

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**Cu titlu de manuscris  
CZU: 693.542.5.(043.3)**

**LOZAN ALEXANDR**

**OPTIMIZAREA MALAXOARELOR CU BARE CU ACȚIUNE  
INTERMITENTĂ ȘI A PROCESELOR DE AMESTECARE ÎN  
CONSTRUCȚII**

**242.07 – MAȘINI ȘI ECHIPAMENTE TEHNICE**

Autoreferatul tezei de doctor în tehnică

**CHIȘINĂU, 2017**

Teza a fost elaborată în cadrul Departamentului Drumuri, Materiale și Mașini pentru Construcții

**Conducător științific:**

**ANDRIEVSCHI Serghei**, dr. în tehn., conf. univ., UTM

**Referenți oficiali:**

**MARIAN Grigore**, dr. hab. în tehn., prof. univ., UASM

**CEREMPEI Valerian**, dr în tehn., conf. univ., ITA „MECAGRO”

**Componenta consiliului științific specializat D 31.242.07–01:**

**DULGHERU Valeriu**, președinte, dr. hab. în tehn., prof. univ., UTM.

**TARANENCO Anatolie**, secretar științific, dr. în tehn., conf. univ., UTM

**ANDRIUȚĂ Mircea**, dr. hab. în tehn., prof. univ., UTM

**STOICEV Petru**, dr. hab. în tehnică, prof. univ., UTM

**TOPALĂ Pavel**, dr. hab. în tehn., prof. univ., Universitatea de Stat „Alec Russo”  
din Bălți

Susținerea va avea loc la **28 aprilie 2017, la ora 14<sup>00</sup>** în ședința Consiliului Științific Specializat D 31.242.07 din cadrul **Universității Tehnice a Moldovei** pe adresa: **MD 2060, Republica Moldova, mun. Chișinău, bd. Dacia, nr. 39, a. 9-p20.**

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la biblioteca Universității Tehnice a Moldovei str. Studenților, nr. 10/1 și la pagina web a CNAA – [www.cnaa.md](http://www.cnaa.md)

Autoreferatul a fost expediat la 24. 03. 2017

Secretar științific al Consiliului Științific Specializat,

**TARANENCO Anatolie**, dr. în tehn., conf. univ. \_\_\_\_\_

Conducător științific,

**ANDRIEVSCHI Serghei**, dr. în tehn., conf. univ. \_\_\_\_\_

Autor

**Lozan Alexandr** \_\_\_\_\_

(© Lozan Alexandr, 2017)

## REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

**Actualitatea temei.** Intensificarea procesului de amestecare de 2-4 ori în comparație cu malaxoarele cu palete și majorarea gradului de omogenizare a amestecurilor pot fi obținute în malaxoarele cu bare inventate în cadrul Universității Tehnice a Moldovei. La baza acestor malaxoare stă un nou principiu de amestecare care se produce datorită utilizării organelor de amestecare în formă de bare amplasate într-un mod optim pe suprafața arborelui. În procesul rotirii arborelui, toate barele care se găsesc în amestec divizează concomitent întreaga masă în șuvoaie care apoi se îmbină în viteză și iarăși se divizează ș. a. m. d. Aceste procese se repetă la trecerea prin amestec a fiecărui rând de bare. Datorită divizării materialului în șuvoaie și devierii acestora, are loc migrația particulelor în diferite direcții, atât în lungul tobei cât și în planuri transversale.

Luând în considerație volumul mare (zeci de mii de metri cubi pe an) de amestecuri de construcție necesar în țara noastră, optimizarea constructivă și funcțională a malaxoarelor cu bare și acțiune ciclică, și implementarea lor în producție reprezintă un interes deosebit de important pentru economia națională.

**Descrierea situației în domeniu preparării amestecurilor de construcții și identificarea problemelor de cercetare.** În prezent proiectarea și confecționarea malaxoarelor destinate preparării amestecurilor de construcții se bazează pe principiul acționării volumetrice a organului de amestecare în formă de paletă asupra mediului de lucru. Deplasarea paletei prin material conduce la formarea unor șuvoaie masive, interpătrunderea cărora este dificilă. Din această cauză crește durata amestecării, consumul specific de energie și scade productivitatea malaxorului.

Malaxoarele cu bare au fost cercetate anterior de către Andrievschi S., conf. univ., dr., care a elaborat bazele teoretice ale procesului de amestecare în malaxoarele cu bare, a cercetat influența asupra rezistenței la amestecare a unui șir de parametri constructivi și tehnologici și anume: coeficientul de umplere, diametrul și lungimea tobei; diametrul, unghiul de așchiere și pasul barelor; dimensiunea particulelor și umiditatea amestecului; turația arborelui etc. [1]. De asemenea dlui a mai cercetat dependența productivității și calității amestecării de pasul barelor, modul de încărcare a componentelor în toba malaxorului și numărul de rotații ale arborelui.

Malaxoarele cu bare cu acțiune continuă au fost cercetate anterior în special de către Lungu V., conf. univ. dr., care a elaborat bazele teoretice ale procesului de amestecare în aceste malaxoare, a cercetat rezistența la amestecare funcție de: coeficientul de umplere, diametrul și lungimea tobei; diametrul, forma secțiunii transversale și pasul barelor; dimensiunea particulelor și umiditatea amestecului etc. [2]. Dlui a cercetat și dependența productivității și calității amestecului obținut în malaxoarele cu bare cu acțiune continuă de mai mulți factori constructivi și tehnologici.

În pofida faptului că există un volum mare de cercetări ale procesului de amestecare în malaxoarele cu bare și acțiune intermitentă, este necesară lărgirea bazelor teoretice și cercetarea minuțioasă a tuturor legităților acestui proces care nu au fost studiate anterior. Nu este rezolvată definitiv problema blocării particulelor între capetele organelor de amestecare și suprafața interioară a tobei. Sunt necesare cercetări ale influenței factorilor constructivi și funcționali, precum și interacțiunea acestora, asupra rezistenței la amestecare, omogenității amestecului și productivității malaxoarelor, care nu au fost cercetate anterior.

**Scopul și obiectivele lucrării.** Scopul lucrării constă în optimizarea parametrilor funcționali și constructivi ai malaxoarelor cu bare și acțiune intermitentă, care asigură o omogenitate înaltă a amestecurilor și productivitate înaltă cu un consum minim de energie.

Obiectivele:

1. Elaborarea și extinderea bazelor teoretice ale procesului de amestecare în malaxoare cu bare și acțiune intermitentă;
2. Obținerea modelelor matematice care descriu adecvat procesul de amestecare în malaxoarele cu bare și acțiune intermitentă, utilizând teoria modernă de planificare a experimentului;
3. Determinarea parametrilor constructivi optimați ai malaxoarelor cu bare și acționare intermitentă, care asigură micșorarea rezistenței la amestecare;
4. Determinarea parametrilor tehnologici optimați ai procesului de amestecare, care asigură majorarea productivității și calității amestecului obținut în malaxoarele cu bare și acționare intermitentă cu cheltuieli specifice minime de energie;
5. Elaborarea și cercetarea malaxoarelor noi și a organelor de amestecare optime din punct de vedere constructiv;
6. Aplicarea rezultatelor obținute în practica proiectării, confecționării și exploatării malaxoarelor cu bare și acționare intermitentă.

**Metodologia cercetării științifice.** Sunt utilizate metodele statisticii matematice și teoriei probabilităților, metodele teoriei planificării experimentului multifactorial, metodele standardizate de laborator pentru determinarea rezistenței la compresiune a betonului preparat în malaxoarele cu bare (Centrul de încercări betoane al companiei Lafarge din Moldova), metodele tehnologiei informaționale, metodele particulare de apreciere a omogenității amestecului obținut în malaxoarele cu bare și de determinare a rezistenței la amestecare.

**Noutatea și originalitatea științifică** este asigurată de:

- bazele teoretice elaborate și extinse, ale procesului de amestecare în malaxoarele cu bare și acțiune intermitentă;

- metodele și standurile elaborate pentru cercetarea multifactorială a malaxoarelor cu bare;
- parametrii constructivi și tehnologici optimali obținuți, care asigură minimizarea rezistenței la înaintare și majorarea omogenității amestecului și productivității malaxorului;
- modelele matematice obținute care descriu adecvat procesul de amestecare și nomogramele ingineresti construite pe baza acestora;
- construcțiile optime ale malaxoarelor și organelor de lucru elaborate, care asigură excluderea blocării particulelor, micșorarea diametrului barelor, rezistenței la amestecare și majorarea energiei potențiale a componentelor amestecului.

**Problema științifică soluționată** constă în elaborarea bazelor teoretice, modelelor matematice și nomogramelor ingineresti, ceea ce a contribuit la optimizarea parametrilor constructivi și funcționali ai malaxoarelor, în vederea utilizării ulterioare a lor la proiectarea și exploatarea mașinilor pentru prepararea amestecurilor de construcții, cu organe de lucru în formă de bare și acțiune intermitentă.

**Importanța teoretică și valoarea aplicativă a lucrării** constă în: aplicarea metodelor de prognozare a calității amestecului preparat în diferite malaxoare cu bare și acțiune intermitentă utilizând bazele teoretice elaborate ale procesului de amestecare; utilizarea modelelor matematice multifactoriale și nomogramelor construite pe baza acestora, în procesul proiectării și exploatării malaxoarelor cu bare și acționare intermitentă; implementarea construcțiilor noi ale malaxoarelor, care permit excluderea blocării particulelor, micșorarea diametrului barelor și rezistenței la amestecare, majorarea energiei potențiale ale componentelor amestecului; utilizarea regimurilor optime de preparare a amestecurilor în malaxoarelor cu bare și acțiune intermitentă determinate experimental.

**La susținere se prezintă:**

- bazele teoretice ale procesului de amestecare în malaxoarele cu bare și acțiune ciclică;
- metoda de cercetare multifactorială a influenței factorilor constructivi și tehnologici asupra rezistenței la înaintare, omogenității și productivității malaxoarelor cu bare și acționare intermitentă;
- modelele matematice multifactoriale obținute care descriu dependența rezistenței la amestecare, omogenității amestecului și rezistenței la compresiune a betonului de parametrii constructivi și tehnologici ai malaxoarelor cu bare și acțiune intermitentă;
- nomogramele ingineresti construite pe baza modelelor matematice obținute.

**Aprobarea rezultatelor.** Rezultatele cercetărilor au fost discutate și publicate în tezele Conferințelor Tehnico-științifice ale UTM (Chișinău 2011, 2013, 2014, 2015); în culegerile Conferințelor Tehnico-științifice Internaționale „Probleme actuale ale urbanismului și amenajării

teritoriului”, a VI-a și a VII-a și a VIII-a ediție (Chișinău 2012, 2014 și 2016); în buletinul Conferinței Internaționale „DeDuCoN – INCERCOM”, ediția a II-a, (Chișinău 2015). Au fost publicate în materialele Simpozionului științifico-practic „LECTURI AGEPI”, ediția a XV-a (Chișinău 2013); în materialele Conferinței Științifice Internaționale „Cercetare și Administrare Rutieră”, ediția a VI-a (București 2013); în revista din Registrul național al revistelor științifice „Meridian ingineresc” (2015 și 2016). Au fost discutate în cadrul Conferinței internaționale a profesorilor și elevilor Colegiului Politehnic (Chișinău 2015) și în cadrul Departamentului Drumuri, Materiale și Mașini pentru Construcții a Universității Tehnice a Moldovei.

Construcțiile malaxoarelor au fost brevetate și apreciate cu medalii și diplome la: Expoziția Internațională Specializată „INFOINVENT-2013”, Chișinău (medalie de argint și 3 diplome); Expoziția Internațională de Invenții INOVA – 2014, ediția a 39-a desfășurată la Osijek, Croația (medalie de aur și o diplomă); Expoziția Internațională „Construct-Home”, Chișinău, 2016 (2 diplome).

**Implementarea rezultatelor cercetărilor științifice.** Malaxoarele elaborate în baza cercetărilor efectuate au fost implementate la Institutul de Genetică și Fiziologie al Academiei de Științe a Moldovei. (anul 2013), la SRL „Coltan-TTD” (anul 2013), la CP „Rezonans” (anul 2014) și la SRL „Iuran” (anul 2015).

**Publicații la tema tezei.** În baza rezultatelor cercetărilor efectuate au fost publicate 12 articole științifice, inclusiv 2 în reviste recenzate, 4 fără coautori, au fost obținute 5 brevete de invenție.

**Volumul și structura tezei.** Teza de doctor include o introducere, patru capitole (119 pagini de text, 55 figuri, 20 tabele), concluzii generale, bibliografie (128 surse) și 27 anexe.

**Cuvinte-cheie:** malaxor, bară, intermitent, amestec, omogenizare, intensificare, șuvoi, beton, mortar, optimizare, planificare.

## CONȚINUTUL TEZEI

**Capitolul 1. Particularitățile procesului de amestecare în malaxoarele cu acțiune intermitentă. Determinarea sarcinii cercetărilor.** Este analizat procesul de amestecare și construcția organelor de lucru atât ale malaxoarelor tradiționale cu palete, cât și a malaxoarelor cu bare, cu acționare intermitentă. Sunt analizate metodele de intensificare a procesului de amestecare, blocarea particulelor între organele de amestecare și suprafața interioară a tobei, sunt determinate sarcinile cercetărilor.

Pentru obținerea amestecului omogen este necesar ca în procesul amestecării traiectoriile unor componente să se întretaie cu orbitele altor componente. Intensitatea procesului de amestecare depinde de cantitatea particulelor antrenate în astfel de mișcări [3]. De asemenea,

malaxoarele trebuie să asigure repartizarea uniformă în tot volumul amestecului a granulațiilor, lianților, adaosurilor și a apei, împiedicarea formării cocoloșelor în amestec, preîntâmpinarea fărâmițării agregatelor pentru a nu modifica compoziția granulometrică inițială. Procesul mecanic de preparare a amestecurilor este foarte complex și depinde de componența amestecului, proprietățile fizico-mecanice ale componentelor, durata amestecării și construcția malaxorului.

Mai mulți cercetători de peste hotare [4-7] utilizează la cercetarea procesului de amestecare în malaxoare modelarea după metoda elementului discret (DEM, din engleză *Discrete element method*). DEM reprezintă o familie de metode destinate calculului mișcării unui număr mare de particule, așa ca molecule, particule de nisip, pietriș, prundiș și ale altor medii granuloase. Utilizând programe de calculator pe baza metodei DEM cercetătorii analizează dinamica șuvoaielor în diferite tipuri de malaxoare.

În construcție se utilizează o varietate largă de malaxoare care se deosebesc prin construcția și modul lor de funcționare [3, 8] și care satisfac diverse condiții tehnologice. Malaxoarele pentru prepararea amestecurilor de mortar și de beton pot fi clasificate: după continuitatea procesului de amestecare în malaxoare cu acționare intermitentă și continuă; după metoda de amestecare în malaxoare cu amestecare prin cădere liberă (gravitaționale), cu amestecare forțată și combinată.

Malaxoarele cu amestecare continuă au productivitate înaltă și consum redus de energie. Datorită funcționării în regim continuu se reduce eroarea dozării componentelor. Cele cu acționare intermitentă au posibilitatea schimbării în orice moment a rețetei amestecului și reglării duratei de amestecare, deci sunt universale.

Malaxoarele gravitaționale sunt destinate în special pentru prepararea amestecurilor de beton, de aceea ele se mai numesc betoniere. Ele au puterea specifică (P/V) și masa specifică (M/V) mai mică, consum mai mic de energie și construcție mai simplă. Cele cu amestecare forțată sunt destinate pentru prepararea betoanelor vârtoase, cu agregate mici, mortarelor, amestecurilor asfaltice ș. a.

Organele de amestecare ale malaxoarelor existente sunt în formă de palete dreptunghiulare sau trapezoidale, cu sau fără goluri pe suprafața acestora. Neajunsul paletelor constă în formarea unor șuvoaie de material, în interiorul cărora amestecarea practic nu se produce, toată masa de material din fața paletelor fiind împinsă înainte sau înainte și lateral. Din această cauză crește durata amestecării, consumul de energie, și scade productivitatea malaxoarelor.

Intensificarea procesului de amestecare și omogenizarea rapidă a amestecurilor este posibilă în malaxoarele cu organe de amestecare în formă de bare [1], situate în șah pe suprafața arborelui (Fig. 1, *a-b*). Barele 4 și 5 asigură, în procesul rotirii arborelui 2, divizarea forțată a componentelor, turnate în toba 1, într-un număr mare de șuvoaie, îmbinarea ulterioară în viteză a lor, și repetarea acestor procese la fiecare rând de bare. Răzuitoarele 3 și 6 asigură răzuirea

suprafețelor interioare ale tobei de amestecul alipit, dar și schimbarea direcției de migrare a particulelor. Datorită acestui fapt are loc migrația particulelor în sensuri opuse în lungul tobei malaxorului (Fig. 1, a) și în lungul și în direcții radiale ale tobei (Fig. 1, b). La rândul său, migrația particulelor contribuie la distribuirea tuturor componentelor în tot volumul amestecului.

Blocarea particulelor între organele de amestecare și pereții interiori ai tobei conduce la creșterea puterii de malaxare și consumului de metal necesar pentru confecționarea elementelor malaxorului, la schimbarea granulozității amestecului din cauza strivirii agregatelor. Pentru evitarea blocării, în unele malaxoare cu paletel, brațele paletelor sunt înzestrate cu amortizoare (arcuri, bare de torsiune) care permit ridicarea organului de amestecare la apariția rezistențelor mari și trecerea lui peste particula blocată. În procesul amestecării are loc uzarea intensivă a paletelor. În [9] se propune majorarea rezistenței la uzare a paletelor malaxoarelor planetare prin optimizarea geometriei organelor de amestecare.

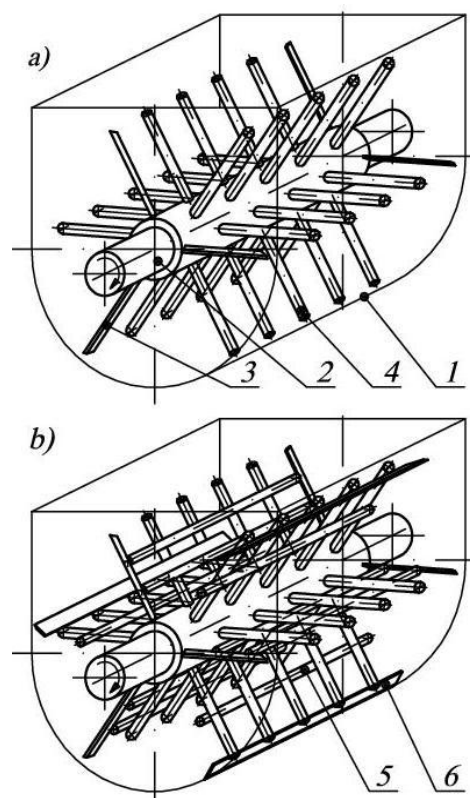


Fig.1. Schema malaxorului cu bare și răzuitoare: a) radiale; b) radiale și longitudinale.

**Capitolul 2. Studiul teoretic al procesului de amestecare în malaxoarele cu bare și acțiune intermitentă.** Sunt descrise bazele teoretice ale procesului de amestecare în malaxoarele cu bare și acționare intermitentă elaborată și lărgite de către autor. Au fost efectuate cercetări teoretice ale proceselor de divizare și deviere a șuvoaielor și de migrație a particulelor. Sunt introduse noțiuni noi, așa ca „șuvoi unic” și „șuvoi complex”, au fost obținute relații pentru calcularea numărului șuvoaielor unice, complexe și migrațiilor, care se formează în procesul amestecării. Este prezentat studiul probabilistic al procesului de amestecare. A fost cercetată limita divizării în șuvoaie.

Un **șuvoi complex**, format în procesul amestecării, reprezintă totalitatea șuvoaielor unice formate, după divizarea materialului, în stânga sau în dreapta unei bare sau după devierea materialului de la un răzuitor [10, 11]. Un **șuvoi unic**, format în procesul amestecării, reprezintă o parte componentă a șuvoiului inițial, dar care are o cantitate de material mai mică de doi la puterea  $n_r$  ori, unde  $n_r$  este numărul de rânduri de bare care au trecut prin amestec până la formarea lui. Fiecare șuvoi aparte are o structură unică, care nu se întâlnește la alte șuvoaie, iar după ce se



formează, acestea există până la următoarea divizare, îmbinare sau deviere de la răzuitor, adică o durată infimă de timp. Fiecare divizare, îmbinare și schimbare de direcție conduce la apariția unor șuvoaie unice noi, care la rândul lor iarăși se divizează sau își schimbă direcția ș.a.m.d.

Numărul șuvoaielor complexe și unice, care se formează după trecerea fiecărui rând de bare prin amestec, a fost notat prin  $n_{sc}$  și respectiv  $n_{su}$ . Numărul șuvoaielor complexe cumulate și unice cumulate a fost notat prin  $\sum n_{sc}$  și respectiv  $\sum n_{su}$ .

Pentru cercetările teoretice au fost adoptate condițiile ideale ale procesului de amestecare și anume: dimensiunile particulelor și densitatea lor sunt egale la fiecare component, toate barele sunt rotunde ideal și confecționate din același material, divizarea șuvoaielor de material se produce în proporția care este prescrisă, șuvoaietele se intersectează sub un unghi constant.

Numărul șuvoaielor complexe  $n_{sc}$ , care se formează după trecerea fiecărei bare, este egal cu doi (Fig. 2, a-c), iar la trecerea fiecărui răzuitor – cu unu. Deci, pentru determinarea numărului șuvoaielor complexe  $n_{sc}$ , care se formează după fiecare rând de bare putem scrie relația:

$$n_{sc} = 2n_{bmin} = 2(n_{bmax} - 1), \quad (1)$$

unde:  $n_{bmin}$  este numărul minimal de bare radiale în rândurile longitudinale;

$n_{bmax}$  – numărul maximal de bare inclusiv răzuitoarele.

Numărul șuvoaielor complexe cumulate, în procesul amestecării formează șiruri care reprezintă progresii aritmetice (de exemplu în figura 2, a,  $\sum n_{sc} = 2, 4, 6, 8, 10, 12, \dots$ ) cu rația  $d$  egală cu valoarea primului membru  $a_1$  al progresiei, sau cu  $2n_{bmin}$ . Orice membru al progresiei aritmetice  $a_n$ , (sau numărul șuvoaielor complexe cumulate  $\sum n_{sc}$ ) poate fi calculat cu relația:

$$a_n = a_1 + d(n_r - 1) = \sum n_{sc}, \quad (2)$$

unde:  $a_1$  este primul membru al progresiei aritmetice;

$d$  – rația progresiei aritmetice,  $d = a_1$ ;

$n_r$  – numărul de ordine al progresiei egal cu numărul de rânduri longitudinale de bare care au trecut prin material.

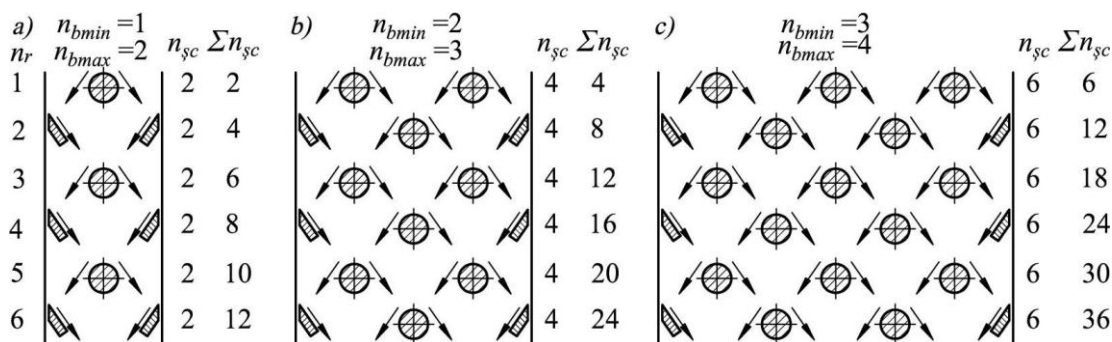


Fig. 2. Scheme ale procesului de formare a șuvoaielor complexe în malaxoarele cu bare în planuri longitudinale.

Numărul șuvoaielor complexe cumulate se poate determina și cu formula:

$$\sum n_{\text{șc}} = 2n_{\text{bmin}}n_r. \quad (3)$$

În procesul amestecării în malaxoarele cu bare crește nu doar numărul șuvoaielor, dar și complexitatea structurii lor [10, 11]. Analizăm procesul de formare a șuvoaielor unice în malaxorul cu  $n_{\text{bmin}} = 1$  (Fig. 3). La trecerea primului rând longitudinal, care conține o bară, șuvoiul unitar cu un conținut de material egal cu o unitate (de volum, sau de masă) este divizat în două șuvoaie egale cantitativ: stâng  $0,5s$  și drept  $0,5d$ .

Aceste șuvoaie trec spre rândul al 2-lea format din două răzuitoare care le schimbă direcțiile în așa mod că ele devin altele din punctul de vedere al situării particulelor în spațiu, deci își schimbă structura și se obțin șuvoaiele  $0,5sd$  și  $0,5ds$ . Se poate admite că șuvoiul  $0,5sd$  este compus din două șuvoaie unice cu conținutul fiecăruia  $0,25sd$  (Fig. 4, a), iar șuvoiul  $0,5ds$  – din două șuvoaie cu conținutul fiecăruia  $0,25ds$ . Această admitere poate fi argumentată în modul următor. Dacă în locul răzuitorului din stânga sau din dreapta al rândului al doilea de bare din figura 3 ar fi fost o bară (Fig. 4, b), iar peretele lateral de stânga (de dreapta) ar fi fost situat față de această bară la o distanță egală cu pasul dintre barele rândurilor longitudinale, atunci șuvoiul  $0,5s$  s-ar fi divizat în două șuvoaie:  $0,25ss$  și  $0,25sd$  (Fig. 4, b), iar șuvoiul  $0,5d$  – în șuvoaiele  $0,25dd$  și  $0,25ds$ . Însă, în cazul dat (Fig. 3 și 4, a), șuvoiul  $0,5s$  este deviat în întregime de către răzuitorul din stânga spre dreapta și se obțin, datorită interpătrunderii particulelor, două șuvoaie cu o cantitate de  $0,25$  fiecare și structură diferită. Șuvoiul din dreapta  $0,5ds$  este supus aceluiași fenomen.

Această circumstanță a condus la aceea că pentru toate tipurile de malaxoare cu bare din figurile 2 și 3, șirul de numere care reprezintă cantitatea șuvoaielor unice, formate după fiecare rând longitudinal de bare, alcătuiesc progresii geometrice (ex. în fig. 3  $n_{\text{șu}} = 2, 4, 8, 16, 32, \dots$ ). Prin urmare, numărul de șuvoaie unice  $n_{\text{șu}}$ , formate la trecerea prin amestec a rândului  $n_r$  de bare, poate fi determinat utilizând formula de calculul a membrilor progresiei geometrice:

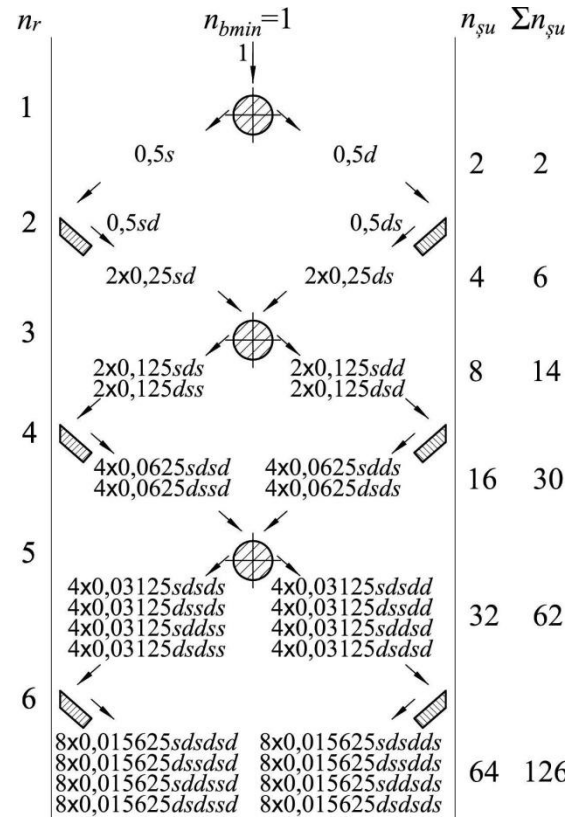


Fig. 3. Schema procesului de formare a șuvoaielor unice în malaxorul cu  $n_{\text{bmin}} = 1$ .

$$a_n = a_1 q^{n_r - 1} = n_{\text{șu}}, \quad (4)$$

unde:  $a_n$  este membrul  $n$  al progresiei geometrice;

$a_1$  – primul membru al progresiei  $a_1 = 2n_{bmin}$ ;

$q$  – rația progresiei,  $q = 2$ ;

Numărul șuvoaielor unice cumulate  $\sum n_{\text{șu}}$ , după trecerea prin amestec a unui număr  $n_r$  de rânduri longitudinale de bare, se calculează cu formula:

$$S_n = a_1 \frac{q^{n_r} - 1}{q - 1} = \sum n_{\text{șu}}, \quad (5)$$

unde:  $S_n$  – suma membrilor progresiei geometrice;

$\sum n_{\text{șu}}$  – numărul total de șuvoaie unice.

Analizăm în continuare formarea șuvoaielor în malaxorul cu  $n_{bmin} = 1$  (Fig. 3). După trecerea prin amestec a barei rândului al 3-lea, fiecare șuvoi unic se divizează în părți egale și se obțin următoarele opt șuvoaie:  $0,125sds \times 2$ ,  $0,125dss \times 2$ ,  $0,125sdd \times 2$  și  $0,125dsd \times 2$ .

Fiecare din aceste șuvoaie are o cantitate de două ori mai mică decât a celor din care s-au format iar structura lor este diferită. Cantitatea sumară a șuvoaielor care se formează după fiecare rând de bare este egală cu unu. Distribuția materialului în acest malaxor, în lungul lui este totdeauna uniformă.

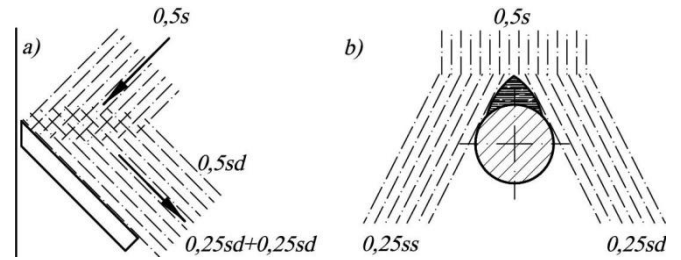


Fig. 4. Procesul devierii șuvoiului  $0,5 s$  de la răzuitor (a) și divizării de către bară (b).

Procesele de schimbare a direcției de deplasare, de divizare și îmbinare, analizate mai sus se repetă la trecerea prin amestec și a celorlalte rânduri longitudinale de bare. După trecerea rândului al 6-lea (fig. 3) se formează 64 șuvoaie unice fiecare având conținutul egal cu  $0,015625$  parte de la unu și structură diferită, iar după trecerea rândului al 16 – lea (în fig. 3 nu este indicat) se formează deja 65536 șuvoaie unice, fiecare având conținutul egal cu  $0,00001525879$  parte de la unu. Procesul formării șuvoaielor unice în malaxoarele cu  $n_{bmin} > 1$ , este analogic.

Datorită divizării componentelor amestecului în șuvoaie și devierii acestora, în procesul amestecării are loc migrația particulelor concomitent în tot volumul tobei.

Deplasarea particulelor de la peretele lateral de stânga al malaxorului până la peretele lateral de dreapta sau invers constituie o **migrație deplină** [11, 12]. O migrație deplină se compune din mai multe **migrații elementare**, care reprezintă o deplasare de la o bară la alta, de la o bară la un răzuitor sau invers. La trecerea unui rând de bare prin amestec particulele

efectuează  $2n_{bmin}$  migrații elementare (Fig. 5, a-c), iar la o rotație a arborelui malaxorului echipat cu 6 rânduri longitudinale de bare –  $12n_{bmin}$  migrații elementare.

Observăm că în malaxorul cu  $n_{bmin} = 1$  (Fig. 5, a) pentru efectuarea unei migrații depline, particulele trebuie să efectueze două migrații elementare  $a$  și  $b$ , iar pentru aceasta este necesară trecerea prin amestec a două rânduri longitudinale de bare. Însă, după trecerea unui singur rând de bare, se formează în total tot două migrații elementare ale particulelor, iar suma lor constituie o migrație deplină. Aceleași procese au loc și în malaxoarele cu  $n_{bmin} > 1$ .

Pentru determinarea numărului de rotații  $n$  ale arborelui echipat cu șase rânduri longitudinale de bare, necesare pentru efectuarea unei migrații depline a unei particule utilizăm relația:

$$n = 0,333n_{bmin}. \quad (6)$$

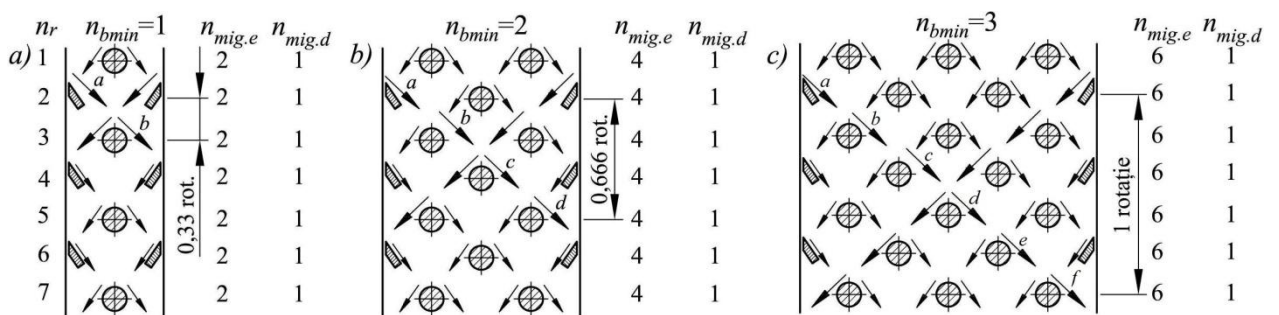


Fig. 5. Scheme ale procesului de migrație a particulelor în malaxoarele cu bare.

În malaxoarele cu bare radiale și longitudinale, răzuitoare radiale și longitudinale procesul formării șuvoaielor unice și complexe precum și migrării particulelor are loc atât în planuri longitudinale cât și în cele transversale, iar numărul lor total constituie suma șuvoaielor și migrațiilor formate în ambele planuri.

Savantul britanic Francis Galton, în anul 1873 a construit un dispozitiv pentru demonstrarea distribuției normale Gauss. Dispozitivul reprezintă o tablă, pe suprafața căreia sunt amplasate în ordine de șah bare, care formează un unghi de  $90^\circ$  cu suprafața tablei. Acesta este asemănător cu un malaxor gravitațional cu bare fără pereți laterali. La aruncarea unui număr destul de mare de bile în dispozitivul dat acestea formează o distribuție normală.

Dacă vom prelungi tabla lui Galton prin instalarea pereților de dreapta și de stânga, iar în locul barelor, care coincid cu pereții laterali, instalăm răzuitoare (deviatoare) sub un unghi de  $45^\circ$  vom obține un malaxor gravitațional cu organe de amestecare în formă de bare. Se observă un fenomen nou și anume: distribuția centrală normală se însumează cu distribuțiile laterale normale secționare, care se formează datorită devierii particulelor de către răzuitoarele din stânga spre dreapta și de răzuitoarele din dreapta spre stânga. Ca rezultat al acestor însumări se obține o distribuție uniformă a componentelor și un amestec omogen.

Pentru a demonstra fenomenul dat, analizăm procesul de distribuire a probabilităților deplasării unei bile în malaxoarele cu bare, luând ca exemplu malaxorul cu  $n_{bmin} = 4$  și cazul când bilele se introduc în centrul malaxorului (Fig. 6). În condiții ideale, probabilitatea trecerii bilei în stânga sau în dreapta barei este egală cu 0,5. Însă la deviator, probabilitatea deplasării bilei în direcția înclinării deviatorului este egală cu unu. Aceasta conduce la majorarea densității probabilității în zonele laterale ale malaxorului.

Observăm că lovindu-se de bara din mijloc a primului rând de bare, bila se poate deplasa în stânga sau în dreapta cu probabilitatea egală cu 0,5 în ambele direcții. La al 2-lea rând de bare, bila are patru căi posibile de deplasare, toate cu aceeași probabilitate egală cu 0,25. La al 3-lea rând de bare densitatea probabilităților în zonele laterale se micșorează, deoarece traiectoriile posibile de deplasare a bilei spre periferii sunt câte una, pe când în centru – câte două. După al 4-lea rând de bare distribuția probabilităților este normală, iar după al 5-lea rând începe procesul de însumare a distribuției centrale normale cu distribuțiile laterale normale secționare, care se formează datorită devierii particulelor de către deviatoare.

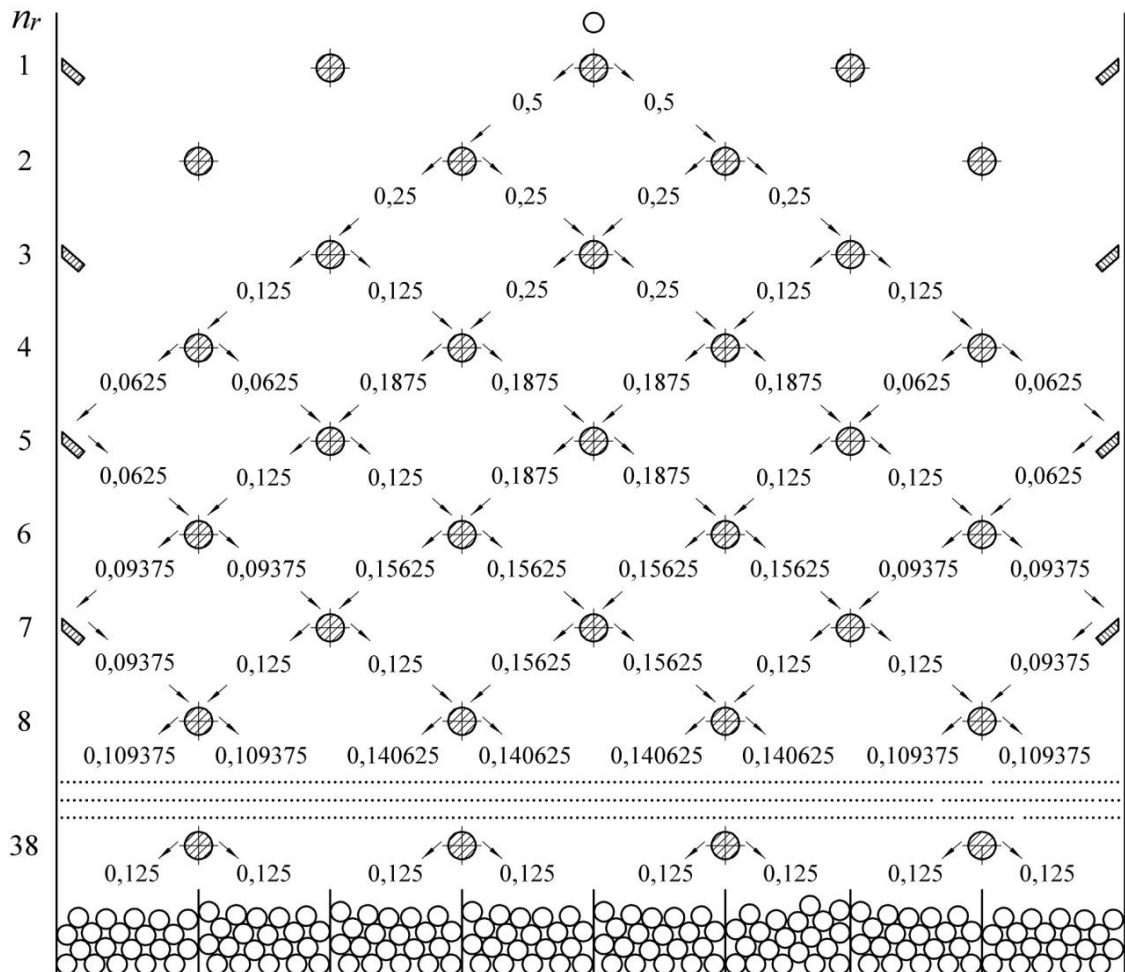


Fig. 6. Schema procesului de distribuire a probabilităților deplasării particulei în formă de bilă în malaxorul cu  $n_{bmin} = 4$ .

În cazul analizat distribuția uniformă a probabilităților (cu precizia de șase cifre după virgulă) are loc după trecerea bilei printre barele a 38 rânduri longitudinale. Aceasta înseamnă că la aruncarea unui număr mare de bile în centrul malaxorului cu 38 de rânduri longitudinale de bare și  $n_{bmin} = 4$ , se va obține o distribuție uniformă a acestora.

Astfel, este dovedit faptul că în malaxoarele cu organe de lucru în formă de bare se produce un proces determinist, ușor de pronosticat.

În figura 7 este prezentat procesul de divizare-îmbinare a șuvoiului unitar în malaxorul cu gravitație, ai cărui pereți laterali sunt îndepărtați spre infinit de la centru. Malaxorul dat este asemănător cu tabla lui Francis Galton. Dacă grosimea inițială a șuvoiului este egală cu o unitate, atunci pe parcursul divizării în părți egale la rândurile următoare și îmbinării șuvoaielor divizate observăm că la rândul al 6-lea de bare șuvoiul periferic conține 0,015625 parte de la unu. Dacă grosimea șuvoiului inițial central este, de exemplu 10 mm, iar dimensiunea particulelor 2 mm, atunci după rândul al treilea de bare grosimea șuvoiului extrem din stânga și celui extrem din dreapta va fi de  $10 \times 0,125 = 1,25$  mm. Deci, divizarea materialului în șuvoaie în aceste locuri nu mai are loc, deoarece șuvoiul nu poate fi mai subțire de 2 mm. La rândul al 4-lea ș.a.m.d. particulele de material vor trece în stânga sau în dreapta barei conform legii probabilităților fără divizarea lui în șuvoaie.

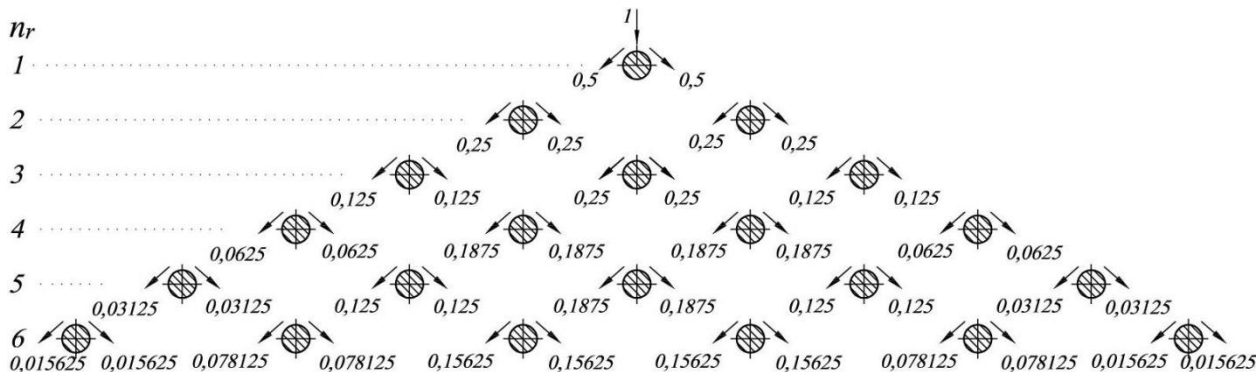


Fig. 7. Schema divizării – îmbinării șuvoiului de stânga a șuvoiului unitar în malaxorul fără pereți laterali.

Prin urmare, limita divizării în malaxoarele cu bare reprezintă în sine grosimea minimă posibilă a șuvoiului de material, care depinde de dimensiunea particulelor. După obținerea acestei grosimi șuvoiul nu se mai divizează, deoarece el este compus numai dintr-un rând de particule, care mai departe își schimbă direcția de migrație conform legilor probabilităților.

**Capitolul 3. Optimizarea constructivă a malaxoarelor cu bare.** Este prezentată metodică cercetării și aparatura utilizată. A fost cercetată rezistența la înaintare: a malaxorului echipat cu bare și răzuitoare radiale și longitudinale, cu un grătar și cu șase grătare; a răzuitoarelor

radial articulată; a barelor radiale echipate cu inel de rigidizare. De asemenea a fost cercetată rezistența la înaintare a barelor funcție de situarea lor pe arbore. Sunt prezentate nomograme care descriu adecvat procesele studiate. Au fost determinate valorile optime ale parametrilor constructivi care asigură obținerea omogenității și productivității înalte a malaxoarelor cu bare și acționare intermitentă, cu un consum minim de energie.

Rezistența la amestecare în malaxoarele cu organe de lucru în formă de bare depinde în mare măsură de dimensiunile particulelor și de luful dintre capătul organului de lucru și suprafața interioară a tobei malaxorului. Rezistența este minimă atunci când luful este mai mic de 0,5 mm, însă din cauza uzării organelor de amestecare, nu este posibilă menținerea lui la o valoare constantă. Această problemă a fost rezolvată datorită elaborării răzuitoarelor cu element elastic [13, 14, 15] și a răzuitoarelor articulate [16], care asigură un luful între vârful cuțitului și suprafața interioară a tobei, care nu este influențat în timp de uzura cuțitului răzuitoarelor.

A fost cercetată rezistența la înaintare a organului de lucru alcătuit din șase grătare și echipat cu trei răzuitoare longitudinale cu element elastic [15], conform planului D-optimal pentru doi factori:  $x_1$  – coeficientul de umplere tobei cu amestec ( $\tilde{x}_1 = 0,3 \pm 0,1$ );  $x_2$  – dimensiunea particulelor ( $\tilde{x}_2 = 3,9 \pm 3,6$  mm).

A fost obținută următoarea ecuație de regresie:

$$Y = 228,4 + 34,17x_1 + 50,17x_2 + 17,25x_1x_2 - 69,2x_2^2; \quad (7)$$

$$F_{exp} = 3,6 < F_{tab} = 19 \quad (f_1 = 3; f_2 = 2; \alpha = 0,05);$$

$$b_{cr.i} = 9,12; b_{cr.ij} = 11,2; b_{cr.ii} = 15,48; b_{cr.0} = 16,7.$$

Analizând ecuația de regresie observăm că coeficienții de pe lângă factorii la puterea întâia sunt pozitivi ceea ce dovedește faptul că la majorarea coeficientului de umplere  $x_1$  și a dimensiunii particulelor  $x_2$  rezistența la amestecare crește. Efectul interacțiunii factorilor este mai mic, însă semnificativ. Efectul pătratic al factorului  $x_2$  este foarte mare și are semnul minus. Pe baza polinomului (7) obținut au fost construite izoliniile rezistenței la amestecare (Fig. 8), pentru determinarea rapidă a valorilor optime ale factorilor, care asigură cea mai mică rezistență în limitele cercetate. Cercetările efectuate au demonstrat că rezistența organului de lucru cu șase grătare este cu mult mai mică decât rezistența unui singur grătar. Pentru coeficientul de umplere  $K_u = 0,3$  și piatră spartă ( $a = 5..10$  mm) rezistența la înaintare a unui grătar este de 300 N, iar a organului de lucru cu șase grătare – 208 N, deci de 1,44 ori mai mică. Acest fenomen se datorează acționării concomitente a materialului de către mai multe grătare care conduce la interacțiunea lor prin intermediul particulelor, intersecția zonelor de acțiune a barelor, afânarea materialului și micșorarea densității aparente.

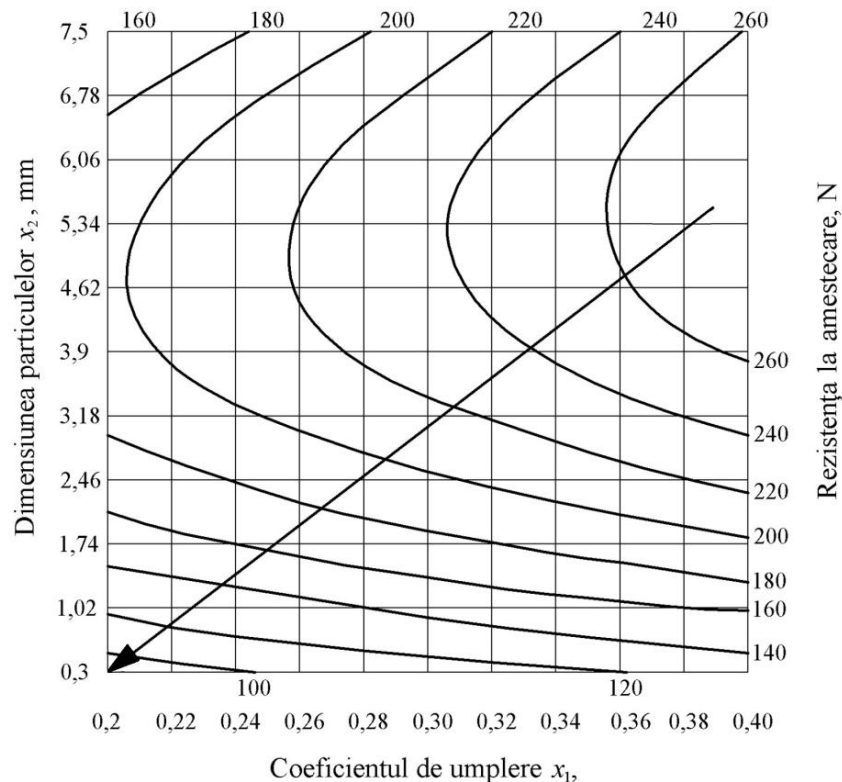


Fig. 8. Nomograma pentru determinarea rezistenței la amestecare a malaxorului funcție de coeficientul de umplere  $x_1$  și dimensiunea particulelor  $x_2$ .

Utilizarea inelelor de rigidizare [14, 17] asigură îmbinarea tuturor barelor într-un sistem integru în modul următor (Fig. 9): 1) barele și răzuitoarele radiale 5 și respectiv 1 sunt fixate pe arborele 3 în rânduri longitudinale; 2) barele și răzuitoarele radiale ale aceluiași rând sunt unite între ele cu barele și răzuitoarele longitudinale 4 și respectiv 6, formând șase grătare; 3) grătarele sunt unite între ele cu ajutorul inelelor de rigidizare 2.

Datorită unirii tuturor barelor și răzuitoarelor într-un sistem unic se asigură distribuirea forței de rezistență la înaintare prin material asupra tuturor barelor, inclusiv și asupra celor care nu se află în amestec (la  $K_u < 1$ ). Aceasta la rândul său permite micșorarea secțiunii barei, ceea ce conduce la micșorarea rezistenței la amestecare, consumului de metal și a masei malaxorului. Cercetările efectuate au demonstrat că, pentru calcar cu  $a = 2,5 \dots 5$  și  $15 \dots 20$  mm,  $K_u = 0,5$ , rezistența la înaintare a barelor cu diametrul  $d = 6$  mm înzestrate cu inel de rigidizare este mai mică decât a barelor cu diametrul  $d = 10$  mm fără inele de rigidizare în mediu de 1,45 ori.

Cercetările efectuate anterior de conf. univ., dr. Andrievschi S. [1] au demonstrat că amplasarea pe arbore a mai multor bare pe aceeași linie paralelă cu axa lui, conduce la creșterea rezistenței la amestecare a organului de lucru. Pentru dovada contrariului a fost cercetată rezistența la înaintare a barelor prin material [18] conform planului D-optimal pentru doi factori:



$x_1$  – decalajul circular ( $\tilde{x}_1 = 65 \pm 65$  grade);  $x_2$  – decalajul longitudinal ( $\tilde{x}_2 = 90 \pm 45$  mm).

A fost obținută următoarea ecuație de regresie:

$$Z = 158 - 45,3x_1 + 9,33x_2 + 36x_1^2; \quad (8)$$

$$F_{exp} = 2,12 < F_{tab} = 19 (f_1 = 3; f_2 = 2; \alpha = 0,05);$$

$$b_{cr.i} = 8,8; b_{cr.ij} = 10,8; b_{cr.ii} = 15,3; b_{cr.0 cr} = 16,1.$$

Analizând ecuația de regresie observăm că coeficientul de pe lângă factorul  $x_1$  este negativ, iar cel de pe lângă  $x_1$  la pătrat – pozitiv. La majorarea decalajului circular  $\Delta\alpha$  (factorul  $x_1$ ) rezistența la înaintare a barelor se micșorează, deoarece ridicarea la pătrat a lui  $x_1$  conduce la micșorarea valorii produsului  $36x_1^2$  și totodată, coeficientul pe lângă  $x_1$  este mai mare decât de cel de pe lângă  $x_1$  la pătrat. Coeficientul  $b_2$  este pozitiv, deci la majorarea decalajului longitudinal rezistența la înaintare crește. Efectele interacțiunii factorilor și cel pătratic al factorului  $x_2$  nu sunt semnificative.

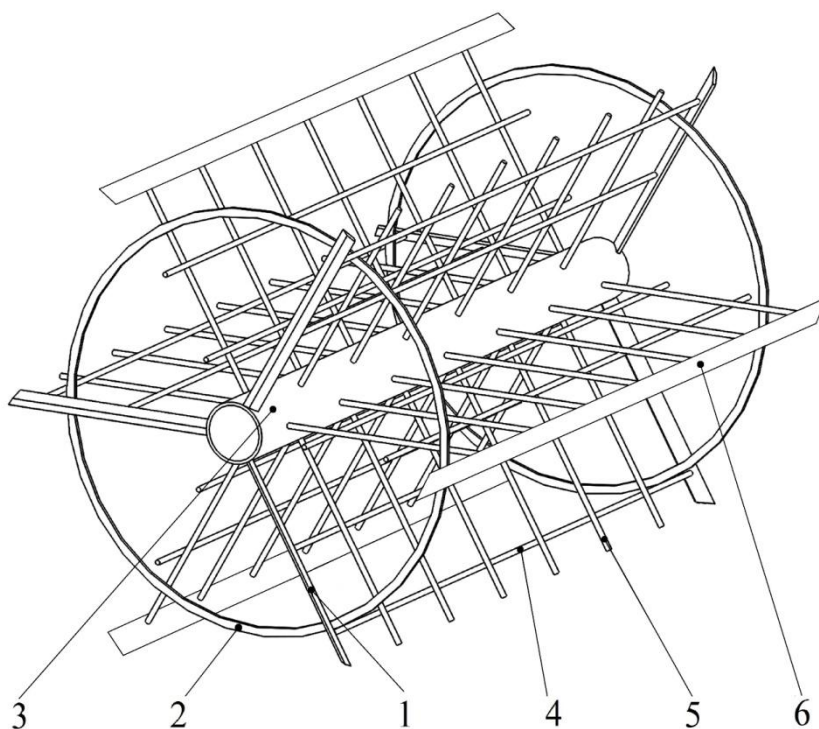


Fig. 9. Malaxor cu bare înzestrat cu inele de rigidizare.

Pentru determinarea influenței decalajului circular și longitudinal asupra rezistenței la amestecare a organului de lucru al malaxorului echipat cu 33 bare radiale, au fost confecționate trei module diferite: cu amplasarea barelor în șah pe suprafața barelor (Fig. 10, a); cu decalaj circular al barelor (Fig. 10, b); cu decalaj circular și longitudinal al barelor [19] (Fig. 10, c).

Cercetările au demonstrat că dependența rezistenței la amestecare a tuturor tipurilor de organe de amestecare de coeficientul de umplere este practic liniară. Micșorarea semnificativă a rezistenței la amestecare, în comparație cu modulul tradițional se obține la modulul cu decalaj circular și longitudinal al barelor. Micșorarea constituie în mediu 17 % pentru toți coeficienții de umplere. Micșorarea rezistenței se datorează lipsei acționării concomitentă asupra amestecului a două bare oarecare.

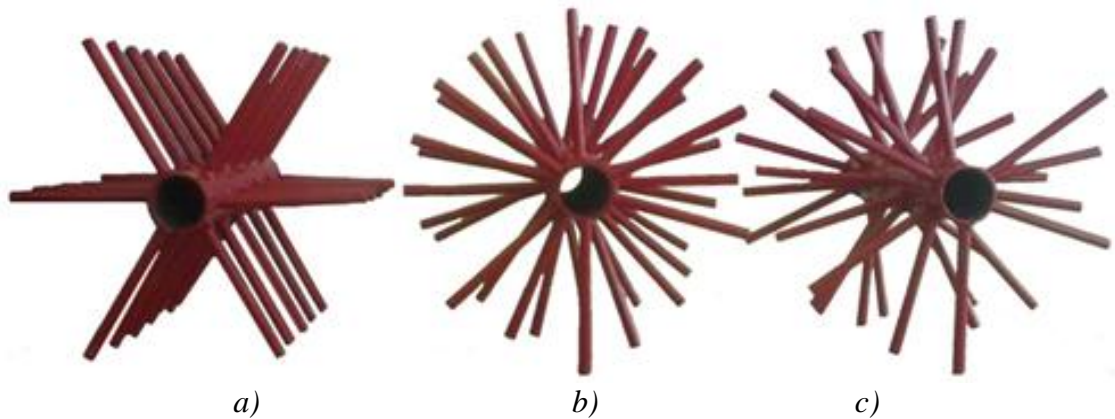


Fig. 10. Organe de amestecare (module) ale malaxoarelor cu bare, situate pe arbore în șah fără decalaj circular și longitudinal (a), cu decalaj circular (b), cu decalaj circular și longitudinal (c).

**Capitolul 4. Optimizarea proceselor de amestecare în malaxoarele de construcții.** Sunt prezentate rezultatele cercetărilor influenței factorilor procesului de amestecare asupra omogenității amestecului obținut în malaxorul gravitațional cu bare, în malaxorul cu bare și răzuitoare radiale și longitudinale cu amestecare forțată. Au fost determinate valorile optime ale parametrilor procesului de amestecare, care asigură o omogenitate înaltă a amestecului preparat în malaxoarele cu bare și acționare intermitentă. A fost determinată rezistența la compresiune a betonului preparat în malaxoarele cu bare și acționare intermitentă funcție de durata amestecării în stare uscată și împreună cu apa. Sunt elaborate nomograme inginerești pentru parametrii de optimizare și sunt date propuneri de utilizare în producție a rezultatelor obținute. A fost propusă ecuația pentru determinarea rezistenței la amestecare în malaxoarele cu bare cu amestecare forțată funcție de șapte factori constructivi și tehnologici. În baza ecuației respective este construită nomograma inginerească, care permite determinarea rapidă a parametrilor optimați ai malaxorului și ai procesului de amestecare care asigură cea mai mică rezistență la amestecare.

Pentru aprecierea omogenității amestecului preparat în malaxoarele cu bare, a fost utilizat indicatorul neomogenității amestecului [20], sau coeficientul de variație a concentrației componentului cheie în probe, care se determină cu relația:

$$v_c = \frac{\sigma}{\bar{C}} 100 = \frac{100}{\bar{C}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n - 1}}, \quad (9)$$

unde:  $v_c$  este coeficientul neomogenității amestecului, %;

$\sigma$  – devierea medie pătratică a concentrației componentei cheie în probe, %;

$\bar{C}$  – valoarea medie aritmetică a concentrației componentei cheie în probe, %;

$C_i$  – valoarea concentrației componentei cheie în proba  $i$ ;

$n$  – numărul de probe extrase din amestec.

Omogenitatea amestecurilor în dependență de valoarea coeficientului de variație poate fi: satisfăcătoare –  $v_c = 10 - 20 \%$ ; bună –  $v_c = 5 - 10 \%$ ; înaltă –  $v_c < 5 \%$ .

A fost cercetată omogenitatea amestecului preparat în malaxoarele gravitaționale cu bare [21] funcție de coeficientul de umplere a pâlniei și numărul de semirotății ale tobei. În acest scop a fost construit un model, redus în dimensiuni, al malaxorului de acest tip. În calitate de componente ale amestecului au fost adoptate particule de formă rotundă ( $a = 6 - 7 \text{ mm}$ ,  $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$ ), vopsite în două culori diferite. Rezultatele experimentale sunt prezentate în mod grafic în fig. 11.

Cercetările au demonstrat [22] că în malaxorul gravitațional cu bare omogenitatea înaltă a amestecului se obține, pentru coeficientul de umplere a pâlniei  $K_u = 0,4$ , după doar două semirotății ale tobei iar pentru  $K_u = 1,0$  – după 8 semirotății.

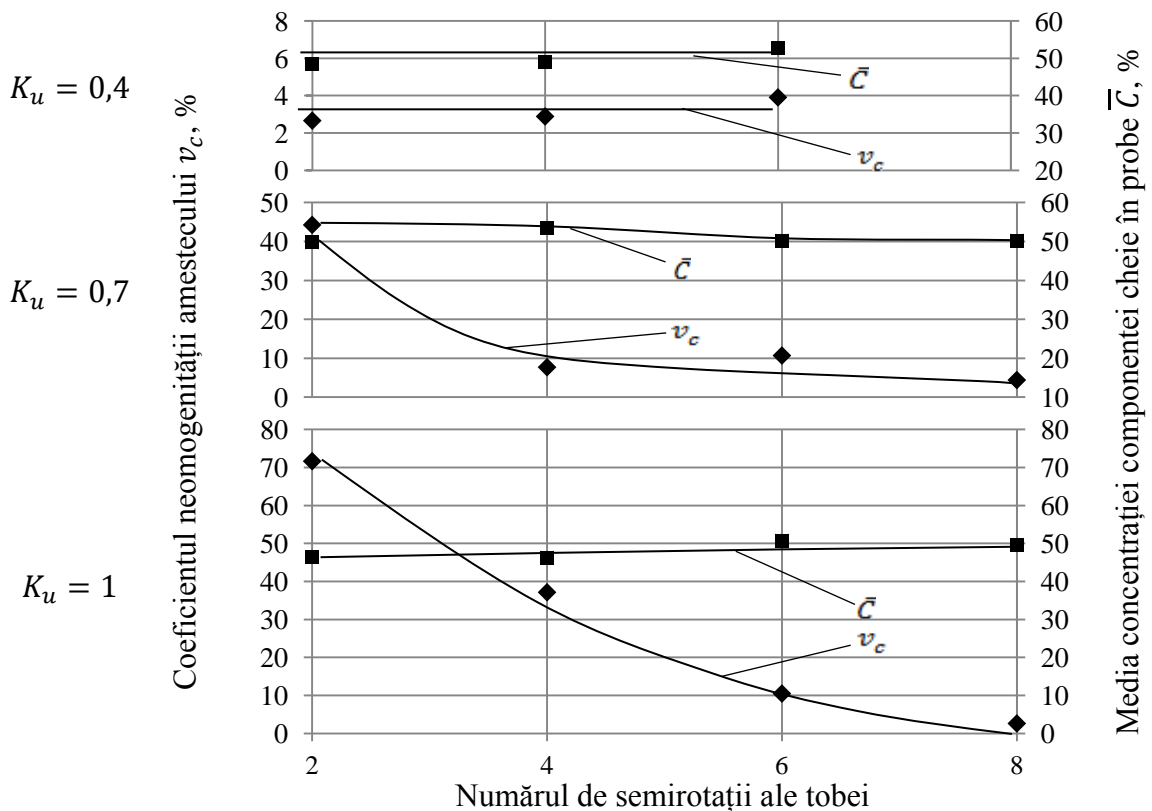


Fig. 11. Dependența concentrației componentei cheie în probe  $\bar{C}$  și a coeficientului neomogenității amestecului  $v_c$  de numărul de semirotății ale tobei și coeficientul de umplere.

Omogenitatea amestecului, obținut în malaxorul cu bare și răzuitoare radiale și cu bare și răzuitoare longitudinale [15], a fost cercetată funcție de numărul de rotații ale arborelui și modul de încărcare a componentelor în tobă [23, 24]. Au fost cercetate două moduri de încărcare a componentelor: 1) în două straturi de componente (vopsite în două culori diferite) suprapuse, distribuite uniform de-a lungul tobei; 2) în două straturi alăturate, la fel distribuite uniform.

Rezultatele experimentelor sunt prezentate în mod grafic în figura 12.

Cercetările au demonstrat că după primele trei rotații ale arborelui malaxorului are loc distribuirea componentelor în tot volumul amestecului. Însă, la această etapă, particulele de aceeași culoare se găsesc sub formă de conglomerate de diferite forme și mărimi. La continuarea procesului de amestecare, are loc divizarea conglomeratelor mari în șuvoaie și amestecarea lor. Prin urmare volumul acestora se micșorează și totodată se micșorează valoarea coeficientului neomogenității amestecului. Omogenitatea înaltă a amestecului sa obținut după șase rotații ale arborelui indiferent de metoda situării componentelor în toba malaxorului.

A fost cercetată dependența rezistenței la compresiune a betonului preparat în malaxoarele cu bare funcție de durata amestecării în stare uscată și în stare umedă [25]. Pentru cercetările respective a fost ales malaxorul care anterior a fost supus cercetării omogenității amestecului [23, 24]. A fost adoptată rețeta care asigură obținerea betonului marca M200.

Cercetările au fost efectuate conform planului D-optimal pentru doi factori: durata amestecării componentelor în stare uscată,  $\tilde{x}_1 = 5 - 10 - 15$  s; durata amestecării componentelor împreună cu apa,  $\tilde{x}_2 = 5 - 10 - 15$  s.

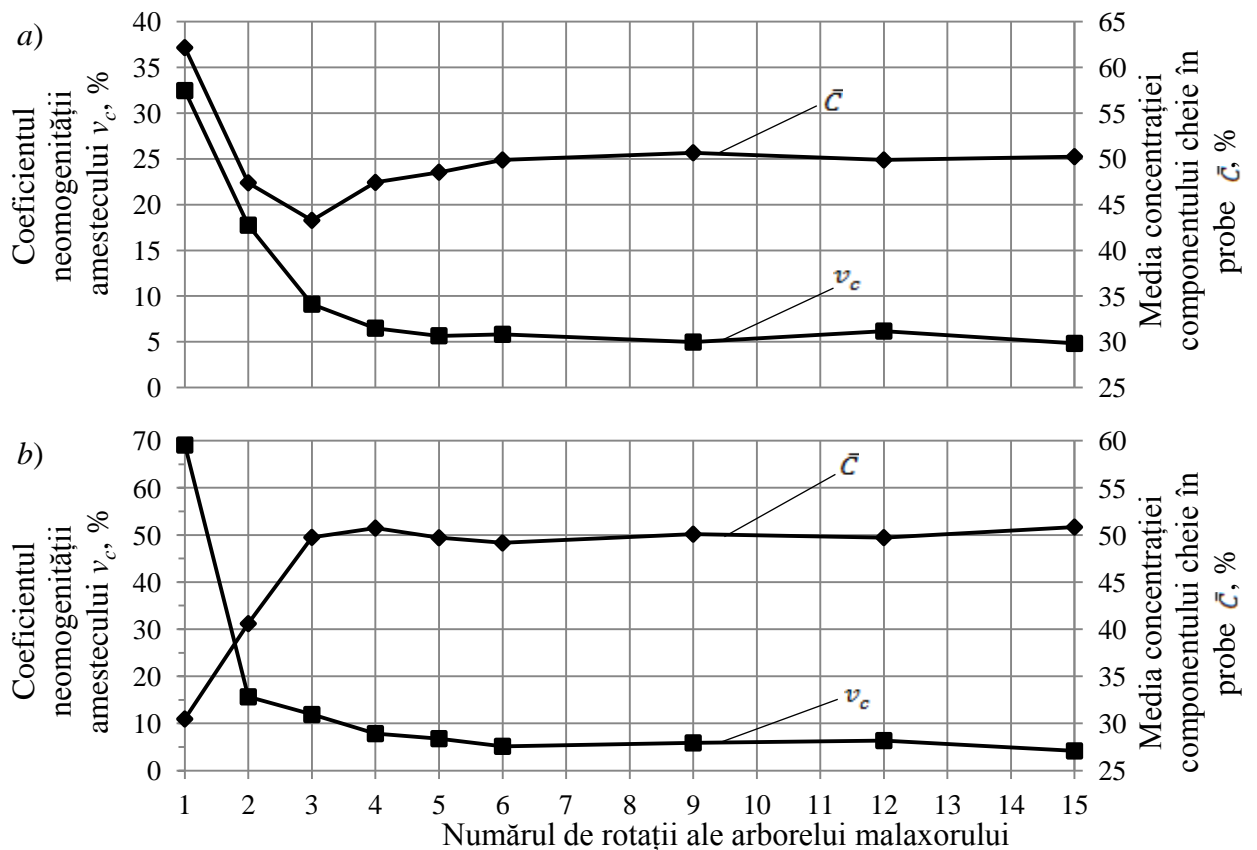


Fig. 12. Dependența mediei concentrației componentei cheie în probe  $\bar{C}$  și a coeficientului neomogenității amestecului  $v_c$  de numărul de rotații ale arborelui malaxorului și de modul așezării componentelor amestecului în tobă: a) – în două straturi suprapuse; b) – în două straturi alăturate.

Analiza de regresie a rezultatelor obținute a condus la obținerea polinomului de gradul doi care descrie adecvat dependența rezistenței la compresiune a betonului de factorii  $x_1$  și  $x_2$ :

$$\hat{Y} = 21,51 + 0,99x_1 - 1,4x_2 - 0,795x_1x_2 - 1,07x_1^2; \quad (10)$$

$$F_{exp} = 0,25 < F_{tab} = 4,25 (\alpha = 0,05; f_2 = 9; f_{necor} = 3);$$

$$b_{1cr}=3,96, b_{2cr}=5,6; b_{12cr}=2,61; b_{11cr}=2,49; b_{22cr}=0,19; b_{0cr}=47,8.$$

În baza polinomului obținut au fost construite izoliniile rezistenței la compresiune (Fig. 13), care demonstrează modul schimbării rezistenței la varierea concomitentă a factorilor.

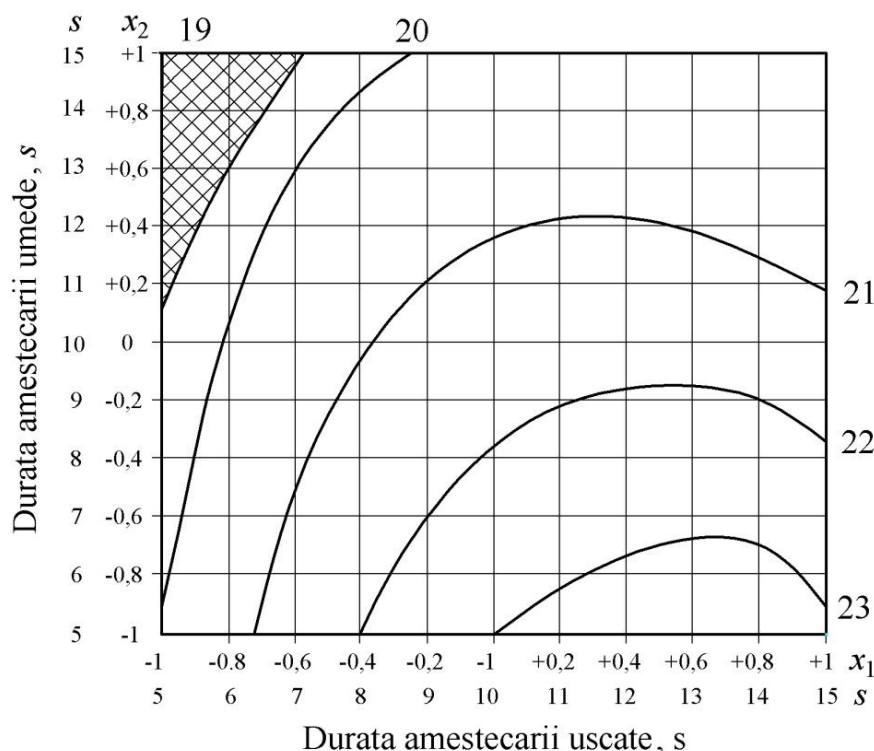


Fig. 13. Izoliniile rezistenței la compresiune a betonului în MPa.

Rezultatele experiențelor au demonstrat că pentru obținerea omogenității bune a amestecului de beton, la amestecarea uscată, sunt suficiente șase rotații (sau 6 secunde pentru  $n = 60$  rot/min) ale arborelui malaxorului. De asemenea, rezultatele au arătat că amestecarea în stare uscată a componentelor este factorul dominant de care depinde omogenitatea amestecului și, deci rezistența la compresiune a betonului. Amestecarea împreună cu apa trebuie să asigure umezirea tuturor particulelor – proces care în malaxorul cu bare are loc într-un timp scurt.

Regimul de preparare a amestecului de beton în malaxorul cu bare cercetat, care garantează obținerea betonului cu rezistență la compresiune mai mare decât valoarea medie, egală cu 19,65 MPa conform GOST26633-91, este următorul: durata amestecării componentelor în stare uscată – 5,5 s; durata amestecării împreună cu apa – 8 s. Zona hașurată de pe nomograma din figura 13 este zona valorilor rezistenței la compresiune mai mici de 19,65 MPa.

Ideea determinării rezistenței la amestecare a malaxoarelor cu organe de lucru în formă de bare pentru diferiți parametri constructivi ai malaxorului și tehnologici ai procesului de amestecare se bazează pe cunoașterea dependențelor cantitative ale rezistenței la înaintare a barei prin material de factorii semnificativi, care au fost determinate experimental [1].

Acest lucru este posibil datorită faptului că rezistența la înaintare a unei bare prin mediul de lucru este egală cu rezistența malaxorului cu acțiune ciclică cu 33 de organe de amestecare în formă de bare, din care 16 se găsesc în amestec. Astfel putem determina rezistența la amestecare a malaxoarelor cu diferite combinații ale parametrilor măsurând rezistența doar unei singure bare și variind pe rând câte un parametru, ceilalți fiind menținuți la nivel constant. Acest fenomen exclude necesitatea confecționării a unui număr mare de organe de lucru alcătuite din mai multe bare pentru diferiți parametri constructivi ai malaxorului.

Anterior Andrievschi S., conf. univ., dr. a elaborat un malaxor [1], care a fost numit inițial [26] și care avea următorii parametri: numărul de rânduri longitudinale de bare – 6; diametrul barelor  $d = 10 \text{ mm}$ ; unghiul de așchiere al barelor  $\delta = 90^\circ$ ; pasul longitudinal al barelor  $p = 60 \text{ mm}$ ; pasul rândurilor transversale de bare –  $30 \text{ mm}$ ; diametrul și lungimea tobei  $D = L = 300 \text{ mm}$ . Dlui a cercetat rezistența la amestecare a malaxorului respectiv adoptând următorii parametri tehnologici: turația arborelui  $n = 60 \text{ rot/min}$ ; mediul de lucru – nisipul de râu cu dimensiunea particulelor  $a \leq 1,25 \text{ mm}$ ; umiditatea relativă a nisipului  $W = 4 - 5 \%$ ; coeficientul de umplere a tobei  $K_u = 0,5$ . Cercetările au demonstrat că rezistența la amestecare a malaxorului inițial este egală cu  $130 \text{ N}$ .

Din cele expuse mai sus, reiese că dacă modificăm unul sau câțiva parametri ai malaxorului inițial, atunci rezistența la amestecare a acestuia  $Z' = 130 \text{ N}$  se va mări sau se va micșora, în dependență de direcția modificării parametrilor. Gradul de influență a parametrilor asupra rezistenței poate fi exprimat prin coeficienți. Astfel, pentru determinarea rezistenței totale la amestecare  $Z_m$  în malaxoarele cu alți parametri constructivi și tehnologici decât cei ai malaxorului inițial putem scrie relația [26]:

$$Z_m = Z' K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7, \quad (11)$$

unde:  $K_1$  este coeficientul care caracterizează influența gradului de umplere a tobei cu amestec;

$K_2$  – coeficientul care caracterizează influența dimensiunilor particulelor;

$K_3$  – coeficientul care caracterizează influența diametrului barelor;

$K_4$  – coeficientul care caracterizează influența diametrului tobei;

$K_5$  – coeficientul care caracterizează influența umidității amestecului;

$K_6$  – coeficientul care caracterizează influența lungimii malaxorului;

$K_7$  – coeficientul care caracterizează influența unghiului de așchiere al barelor.

Deci, rezistența la amestecare a malaxorului elementar se înmulțește la valorile coeficienților, care se iau funcție de configurația parametrilor malaxorului cercetat și ai procesului de amestecare, și în așa mod se determină rezistența la amestecare a malaxoarelor cu alți parametri decât cei ai malaxorului elementar, în limitele diapazoanelor cercetate de variere a parametrilor.

În baza formulei (11) este construită nomograma complexă [27] (Fig. 14), care permite determinarea rapidă a parametrilor optimali ai malaxorului și ai procesului de amestecare care asigură cea mai mică rezistență la amestecare.

Construcția malaxoarelor cu organe de lucru în formă de bare cu acționare intermitentă este asemănătoare cu construcția aceluiași malaxor, dar cu palete. Diferența constă în procesul de amestecare, care în malaxoarele cu bare asigură obținerea unui amestec omogen într-o perioadă foarte scurtă de timp și deci cu cheltuieli mai mici de energie.

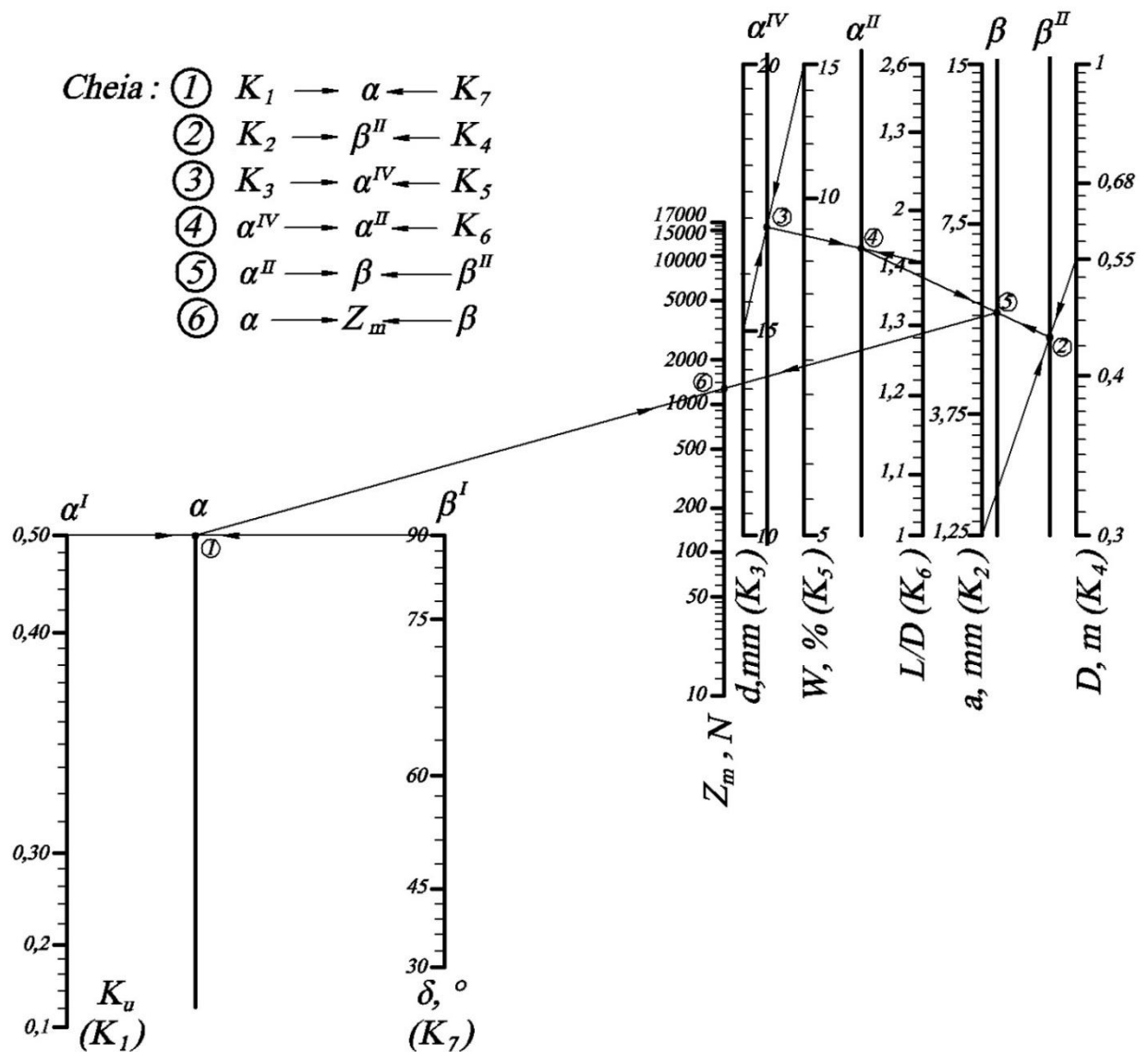


Fig. 14. Nomograma pentru determinarea rezistenței la amestecare ( $Z_m$  în  $N$ ) a malaxoarelor cu bare.

În continuare vom compara beneficiul economic obținut datorită echipării malaxorului cu amestecare forțată БП-1Г-300, produs la uzina „Monolit”, orașul Zlatoust din Federația Rusă, cu organe de amestecare în formă de bare, în loc de palete. De pe site-ul uzinei (<http://monolitzavod.ru>) au fost colectate următoarele caracteristici tehnice ale malaxorului: capacitatea de încărcare a tobei 300 l; volumul amestecului preparat pentru beton 200 l; productivitatea 6 m<sup>3</sup>/h; numărul de cicluri pe ora la utilizarea în cadrul liniilor automate – 30; durata amestecării pentru beton 90 s; turația arborelui, 40 rot/min.

Malaxorul dat, reutilat cu bare ar avea durata amestecării 14 secunde și turația arborelui, 60 rot/min. Ceilalți parametri rămân neschimbați. Astfel durata unui ciclu de lucru ar fi 44 s (în loc de 3600/30 = 120 s), iar numărul lor pe oră – 81. Productivitatea malaxorului reutilat ar fi 16,2 m<sup>3</sup>/h. Productivitatea de exploatare a malaxorului cu palete este  $Q_e = 6 \cdot 0,85 = 5,1$  m<sup>3</sup>/h, iar pentru malaxorul cu bare –  $Q_e = 16,2 \cdot 0,85 = 13,8$  m<sup>3</sup>/h. Productivitatea anuală cu lucrul organizat într-un schimb și cu durata zilei lucrătoare de 8 ore a malaxorului cu palete este  $Q_a = 5,1 \cdot 8 \cdot 254 = 10363$  m<sup>3</sup>/an, iar a malaxorului cu bare –  $Q_a = 13,8 \cdot 8 \cdot 254 = 28042$  m<sup>3</sup>/an. Diferența volumului de amestec produs într-un an constituie 17679 m<sup>3</sup>. La prepararea, spre exemplu, a amestecului de beton marca M200 cu prețul actual de 890 lei/ m<sup>3</sup> și rentabilitatea medie egală cu 15 %, efectul economic al malaxorului cu bare constituie  $17679 \cdot 890 \cdot 0,15 = 2360146$  lei/an.

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Intensificarea procesului de amestecare în malaxoarele cu bare [11] și cu acționare intermitentă, situate în șah și radial pe suprafața arborelui are loc datorită divizării materialului în șuvoaie, îmbinării imediate a lor, repetarea acestor procese la fiecare rând de bare, ceea ce conduce la formarea unui număr mare de șuvoaie, migrarea particulelor din stânga spre dreapta și invers, atât în planuri longitudinale ale tobei cât și în cele transversale.
2. Procesele de divizare a materialului în șuvoaie, îmbinării lor și migrației particulelor conduc la formarea mai întâi a distribuției normale în centrul tobei, apoi normale secționate la capetele tobei, la însumarea distribuției normale centrale cu distribuțiile normale secționate și obținerea distribuției uniforme în tot volumul. Se produce un proces determinist, ușor de pronosticat.
3. Numărul șuvoaielor complexe, formate după trecerea unui rând de bare, este constant și-i egal cu  $2n_{bmin}$ , iar numărul șuvoaielor unice se dublează. Cantitatea de material a unui șuvoi unic nou format este mai mică de două ori decât a unui șuvoi premergător. Numărul șuvoaielor unice, formate în procesul amestecării, crește conform progresie geometrice, cu rația  $q = 2$ . Numărul migrațiilor depline ale particulelor depinde direct proporțional de numărul de rotații



ale arborelui malaxorului, iar durata efectuării unei migrații depline depinde, la fel direct proporțional, de numărul minimal de bare în rândurile longitudinale  $n_{bmin}$ .

4. Limita divizării materialului în șuvoaie se obține atunci când grosimea șuvoiului unic devine egală cu dimensiunea particulelor celui mai mărunț component. Apoi are loc procesul divizării-îmbinării șuvoaielor formate anterior, iar structura șuvoaielor complexe se modifică numai datorită permutării particulelor. După apariția limitei divizării celui mai mărunț component, amestecarea se efectuează până la obținerea distribuției uniforme a tuturor componentelor amestecului în lungul tobei malaxorului pentru a obține amestecarea omogenă a lor garantă.
5. Elaborarea malaxoarelor noi și a organelor de amestecare optime din punct de vedere constructiv a dat posibilitate: de a exclude blocarea particulelor între organele de amestecare și suprafața interioară a tobei; de a micșora secțiunea barelor, rezistența la amestecare și masa malaxorului datorită utilizării inelelor de rigidizare; de a micșora rezistența la amestecare cu 26,7 % datorită amplasării barelor pe arbore cu decalaj longitudinal și circular; de a majora energia potențială a componentelor amestecului în malaxorul gravitațional cu bare și intensificarea procesului de amestecare.
6. Regimurile optime care asigură omogenitatea înaltă a amestecului ( $v_c \approx 5\%$ ) sunt următoarele: în malaxoarele gravitaționale cu bare – 2-8 semirotații ale tobei, în dependență de coeficientul de umplere al pâlniei; în malaxoarele cu bare cu amestecare forțată – 5-6 secunde în stare uscată (la turația arborelui  $n = 60$  rot/min) și 5 secunde în stare umedă.
7. Este propusă ecuația pentru determinarea rezistenței la amestecare în malaxoarele cu bare funcție de șapte parametri constructivi și tehnologici, iar în baza ei – nomograma [27], care dă posibilitate de a determina rapid parametrii optime care asigură cea mai mică rezistență la amestecare. La varierea parametrilor incluși în ecuație este posibilă stabilirea limitelor optime ale lor pentru minimizarea rezistenței la amestecare, ceea ce este util la proiectarea, confecționarea și exploatarea malaxoarelor cu bare.
8. Reducerea duratei preparării amestecurilor în malaxoarele cu bare și acționare intermitentă dă posibilitate de a majora semnificativ productivitatea și respectiv eficiența economică a lor. Spre exemplu, malaxorul cu bare cu volumul amestecului preparat egal cu 200 l, în comparație cu malaxorul cu palete cu același volum, la prepararea amestecului de beton cu marca M200 și la organizarea muncii într-un schimb, asigură un efect economic de 2360146 lei/an.

#### **Recomandări privind cercetările de perspectivă sunt:**

1. Determinarea, prin cercetări experimentale și/sau utilizând modelarea procesului de amestecare prin metoda elementului discret, a parametrilor optime constructivi ai

malaxoarelor cu bare și acțiune intermitentă (pasul radial și longitudinal al barelor, diametrul barelor, lungimea și diametrul tobei) și funcționali ai procesului de amestecare (coeficientul de umplere a tobei, turația arborelui și dimensiunea particulelor) care asigură cea mai înaltă omogenitate a amestecului la cele mai mici durate de amestecare. De asemenea, o importanță deosebită o constituie și cercetarea interacțiunilor factorilor enumerați.

2. Cercetarea procesului de preparare, în malaxoarele cu bare și acțiune intermitentă, a amestecurilor cu fibre de diferite tipuri, amestecurilor de beton ușor cu granule de argilă expandată, de polistiren expandat etc.
3. Cercetarea procesului de activare a particulelor în malaxoarele cu bare radiale și longitudinale și răzuitoare radiale și longitudinale.
4. Cercetarea procesului de amestecare în malaxorul cu doi arbori orizontali.
5. Elaborarea și cercetarea malaxoarelor cu organe de lucru în formă de bare cu ax vertical.

#### BIBLIOGRAFIE

1. Andrievschi S. Intensificarea procesului de amestecare în malaxoarele cu organe de lucru în formă de bare. Chișinău: UTM, 2008. 176 p.
2. Lungu V. Optimizarea funcțională și constructivă a malaxoarelor cu acțiune continuă cu organe de amestecare în formă de bare. Teză de dr. în tehnică. Chișinău, 2009. 201 p.
3. Mihăilescu, Șt. Mașini de construcții și pentru prelucrarea agregatelor. București: Didactică și Pedagogică, 1983. 505 p.
4. Matthew D. Sinnott<sup>1</sup>, Paul W. Cleary<sup>1</sup>. The effect of particle shape on mixing in a high shear mixer. Computational Particle Mechanics. November 2016. Volume 3, Issue 4. 477–504 p.
5. Arntz, M. M. and others. The influence of end walls on the segregation pattern in a horizontal rotating drum. Granular Matter, Vol. 15, No. 1. 2013.. 25-38 p.
6. Huabiao Qi and others. Researches on mixing of granular materials with discrete element method. Progress in Chemistry, Vol. 27. 2015. 113–124 p.
7. E. Alizadeh, F. Bertrand, J. Chaouki. Comparison of DEM results and Lagrangian experimental data for the flow and mixing of granules in a rotating drum. AICHE Journal, Vol. 60. January 2014. 60–75 p.
8. C. Ferraris. Concrete mixing methods and concrete mixers. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, Vol. 106, No. 2. March-April 2001. 391-399 p.
9. M. Valigi, S. Logozzo, M. Rinchi. Wear resistance of blades in planetary concrete mixers. Design of a new improved blade shape and 2D validation. Tribology International, Vol. 96. April 2016. 191–201 p.
10. Lozan A. Structura amestecului de construcție preparat în malaxorul cu bare și acționare intermitentă. În: Tezele Conferinței tehnico-științifice a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților U.T.M., Vol. III, Chișinău, 2014, p. 373-376.
11. Lozan A. Fenomenele procesului de amestecare în malaxoarele cu bare cu acțiune intermitentă. În: *Meridian ingineresc*, Nr. 1, UTM, 2016, p. 27-32. ISSN 1683-853X.

12. Andrievschi S., Carcea, A., Lozan A. Migrația particulelor în procesul amestecării în malaxoarele cu organe de lucru în formă de bare. În: Culegere de articole ale conferinței tehnico-științifice internaționale „*Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului*”. Chișinău, 2012, p. 28-33.
13. Lozan A. Legități ale procesului de amestecare în malaxoarele cu bare. În: Tezele Conferinței tehnico-științifice a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților U.T.M, Vol. II, Chișinău, 2011, p. 446-449.
14. Andrievschi S., Lozan A. Optimizarea constructivă a malaxoarelor cu organe de lucru în formă de bare. În: *Meridian ingineresc*, Nr. 3, UTM, 2015, p. 26-31. ISSN 1683-853X.
15. Brevet de invenție. 583 Z, MD, B 01 F 7/02. Malaxor cu acțiune ciclică / Serghei Andrievschi, Alexandru Lozan (MD). Cerere depusă 2012.06.11, BOPI nr. 1/2013.
16. Brevet de invenție. 883 Z, MD, B 01 F 7/02. Malaxor cu acțiune ciclică / Serghei Andrievschi, Alexandr Lozan, Igor Braniște (MD). Cerere depusă 2014.06.06, BOPI nr. 2/2015.
17. Brevet de invenție. 747 Z, MD, B 01 F 7/02. Malaxor cu acțiune ciclică / Serghei Andrievschi, Alexandr Lozan, Oleg Vascan (MD). Cerere depusă 2013.05.31, BOPI nr. 3/2014.
18. Andrievschi S., Lungu V., Carcea A., Lozan A., Guștiuc I. Rezistența la amestecare a malaxorului cu decalaj circular și longitudinal al barelor. În: Tezele Conferinței tehnico-științifice a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților U.T.M, Vol. II, Chișinău, 2015. p. 88-91.
19. Brevet de invenție. 815 Z, MD, B 01 F 7/02. Malaxor cu acțiune ciclică / Serghei Andrievschi, Alexandr Lozan, Igor Guștiuc (MD). Cerere depusă 2014.01.21, BOPI nr. 9/2014.
20. Гучева Н. В. Экспериментальные исследования процесса смешивания сыпучих зерновых материалов. Вестник Донского государственного технического университета. 2014. Т. №. 3. С. 172-177.
21. Brevet de invenție. 748 Z, MD, B 01 F 7/02. Malaxor cu acțiune ciclică / Serghei Andrievschi, Alexandr Lozan, Denis Fuștei (MD). Cerere depusă 2013.05.31, BOPI nr. 3/2014.
22. Andrievschi S., Lozan A., Fuștei D. Cercetarea malaxorului gravitațional cu acțiune ciclică și organe de amestecare în formă de bare. În: Tezele Conferinței tehnico-științifice a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților U.T.M, Vol. III, Chișinău, 2014, p. 341-344.
23. Lozan A. Studiul procesului de amestecare în planuri longitudinale și transversale. În: Comunicări prezentate la simpozionul anual științifico–practic privind protecția proprietății intelectuale „Lecturi AGEPI”. Chișinău, 2013, p. 137-145.
24. Andrievschi S., Lungu V., Carcea A., Lozan A. Calitatea amestecării în malaxoarele cu bare și răzuitoare radiale și longitudinale. În: Culegere de articole ale conferinței științifice internaționale “*Cercetare și administrare rutieră*”. București, 2013, p. 411-421.
25. Andrievschi S., Lungu V., Lozan A. Rezistența la compresiune a betonului preparat în malaxoarele cu bare”. În: Buletinul INCERCOM Nr.6 CI, conferința internațională „*DeDuCon-INCERCOM*”. Chișinău, 2015, p. 200-205.
26. Andrievschi S., Andriuță M., Lungu V., Lozan A., Braniște I. Rezistența la amestecare a malaxoarelor cu organe de amestecare în formă de bare. În: Culegere de articole ale conferinței tehnico-științifice internaționale „*Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului*”. Chișinău, 2014, p. 13-16.
27. Andrievschi S., Lungu V., Lozan A. Nomograma pentru determinarea rezistenței la amestecare a malaxorului cu bare. În: Tezele Conferinței tehnico-științifice a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților U.T.M, Vol. III, Chișinău, 2016.

## ADNOTARE

### **Lozan Alexandr. Optimizarea malaxoarelor cu bare cu acțiune intermitentă și a proceselor de amestecare în construcții, teza de doctor în tehnică, Chișinău, 2017.**

Teza de doctor include o introducere, patru capitole (119 pagini de text, 55 figuri, 20 tabele), concluzii generale, bibliografie (128 surse) și 27 anexe.

Pe baza rezultatelor obținute sunt publicate 12 articole științifice în reviste, culegeri ale conferințelor naționale și internaționale, obținute cinci brevete de invenție.

Cuvinte-cheie: malaxor, bară, intermitent, amestec, omogenizare, intensificare, șuvoi, beton, mortar, optimizare, planificare.

Scopul lucrării constă în optimizarea parametrilor funcționali și constructivi ai malaxoarelor cu bare și acțiune intermitentă, care asigură o omogenitate înaltă a amestecurilor și productivitate înaltă cu un consum minim de energie.

Sunt elaborate și lărgite bazele teoretice ale procesului de amestecare și este determinată influența factorilor constructivi și tehnologici asupra rezistenței la înaintare, omogenității amestecului și productivității malaxoarelor cu bare cu acțiune intermitentă.

Cercetările au fost efectuate utilizând metodele statisticii matematice, teoriei probabilităților și teoriei planificării experimentului multifactorial. Au fost elaborate metode noi și standuri pentru efectuarea experimentelor multifactoriale, sunt obținute modele matematice care descriu adecvat procesul de amestecare în malaxoarele cu bare cu acțiune intermitentă.

Au fost elaborate, cercetate și propuse o gamă de soluții constructive noi ale malaxoarelor cu bare cu acțiune ciclică și anume: răzuitoare longitudinale cu element elastic; răzuitoare radiale și longitudinale articulate; organe de amestecare echipate cu inele de rigidizare; bare amplasate cu decalaj pe suprafața arborelui; amestecare prin cădere liberă. Acestea asigură: excluderea blocării particulelor în procesul amestecării; micșorarea rezistenței la amestecare, a consumului de metal și a greutateii malaxoarelor; majorarea energiei potențiale a componentelor amestecului.

Sunt prezentate rezultatele cercetărilor influenței factorilor constructivi și funcționali ai malaxoarelor asupra procesului de amestecare în formă de polinoame de gradul doi, nomograme utile pentru proiectarea și exploatarea malaxoarelor cu bare.

Este elaborată ecuația pentru determinarea rezistenței la amestecare în malaxoarele cu bare cu acțiune intermitentă funcție de șapte factori constructivi și tehnologici: coeficientul de umplere a tobei; dimensiunea particulelor; diametrul barelor; diametrul tobei; umiditatea amestecului; lungimea tobei; unghiul de așchiere al barelor. În baza ecuației date a fost construită nomograma inginerescă permite determinarea rapidă a parametrilor optimali ai malaxorului și ai procesului de amestecare, care asigură cea mai mică rezistență la amestecare.

## АННОТАЦИЯ

### **Лозан Александр. Оптимизация прутковых смесителей циклического действия и процессов смешивания в строительстве, диссертация на степень доктора технических наук, Кишинев, 2017.**

Докторская диссертация включает: введение, четыре главы (119 стр. текста, 55 рисунков, 20 таблиц), общие выводы, библиографию (128 источников) и 27 приложений.

По теме диссертации опубликовано 12 научных работ в журналах, сборниках национальных и международных конференций, запатентовано пять изобретений.

Ключевые слова: смеситель, пруток, циклический, смесь, гомогенизация, интенсификация, поток, бетон, раствор, оптимизация, планирование.

Цель работы заключается в оптимизации конструктивных и технологических параметров прутковых смесителей циклического действия, которые гарантируют получение гомогенной смеси и высокую производительность с минимальным потреблением энергии.

Разработаны и расширены теоретические основы процесса смешивания и определено влияние конструктивных и технологических факторов на сопротивление прохождению рабочих органов через смесь, на гомогенность смеси и на производительность циклических смесителей с прутковыми рабочими органами.

Исследования проведены с использованием методов математической статистики, теории вероятностей и математического планирования многофакторного эксперимента. Разработаны новые методы и стенды для проведения многофакторных экспериментов, получены математические модели, которые адекватно описывают процесс смешивания в прутковых смесителях циклического действия.

Разработаны, исследованы и предложены новые конструктивные решения прутковых смесителей циклического действия, а именно: продольные скребки с гибким элементом; шарнирные радиальные и продольные скребки; рабочие органы усиленные кольцом жесткости; прутки расположенные на поверхности вала со сдвигом; гравитационное смешивание. Данные решения обеспечивают: исключение блокировки частиц в процессе перемешивания; уменьшение сопротивления перемешиванию; снижение металлоемкости и веса смесителей; повышение потенциальной энергии компонентов смеси.

Предложены результаты исследования влияния конструктивных и технологических факторов смесителя на процесс смешивания в виде полиномов второго порядка, инженерных номограмм, полезные при проектировании и эксплуатации смесителей.

Предложена формула для расчета сопротивления перемешиванию прутковых смесителей циклического действия в зависимости от семи конструктивных и технологических факторов: коэффициента заполнения желоба; размера частиц смеси; диаметра прутков; диаметра желоба; влажности смеси; длины желоба; угла захода прутков в смесь. На основе данной формулы разработана инженерная номограмма, которая позволяет оперативно рассчитать оптимальные параметры смесителя и процесса смешивания, обеспечивающие наименьшее сопротивление перемешиванию составляющих бетонных и растворяемых смесей.

## ADNOTATION

### **Lozan Alexandr. Optimization of mixers with bars with intermittent action and processes of mixing in construction, PhD thesis, Chisinau, 2017.**

The doctoral thesis includes an introduction, four chapters (119 text pages, 55 drawings, 20 tables), general conclusions, bibliography (128 sources) and 27 annexes.

Based on the obtained results 12 scientific articles are written and published in journals, collections of national and international conferences, five patents are obtained.

Keywords: mixer, bar, intermittent, mixture, homogenization, intensification, optimization, stream, concrete, mortar, optimization, planning.

The purpose of the work consists in optimize of constructive and technological parameters of mixer with bars and intermittent action, that will ensure obtaining homogeneity of the mixture and high productivity with minimum energy consumption.

In the paper the theoretical bases of the mixing process is elaborated and expanded, and the influence of constructive and technological parameters on the resistance to mixing, the homogeneity of the mixture and productivity of mixers with bars and with intermittent action is determined.

The research was performed using statistical methods, the theory of probability, and the theory of planning of multifactor experiment. New methods and stands for performing the multifactor experiments are developed, mathematical models that adequate describe the process of mixing in the mixers with bars and intermittent action are obtained.

New constructive solutions of mixers with bars and with intermittent action, are developed, searched and proposed, namely: longitudinal scraper with elastic element; articulated radial and longitudinal scraper; equipped with stiffening rings mixing organs; bar located with shift on the shaft surface; gravitational mixing. These solutions ensure: exclusion of particles blocking in the mixing process; reduction resistance to mixing, metal consumption and weight mixers; increasing the potential energy of the mixture components.

The research results of the influence the constructive and technological parameters on the mixing process in the form of second-degree polynomials, nomograms useful for designing and operating of the mixers are proposed.

The equation for determining of the resistance to mixing in the mixers with bars and with intermittent action depending on the seven constructive and technological factors are proposed, namely: the filling coefficient of the drum; particle size; diameter of the bars; diameter of the drum; humidity of the mixture; the length of the drum; angle of entry of bars in the mixture. Based in the formula was built engineering nomogram, which makes it possible to quickly determine the optimal parameters of the mixer and mixing process, which ensures the lower resistance to mixing.

**LOZAN ALEXANDR**

**OPTIMIZAREA MALAXOARELOR CU BARE CU ACȚIUNE  
INTERMITENTĂ ȘI A PROCESELOR DE AMESTECARE ÎN  
CONSTRUCȚII**

**242.07 – Mașini și echipamente tehnice**

Autoreferatul tezei de doctor în tehnică

---

Aprobat spre tipar  
Hârtie offset. Tipar RISO  
Coli de tipar 2

Formatul hârtiei 60×84 1/16  
Tirajul 40 ex.  
Comanda nr.

---

U.T.M., 2017, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare, 168.  
Secția Redactare și Editare a U.T.M.  
2068, Chișinău, str. Studenților, 9/9