mențiuni ale acestora

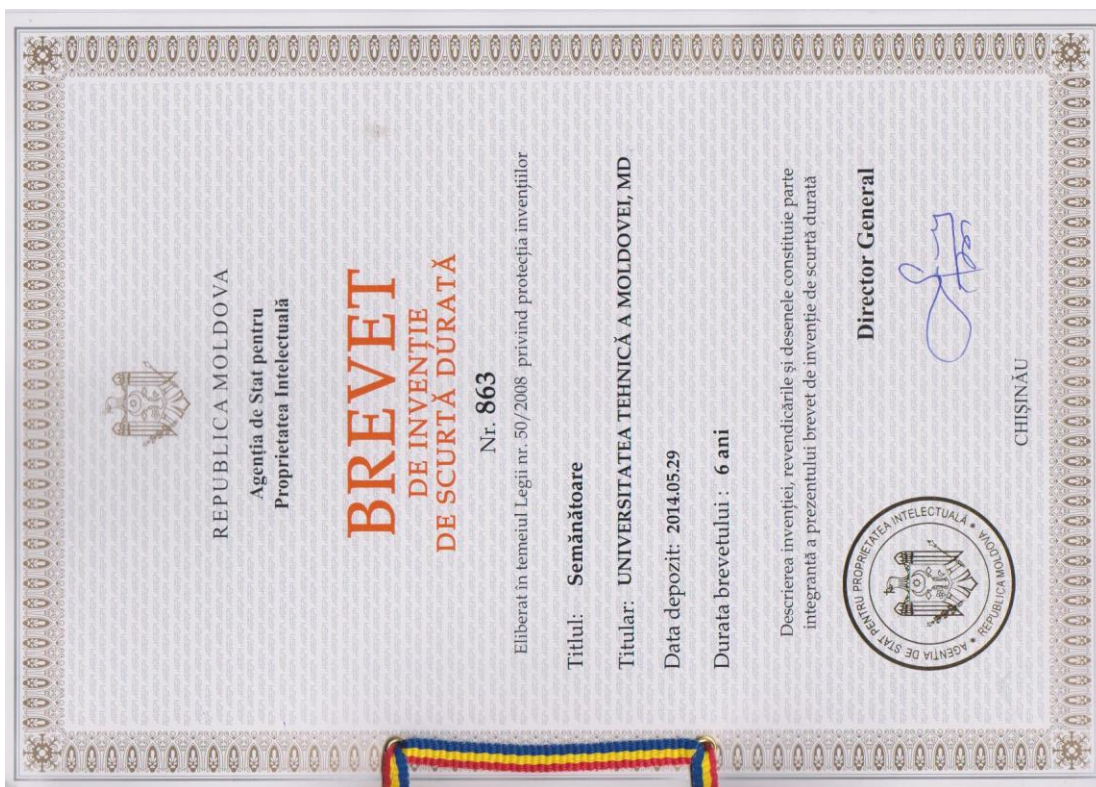


Fig. A7.4. Brevet de invenție de scurtă durată Nr. 863 „Semănătoare”

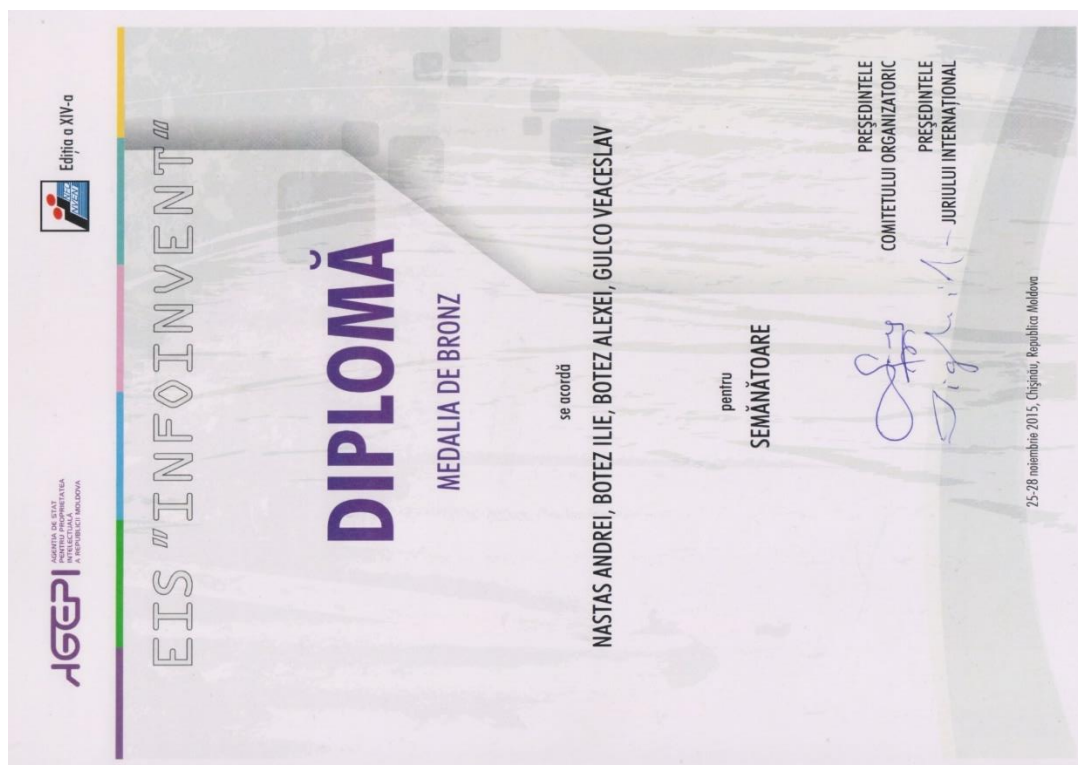


Fig. A7.5. Diplomă de participare la expoziția internațională specializată „INFOINVENT”, ediția a XIV-a, 25 – 28 noiembrie 2015, Chișinău, R. Moldova

## Anexa 7. Rezultatele cercetărilor științifice și unele mențiuni ale acestora

### Premiile Senatului UTM pentru a.u. 2016-2017

1 februarie 2018

Senatul UTM a acordat 86 de diplome și premii profesorilor, cercetătorilor, doctoranzilor, studenților cu cele mai înalte rezultate în activitatea desfășurată în anul universitar 2016-2017. Pentru achitarea premiilor din fondul extrabugetar au fost alocate 56 500 lei.

#### Laureat în domeniul activității didactice

<i>Numele, prenumele, titlul didactic și științific</i>	<i>Dep., facultate</i>	<i>Premii</i>
<b>OLARU Efim</b> , conf. univ., dr.	DICG, FCGC	3000 lei
<b>CEBAN Gheorghe</b> , lect. univ.	DISA, FCIM	1500 lei
<b>GHELBET Angela</b> , l. s.	DMTCTP, FTP	1500 lei
<b>NASTAS Andrei</b> , l. s.	DIMI, FIMIT	800 lei
<b>OSTAPOV Alina</b> , l. u.	DA, FUA	800 lei

Fig. A7.6. Laureat al premiului senatului UTM pentru anul de studiu 2016-17 „Domeniul activității didactice”



Fig. A7.7. Diploma de gradul III UTM „Domeniul activității didactice”

## **DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII**

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Numele de familie, prenumele

Semnătura

Data

## CURRICULUM VITAE

NASTAS Andrei



📍 Str. Studenților, 9/8, Chișinău, MD - 2045, Republica Moldova

☎ +373 022 50 99 45, 069694030

✉ [andrei.nastas@imi.utm.md](mailto:andrei.nastas@imi.utm.md), [nastand@gmail.com](mailto:nastand@gmail.com)

Sexul Masculin | Data nașterii 19/11/1971 | Naționalitatea Moldovean

## PROIECTUL PENTRU CARE SE CANDIDEAZĂ

lector superior departamentul „Inginerie și Management Industrial” UTM

## EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

---

01.07.2014 – prezent	Lector superior departamentul „Inginerie și Management Industrial” Universitatea Tehnică a Moldovei Str. Studenților, 9/8, Chișinău, MD - 2045, Republica Moldova
01.07.2013 – 01.07.2014	Lector superior catedra „Mașini și Sisteme de Producție” Universitatea Tehnică a Moldovei Str. Studenților, 9/8, Chișinău, MD - 2045, Republica Moldova
01.09.2009 – 01.07.2013	Lector superior catedra „Design Industrial și de Produs” Universitatea Tehnică a Moldovei Str. Studenților, 9/8, Chișinău, MD - 2045, Republica Moldova
01.12.1999 – 01.09.2009	Lector superior catedra „Proiectarea și Fabricarea Mașinilor Agricole” Universitatea Tehnică a Moldovei Str. Studenților, 9/8, Chișinău, MD - 2045, Republica Moldova
01.10.1996 – 01.12.1999	Doctorand, specializarea “Fricția și uzura în mașini” Universitatea Tehnică a Moldovei Bd. Ștefan cel Mare, 168, Chișinău, MD-2004, Moldova
01.09.1995 – 01.10.1996	Inginer catedra „Proiectarea și Fabricarea Mașinilor Agricole” Universitatea Tehnică a Moldovei Str. Studenților, 9/8, Chișinău, MD - 2045, Republica Moldova
01.08.1994 – 01.09.1995	Lector asistent catedra „Proiectarea și Fabricarea Mașinilor Agricole” Universitatea Tehnică a Moldovei Str. Studenților, 9/8, Chișinău, MD - 2045, Republica Moldova

## EDUCAȚIE ȘI FORMARE

---

10.2015	Studii de doctorat Universitatea Agrară de Stat din Moldova Strada Mircești 42, Chișinău 2049, Moldova Specializarea 255 01 “Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultură și dezvoltarea rurală”
01.09. 2009 – 30.01.2011	Studii de masterat Universitatea Tehnică a Moldovei Bd. Ștefan cel Mare, 168, Chișinău, MD-2004, Moldova Specializarea “Tehnologii informaționale”
01.10.1996 – 01.12.1999	Studii de doctorat Universitatea Tehnică a Moldovei Bd. Ștefan cel Mare, 168, Chișinău, MD-2004, Moldova Specialitatea “Fricția și uzura în mașini”



01.09.1989 –06.1994

Inginer mecanic

Universitatea Tehnică a Moldovei  
Bd. Ștefan cel Mare, 168, Chișinău, MD-2004, Moldova  
Specialitatea “Construcții de mașini agricole”

Limba(i) maternă(e) Română

Limbi străine cunoscute

ÎNȚELEGERE

VORBIRE

SCRIERE

Ascultare

Citire

Participare la  
conversație

Discurs oral

Engleza

A1

A1

A1

A1

A1

Rusa

C1

C1

C1

C1

C2

Niveluri: A1/2: Utilizator elementar - B1/2: Utilizator independent - C1/2: Utilizator  
experimentat

Cadrul european comun de referință pentru limbi străine

Informații suplimentare

10

Publicații

Inclusiv: articole

– 10

(ultimii 5 ani)

brevete de invenție

– 2

