

STUDIUL PROCESULUI DE AMESTECARE ÎN PLANURI LONGITUDINALE ȘI TRANSVERSALE



MASTER ALEXANDRU LOZAN,
UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

MALAXOARELE CU AMESTECARE FORȚATĂ, LA CARE ÎN CALITATE DE ORGANE DE AMESTECARE SUNT UTILIZATE BARELE FIXATE ÎNTR-UN MOD SPECIAL PE SUPRAFAȚA ARBORELUI, ASIGURĂ INTENSIFICAREA PROCESULUI DE AMESTECARE DATORITĂ DIVIZĂRII DE CĂTRE BARE A ÎNTREGII MASE DE MATERIAL ÎN MAI MULTE ȘUVOAIE ȘI RECOMBINĂRII ULTERIOARE A ACESTORA.

Însă, la toate malaxoarele cu amestecare forțată, există problema blocării particulelor de material între capetele organelor de amestecare și suprafața interioară a tobei. Aceasta conduce nemijlocit la creșterea rezistenței de amestecare și, respectiv, majorarea cheltuielilor de energie pentru pregătirea amestecului, precum și la majorarea cheltuielilor de metal necesar pentru confecționarea malaxorului. Din cauza acțiunii asupra elementelor acestuia a unor forțe mult mai mari decât în cazul în care nu s-ar produce blocarea, are loc modificarea poziției granulometrice inițiale, ca rezultat al fărâmițării agregatelor, și, respectiv, micșorarea calității articolelor fabricate.

Acest neajuns este înlăturat în malaxorul [1] cu bare arcuite, echipat cu răzuitoare longitudinale elastice, care asigură un luft nul între organele de lucru și suprafața cilindrică interioară a tobei, înlăturând astfel posibilitatea blocării între acestea a particulelor de material. De asemenea, în acest malaxor se micșorează consumul specific de energie la prepararea amestecurilor, datorită micșorării rezistenței de amestecare, utilizând barele arcuite cu unghiul

de atac mai mic de 90° . Bara arcuită are o rezistență la înaintare prin amestec mai mică datorită faptului că valoarea maximă a rezistenței apare consecutiv pe diferite porțiuni ale suprafeței acesteia, iar la bara cu unghiul de atac egal cu 90° rezistența maximă se manifestă concomitent pe toată suprafața [2]. Malaxorul dat poate fi folosit la prepararea amestecurilor plastice, uscate și semiuscate de diferite tipuri.

În lucrarea dată este prezentată construcția și funcționarea malaxorului cu bare arcuite și răzuitoare elastice longitudinale, fiind descris procesul de divizare de către bare a materialului din tobă în șuvoaie și îmbinării ulterioare a acestora în planuri transversale și longitudinale. De asemenea, sunt prezentate rezultatele cercetării calității amestecării.

Construcția și funcționarea malaxorului [1]. Malaxorul cu bare radiale arcuite și răzuitoare elastice longitudinale (fig. 1) include un corp 1 cu fundul semicilindric, organe de amestecare executate în formă de bare arcuite 2 fixate radial în secții pe arborele 3, bare longitudinale 4 fixate pe barele radiale 2, răzuitoare longitudinale fixate pe capetele barelor 2 și care includ plăci 5, elemente elastice 6 și cuțițe 7 fixate între ele cu șuruburi 8, răzuitoare radiale 9 fixate pe capetele barelor longitudinale 4 și pe arborele 3, suporturi 10, rulmenți 11 în care se sprijină bușele pereților frontali ai corpului 1, rulmenții 12 pe care se sprijină capetele arborelui 3, un mâner 13 fixat pe partea superioară a corpului 1, umere 14 fixate pe suprafața exterioară a corpului 1 și rezemate de ramă.

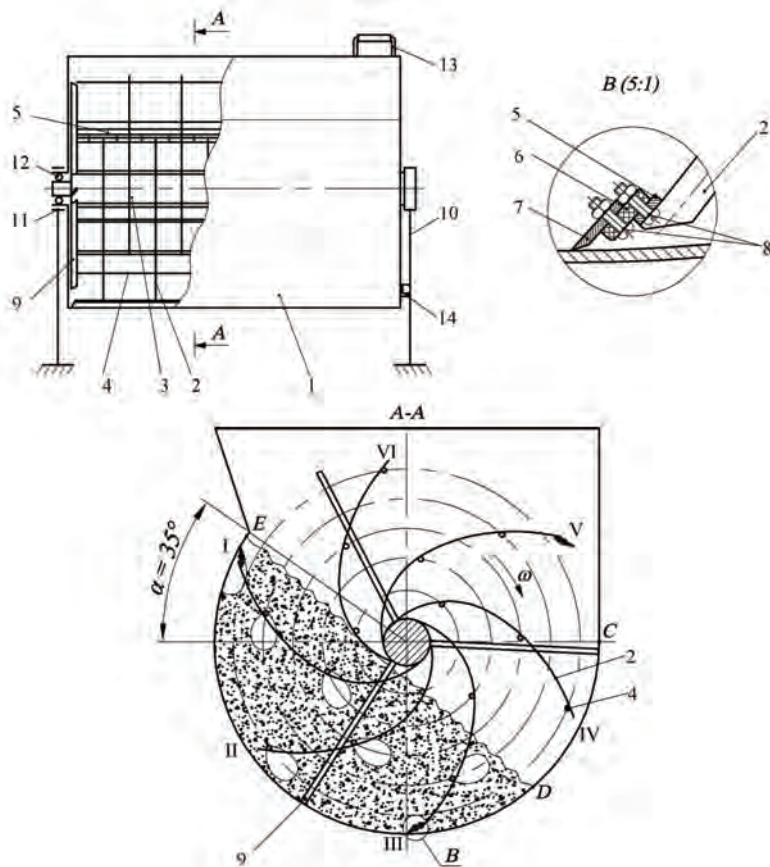


Fig. 1. Schema malaxorului cu acțiune ciclică cu bare radiale arcuite și răzuitoare antiblocare longitudinale:

1 – cuvă; 2 – bară radială arcuită; 3 – arbore; 4 – bară longitudinală; 5 – placă metalică; 6 – element elastic; 7 – cuțit; 8 – șurub;
9 – răzuitor radial; 10 – suport; 11, 12 – rulment; 13 – mâner; 14 – umăr

Malaxorul funcționează în modul următor. La rotirea arborelui 3 (mecanismul de acționare nu este indicat), materialul, turnat în corpul 1, este străpuns de barele radiale 2, barele longitudinale 4, răzuitoarele radiale 9 și longitudinale, și divizat în fluxuri atât în planuri longitudinale, cât și în planuri transversale. Divizarea în fluxuri și îmbinarea lor are loc concomitent în tot volumul materialului.

În procesul funcționării malaxorului, la trecerea cuțitului 7 al răzuitorului longitudinal prin zona CD (fig. 1), datorită razei descrise de acesta, mai mari decât raza interioară a tobei, elementul elastic se îndoaie în direcția deplasării organului de amestecare și astfel asigură alunecarea cuțitului 7 pe suprafața interioară a corpului 1 fără joc radial. La trecerea cuțitului prin zona DE, el se găsește permanent în

contact cu suprafața interioară a corpului 1 datorită acționării forțelor de presare a materialului din față. Astfel, se asigură un joc nul între vârful cuțitului 7 și suprafața interioară a corpului 1 și, ca rezultat, evitarea deplină a blocării particulelor între cuțit și corp.

Procesul de amestecare în planuri radiale și longitudinale. Pentru descrierea procesului de amestecare, analizăm o zonă transversală destul de limitată în spațiu (de exemplu, zona barei radiale I (fig.1), vederea A-A). Prin această zonă trec barele radiale cu barele longitudinale fixate pe ele, materialul practic este în stare statică față de cuvă. Se formează efectul curgerii materialului printre barele radiale și cele longitudinale, însă acesta se află practic în una și aceeași poziție. Numai o parte din particule, situate pe partea frontală a barelor radiale și longitudinale

și a răzuitoarelor, pot să se deplaseze, cu o probabilitate oarecare, în material la distanțe nu prea mari.

Pentru analiza procesului de formare a șuvoaielor în plan transversal, presupunem că materialul nu se deplasează de-a lungul tobei.

La trecerea primului rând longitudinal de bare prin material, între răzuitor și bara longitudinală se formează fluxul α , între două bare longitudinale – fluxul β , și între bara din dreapta și arbore – fluxul γ (fig. 2 a, poziția I).

La trecerea rândului al doilea longitudinal de bare prin această zonă, fluxurile α , β și γ este divizat de către barele longitudinale fiecare în câte două semifluxuri. Deoarece vectorii vitezei semifluxului $0,5\alpha$ din dreapta și vitezei semifluxului $0,5\beta$ din stânga sunt orientați unul față de altul sub un unghi, are loc îmbinarea și amestecarea acestor semifluxuri și se obține fluxul $0,5\alpha, 0,5\beta$. Tot așa se întâmplă și cu semifluxurile alăturate $0,5\beta$ și $0,5\gamma$ – se obține un flux nou $0,5\beta, 0,5\gamma$.

La trecerea rândului al III-lea longitudinal de bare prin zona analizată, semifluxul $0,5\alpha$ este direcționat spre dreapta de către răzuitorul de la capătul acestei bare. Fluxurile $0,5\alpha, 0,5\beta$ și $0,5\beta, 0,5\gamma$ se divizează în câte două semifluxuri $0,25\alpha, 0,25\beta$ și

$0,25\beta, 0,25\gamma$ de către barele longitudinale. Are loc îmbinarea semifluxului $0,5\alpha$ cu semifluxul $0,25\alpha, 0,25\beta$ din stânga și obținerea unui nou flux $0,75\alpha, 0,25\beta$. Se îmbină semifluxul $0,25\alpha, 0,25\beta$ din dreapta cu semifluxul $0,25\beta, 0,25\gamma$ din stânga și se obține un flux nou $0,25\alpha, 0,5\beta, 0,25\gamma$ și, în sfârșit, se îmbină semifluxul $0,25\beta, 0,25\gamma$ din dreapta cu semifluxul $0,5\gamma$ și se obține fluxul $0,25\beta, 0,75\gamma$.

Acest proces de divizare-îmbinare a fluxurilor continuă la trecerea de mai departe a barelor prin această zonă. Observăm (fig. 2 a) că, în procesul divizării-îmbinării, o parte din materialul ce formează fluxul α se deplasează treptat în dreapta zonei analizate și, la trecerea barei a V-a, ajunge până la arbore, apoi începe migrarea în stânga. În același mod, o parte din materialul ce formează fluxul γ se deplasează treptat spre stânga și ajunge la corpul malaxorului, la trecerea barei a V-a prin această zonă, iar apoi începe migrarea spre dreapta. În procesul divizării-îmbinării fluxurilor, materialul fluxului β trece în stânga și în dreapta ajungând până la corpul malaxorului și, respectiv, până la arbore, apoi începe migrația în direcții inverse.

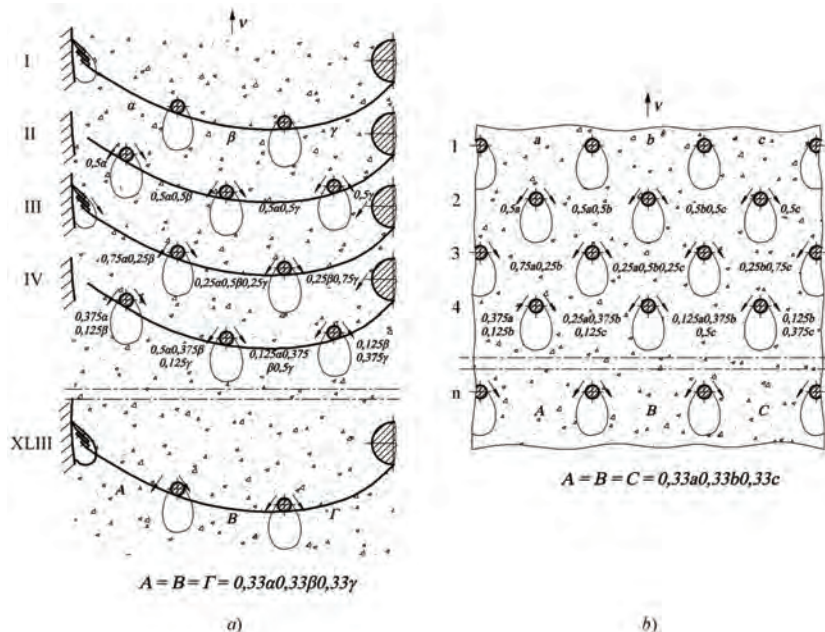


Fig. 2. Schema procesului de îmbinare-divizare a șuvoaielor:
a) în plan transversal; b) în plan longitudinal

La începutul amestecării, conținutul fluxurilor α , β și γ în fluxurile nou formate nu este uniform. Treptat această neuniformitate dispăre și, la trecerea prin zona cercetată a rândului al XLIII-lea longitudinal de bare (numărând de la primul), se obțin fluxurile A, B, Γ , care conțin particule ale fluxurilor inițiale α , β și γ distribuite uniform (fig. 2, a).

Procesul de migrație a particulelor fluxurilor are loc nu numai în zona analizată, ci concomitent în toată secțiunea transversală a tobei. Aceasta contribuie la amestecarea rapidă a materialului în plan transversal, iar dacă luăm în considerare toate secțiunile – în planuri transversale în tot volumul materialului din toabă.

Procesul de amestecare în plan longitudinal este analogic celui descris mai sus și este prezentat schematic în fig. 2, b. Cifra 1 indică primul rând longitudinal de bare radiale, literele a, b, și c indică fluxurile formate la trecerea barelor prin material. Cifrele următoare indică rândurile longitudinale de bare radiale în poziția în care ele trec prin zona primului rând longitudinal de bare, de asemenea, sunt indicate fluxurile formate la trecerea acestor bare.

Datorită divizării-îmbinării fluxurilor, particulele materialului migrează concomitent de la stânga spre dreapta și invers. Procesele de divizare-îmbinare și de migrație au loc concomitent în zonele tuturor rândurilor longitudinale de bare situate în material, ceea ce asigură o amestecare intensivă și omogenă a componentelor amestecului în tot volumul materialului din corpul malaxorului.

Vectorii vitezelor de migrație a particulelor în plan transversal se însumează cu vectorii vitezelor de migrație în plan longitudinal și se obține o deplasare concomitentă a particulelor spre arbore și în dreapta, spre corpul malaxorului și în stânga, și invers.

Cercetarea calității amestecării. Cercetarea calității amestecării s-a efectuat pentru două moduri de așezare a componentelor amestecului în toba malaxorului: în două straturi orizontale, unul deasupra altuia distribuite uniform, (fig. 3, a) și în două straturi verticale amplasate uniform de-a lungul tobei (fig. 3, b).

Scopul cercetării este de a evidenția efectul migrației particulelor amestecului în planuri radiale care se datorează barelor longitudinale.

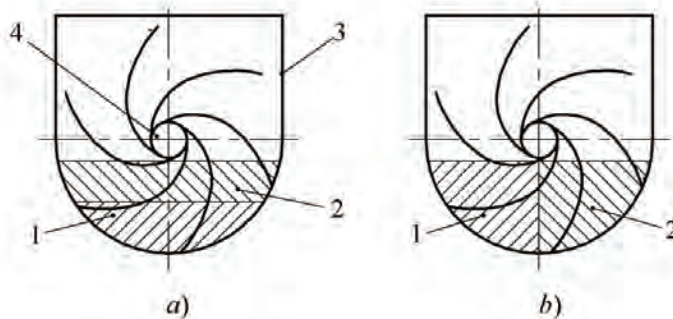


Fig. 3. Schema situării componentelor în toba malaxorului:

a) – două straturi orizontale; b) – două straturi verticale longitudinale.

1 – primul strat; 2 – al doilea strat; 3 – corpul malaxorului; 4 – arborele cu organele de lucru

Cercetările s-au efectuat în malaxorul cu diametrul interior de 300 mm, cu organe de amestecare în formă de bare radiale curbilini cu diametrul de 10 mm, amplasate sub forma unei table de șah pe suprafața arborelui cu pasul longitudinal de 60 mm și unghiul dintre rândurile longitudinale de bare 60°, bare longitudinale, răzuitoare radiale rigide și longitudinale elastice. Numărul minim de bare ra-

diale în rândurile longitudinale $n_{bmin} = 5$ și maxim $n_{bmax} = 6$. Coeficientul de umplere a tobei aprobat este $K_u = 0,40$, în calitate de material pentru amestec s-a luat mazăre cu dimensiunea particulei $a < 7$ mm. Pentru coeficientul de umplere aprobat, volumul total al mazării a constituit 10,08 l, câte 5,04 l în fiecare strat de componente.

Metodica de apreciere a calității amestecării

prevede: unul din straturile de componente să fie compus din particule colorate, iar celălalt strat din particule necolorate. Calitatea amestecului se va aprecia prin determinarea raportului dintre cantitatea particulelor colorate și a celor necolorate într-un anumit volum de amestec cercetat, care trebuie să fie în proporție de 50 la 50. În rezultatul omogenizării amestecului, turația arborelui malaxorului $n = 60$ rot/min.

După un anumit număr de rotații ale arborelui, s-au luat câte patru probe de amestec din patru zone ale tobei malaxorului (fig. 4), cu scopul de a mări precizia măsurărilor. Proba de amestec s-a extras din toabă, în volum de 75 ml. După numărarea particulelor a patru probe, amestecul s-a turnat înapoi în toabă.

Calitatea amestecului se determină cu valoarea medie a cantității de particule colorate P_{col} (în procente) din probă, (media a 16 măsurări din 4 zone diferite). Cu cât valoarea mediei \tilde{x}_m a tuturor măsurărilor este mai aproape de 50% iar deviația medie pătratică S_m a valorii \tilde{x}_m tinde spre minimum, cu atât amestecul se consideră mai omogen.

Din fiecare probă extrasă s-au numărat toate particulele și s-a determinat numărul particulelor colorate și numărul total de particule. Rezultatele experimentelor pentru ambele cazuri cercetate sunt prezentate în mod grafic în fig. 5 și respectiv fig. 6. S-au calculat valorile mediilor $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3$ și \tilde{x}_4 ale cantității de particule colorate din probă, respectiv pentru fiecare zonă de luare a probei, și valoarea medie generală \tilde{x}_m care caracterizează omogenitatea în tot amestecul. S-a calculat și deviația medie pătratică S_1, S_2, S_3, S_4 și S_m a valorilor medii respective.

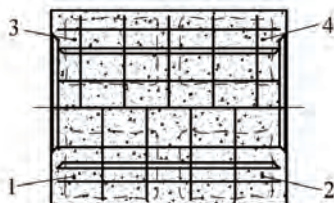


Fig. 4. Zonele tobei malaxorului din care se iau probele (vedere de sus)

Constatăm (fig. 5 și 6) că rezultatele experimentale se caracterizează cu o precizie destul de înaltă,

aceasta explicându-se prin faptul că omogenitatea amestecului între zonele 1 și 2 și respectiv 3 și 4 este aproximativ egală. Curbele mediilor \tilde{x}_2 și \tilde{x}_4 practic se încadrează totalmente în intervalul deviației mediei pătratice a valorii medii \tilde{x}_1 și respectiv \tilde{x}_3 (fig. 5 și 6, a și c) și invers (fig. 5 și 6, b și d).

În al doilea rând, precizia rezultatelor este evidentă din faptul că acestea descriu adecvat procesul de amestecare, la început omogenitatea amestecului crește brusc până la valoarea maximă, apoi se menține constantă în procesul de amestecare ulterior.

Din diagramă (fig. 5, e) observăm că, în cazul situării inițiale a componentelor amestecului în cuva malaxorului în două straturi orizontale, amestecul a devenit omogen după a 6-a rotație a arborelui malaxorului, întrucât valoarea mediei \tilde{x}_m a procentului de particule colorate din probă, care caracterizează omogenitatea în tot amestecul, este egală cu 49,88%, iar abaterea medie pătratică a acestei valori S_m este egală cu 2,47, însă creșterea calității amestecului are loc până la a 9-a rotație, valoarea deviației medii pătratice S_m micșorându-se până la 1,08. La continuarea procesului de amestecare până la a 15-a rotație, calitatea amestecului rămâne practic constantă. Minimizarea valorii coeficientului de variație v a valorii mediei \tilde{x}_m și menținerea constantă a acesteia la continuarea procesului de amestecare, s-a obținut, de asemenea, după a 9-a rotație ($v = 2,14$). Deci, se poate deduce că pentru cazul situării inițiale a componentelor amestecului în cuva malaxorului în două straturi orizontale calitatea maximă a amestecului se atinge după cea de-a 9-a rotație a arborelui malaxorului.

În cazul situării inițiale a componentelor amestecului în două straturi verticale longitudinale, amestecul devine omogen după a 4-a rotație (fig. 6 e) valoarea mediei \tilde{x}_m fiind 50,74%, iar a deviației medii pătratice $S_m = 0,68$. Ulterior, continuând procesul de amestecare până la a 15-a rotație, calitatea amestecului rămâne aproape neschimbată, ceea ce înseamnă că maxima calitate a amestecului s-a obținut după a 4-a rotație.

Valoarea coeficientului de variație a valorii mediei \tilde{x}_m pentru cazul dat este minimă, de asemenea, după a 4-a rotație și constituie 1,34%, rămânând practic constantă la continuarea procesului de amestecare.

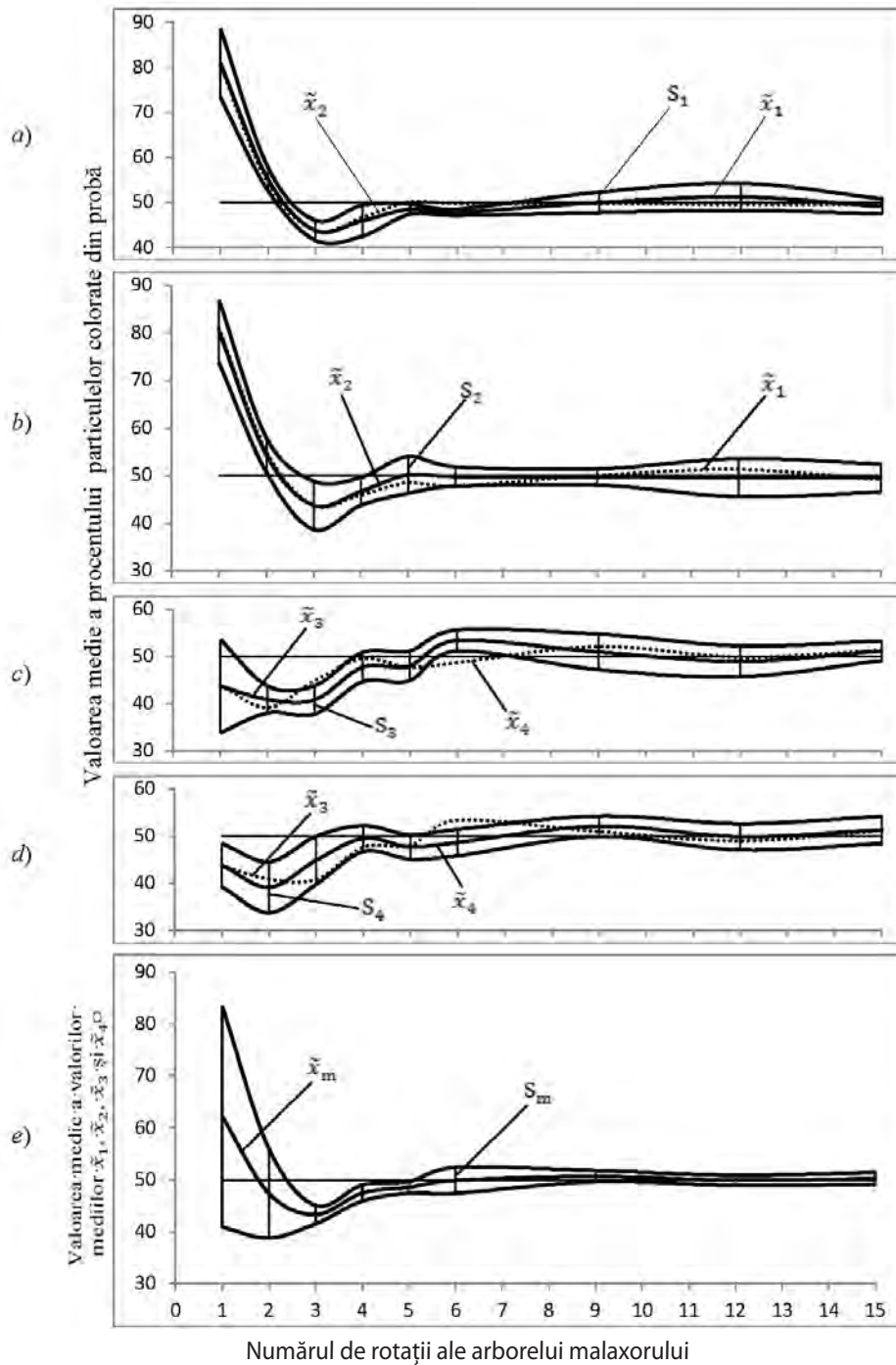


Fig. 5. Dependența valorii medii \tilde{x} și a deviației medii pătratice S de numărul de rotații ale arborelui malaxorului pentru fiecare zonă de luare a probei – a), b), c), d) și pentru tot amestecul – e) (componentele amestecului sunt amplasate în două straturi horizontale)

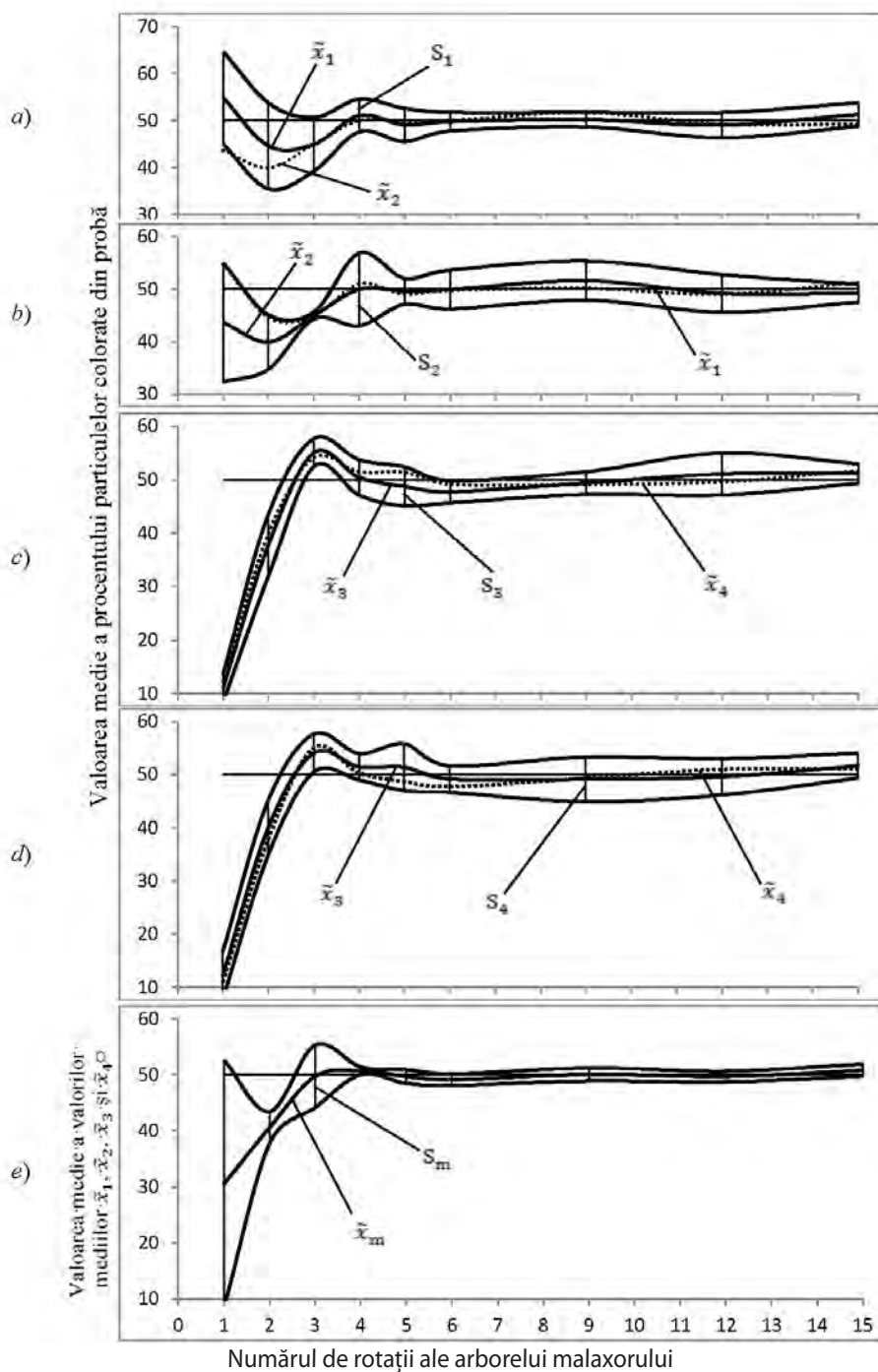


Fig. 6. Dependența valorii medii \tilde{x} și a deviației medii pătratice S de numărul de rotații ale arborelui malaxorului pentru fiecare zonă de luare a probei – a), b), c), d) și pentru tot amestecul – e) (componentele amestecului sunt amplasate în două straturi verticale longitudinale)

Constatăm faptul că și în cazul dat coeficientul de variație descrie adecvat schimbarea calității amestecului în dependență de numărul de rotații ale arborelui malaxorului, demonstrând odată în plus că rezultatele experimentale sunt foarte precise.

CONCLUZII

1. Utilizarea metodei de apreciere a calității amestecului atunci când un strat este alcătuit din 100% de particule colorate, iar celălalt strat – 100% de particule necolorate ne permite să obținem unele rezultate experimentale precise, care pot fi utilizate pentru aprecierea schimbării calității amestecului în dependență de numărul de rotații ale arborelui malaxorului.

2. În cazul situării inițiale a componentelor amestecului în toba malaxorului în două straturi orizontale, calitatea înaltă a amestecului (50% particule colorate și 50% particule necolorate) s-a obținut după șase rotații, iar în cazul situării componentelor în două straturi verticale longitudinale – după 4 rotații ale arborelui malaxorului, fapt care se explică prin modul specific de situare a barelor radiale și longitudinale în spațiul dintre arbore și tobă.

REFERINȚE

1. ANDRIEVSCHI, S., LOZAN, A. *Malaxor cu acțiune ciclică*. Hotărâre pozitivă nr.7356 din 2012.11.12 a AGEPI MD

2. ANDRIEVSCHI, S. Intensificarea procesului de amestecare în malaxoarele cu organe de lucru în formă de bare. Univ. Tehn. a Moldovei. – Ch.: UTM, 2008, 176p. ISBN 978-9975-45-088-1

REZUMAT

Sunt prezentate construcția și funcționarea malaxorului cu bare arcuite și răzuitoare elastice longitudinale. Este descris procesul de divizare de către bare a materialului din tobă în șuvoaie și de îmbinare ulterioară a acestora în planuri transversale și longitudinale. Sunt prezentate rezultatele cercetării calității amestecării.

ABSTRACT

The design and operation of the mixer with arched bars and longitudinal elastic scrapers are presented. It is described the process of division by the bars of the material in the drum in streams and their subsequent combination in transverse and longitudinal planes. Mixing quality research results are presented.