



Digitally signed by  
Biblioteca UTM  
Reason: I attest to the  
accuracy and integrity  
of this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

FACULTATEA URBANISM ȘI ARHITECTURĂ  
CATEDRA CĂI FERATE, DRUMURI ȘI PODURI

*SERGHEI ANDRIEVSCHI*

**INTENSIFICAREA PROCESULUI DE AMESTECARE ÎN  
MALAXOARELE CU  
ORGANE DE LUCRU ÎN FORMĂ DE BARE**

Chișinău  
U.T.M.  
2008

**CZU 693.542.5**

**A 54**

În monografie sunt prezentate construcțiile și principiul de funcționare a malaxoarelor de tip nou cu organe de lucru în formă de bare, teoria procesului de amestecare, rezultatele cercetărilor efectuate bazate pe concepția probabilistico – statistică și metodele statistice de modelare, sunt determinați parametrii geometrici și tehnologici optimați ai malaxoarelor și ai procesului de preparare a amestecurilor de mortar și de beton care asigură o calitate înaltă a produsului și cheltuieli minime de energie.

Lucrarea va fi de folos specialiștilor din activitatea inginerescă de producție, proiectare și cercetare în domeniul mecanic, precum și pentru doctoranzii, masteranzii și studenții specializărilor “Ingineria mecanică în construcție”, “Ingineria materialelor și articolelor de construcție”, “Tehnologia produselor de ceramică și sticlă”.

Recenzenți:

Doctor habilitat în științe tehnice, profesorul universitar Mircea Andriuță;

Doctor habilitat în științe tehnice, conferențiarul universitar Ion Rusu

#### **Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții**

**Andrievschi, Serghei**

Intensificarea procesului de amestecare în malaxoarele cu organe de lucru în formă de bare/  
Serghei Andrievschi; Univ. Tehn. a Moldovei.-Ch.:  
UTM, 2008.- 176p.

Bibliogr. p. 173-175 (59tit.). 100 ex.

ISBN 978-9975-45-088-1

*În cinstea memoriei  
părinților mei  
Parascovia și Petru  
Andrievschi*

## P R E F A Ț Ă

Lipsa surselor energetice proprii în Republica Moldova pune problema, în primul rând, de economisire pe toate căile a energiei și, în al doilea rând, de utilizare a proceselor tehnologice cu minimum consum de energie. Unul din procesele tehnologice cu capacitate mare de absorbție a energiei este prepararea amestecurilor utilizate în diferite domenii ale economiei naționale: construcție, agricultură, industria constructoare de mașini, industria alimentară etc.

Malaxoarele pentru beton și mortar sunt importate din alte țări la un preț foarte mare. Malaxoarele cu amestecare prin cădere liberă a componentelor, ca fiind mai ieftine, se utilizează și pentru prepararea mixturilor care necesită amestecare forțată. Aceasta conduce la majorarea duratei de amestecare și creșterea consumului de energie. Amestecul vârtos de beton se înlocuiește cu amestecul plastic ceea ce conduce la creșterea consumului de ciment și micșorarea rezistenței mecanice, înrăutățirea altor caracteristici ale articolelor fabricate.

Amestecarea componentelor mixturilor uscate, semiuscate, de mortar și de beton care sunt unele din materialele de bază în construcție, proiectarea și confecționarea malaxoarelor se bazează pe principiile tradiționale și anume, pe acțiunea volumetrică a organului de amestecare în formă de paletă asupra mediului de lucru.

Intensificarea proceselor de amestecare, majorarea gradului de omogenizare a amestecului, obținute nu datorită măririi consumului de energie, ci prin utilizarea unui nou principiu de amestecare folosind organe de amestecare în formă de bare, situate untr-un mod optimal în spațiul dintre arbore și suprafața interioară a tobei malaxorului, care asigură în procesul rotirii divizarea forțată a componentelor într-un număr mare de șuvoaie și îmbinarea ulterioară în viteză a lor și repetarea de nenumărate ori a acestor procese, care conduc la migrația particulelor atât în lungul malaxorului cât și în direcție radială în sensuri opuse, sunt foarte actuale, atât pentru industria materialelor și articolelor de construcție, cât și pentru alte domenii ale economiei naționale.

Intensificarea procesului de amestecare conduce la majorarea productivității mașinilor de preparare a amestecurilor fără majorarea puterii lor, micșorarea cheltuielilor specifice de energie, micșorarea parametrilor geometrici ai malaxoarelor cu acțiune continuă, obținerea unui volum de producție mai mare la o unitate de putere a motorului mașinii, micșorarea prețului de cost al articolelor fabricate.

Majorarea gradului de omogenizare a amestecului conduce la majorarea rezistenței mecanice a articolelor fabricate, la micșorarea consumului de lianți, la micșorarea devierii parametrilor mecanici și fizici ai articolelor și majorarea fiabilității lor.

Malaxoarele existente sunt echipate cu organe de lucru în formă de palete, situate sub diferite unghiuri față de direcția de deplasare a lor. În procesul funcționării, paletelile formează șuvoaie de material în interiorul cărora amestecarea nu se produce – toată masa de material din fața paletelor este împinsă înainte sau înainte și lateral. Din această cauză cheltuielile de energie în procesul amestecării sunt neeficiente. Pentru obținerea calității necesare a amestecului, durata de amestecare se majorează semnificativ.

Monografia este dedicată malaxoarelor cu organe de amestecare în formă de bare care asigură intensificarea procesului de amestecare, micșorarea consumului de energie și îmbunătățirea calității amestecului. Aceasta se datorează faptului că în procesul amestecării incontinuu are loc divizarea multiplă a componentelor amestecului în șuvoaie și recombinarea ulterioară a lor, majorarea zonei volumetrice active a organelor de amestecare și excluderea blocării organelor de amestecare.

Sunt analizate procesele de amestecare în malaxoarele pentru prepararea amestecurilor uscate, semiuscate de mortar și de beton echipate cu organe de amestecare în formă de palete. Sunt prezentate principiile de construire a malaxoarelor cu bare și de intensificare a procesului de amestecare, se descriu procesele de amestecare în malaxoarele de tip nou. Sunt aduse

rezultatele cercetărilor teoretice și experimentale ale organelor de amestecare și ale malaxoarelor cu bare, și anume, dependența rezistenței de înaintare a barelor prin mediul de lucru, rezistența de amestecare a malaxorului de parametrii geometrici și tehnologici, analiza interacțiunii barelor cu mediul de lucru, analiza blocării organelor de amestecare și cercetarea influenței aerului dintre capetele barelor și corpul malaxorului asupra rezistenței de amestecare, determinarea productivității malaxorului, cercetarea calității amestecării. Sunt prezentate calculele de rezistență ale elementelor malaxorului cu organe de lucru în formă de bare, calculul eficienței economice a malaxoarelor cu bare.

Autorul își manifestă deosebita recunoștință față de dl Andrei Istru, Director General al Centrului Interdepartamental Științific de Producție "Materiale noi", care este inițiatorul multor direcții noi în tehnologia materialelor de construcție și a utilajului respectiv, dl conf. univ. dr. Victor Ursu, colaboratorul catedrei "Căi ferate, drumuri și poduri", pentru participarea activă la dezvoltarea direcției Malaxoare de tip nou cu organe de amestecare în formă de bare, dl lector superior Valeriu Lungu, pentru aportul adus la cercetarea și promovarea în viață a malaxoarelor cu bare, diplomanții catedrei Sergiu Doni, Ion Popușoi, Eugen Țurcan, Ștefan Usatiuc, Sergiu Diacon, Viorel Iușan, Oleg Spânu, Andrei Daniță și a. care au contribuit cu cercetările efectuate la dezvoltarea acestei direcții.

Mulțumiri deosebite autorul oferă șefului catedrei prof. univ. dr. Mihai Vangheli și prof. univ. dr. hab. Mircea Andriuță pentru atenția acordată zi de zi în rezolvarea problemelor științifice.

## C U P R I N S

PREFAȚĂ.....	4
1. Analiza construcțiilor malaxoarelor și a procesului de amestecare .....	6
1.1. Clasificarea malaxoarelor cu palete .....	6
1.2. Organe de amestecare .....	8
1.3. Procesul de amestecare.....	8
1.4. Analiza cantitativă a șuvoaielor în malaxoarele cu palete.....	11
2. Malaxoare cu organe de amestecare în formă de bare .....	17
2.1. Principii de elaborare a malaxoarelor și de intensificare a procesului de amestecare.....	17
2.2. Intensificarea procesului de amestecare și omogenizare .....	38
3. Rezistența la înaintare a barei prin mediul de lucru.....	50
3.1. Tehnologia preparării amestecurilor – sistem stocastic compus.....	50
3.2. Metodica cercetării și aparatul utilizat.....	51
3.3. Metodica de optimizare a procesului de amestecare.....	54
3.4. Studiul procesului de înaintare a barei prin mediul de lucru.....	57
3.5. Influența parametrilor constructivi și tehnologici asupra rezistenței de amestecare.....	59
4. Interacțiunea barelor cu mediul de lucru.....	84
4.1. Bare situate într-un rând longitudinal pe suprafața arborelui .....	84
4.2. Bare situate pe suprafața arborelui pe o linie elicoidală .....	89
4.3. Rezistența de amestecare în malaxorul pentru mortar.....	91
4.4. Rezistența de amestecare a malaxorului funcție de lungimea lui.....	98
5. Blocarea organelor de amestecare.....	103
5.1. Procesul blocării.....	103
5.2. Unghiul de blocare și luftul optimal dintre capătul barei și suprafața tobei.....	105
5.3. Rezistența la înaintare a barei funcție de luftul dintre capătul ei și suprafața tobei.....	116
5.4. Grosimea zonei de material acționat de organul de amestecare.....	119
6. Productivitatea malaxoarelor .....	123
6.1. Raportul dintre diametrul arborelui malaxorului și diametrul interior al tobei.....	123
6.2. Grosimea stratului de material din tobă funcție de coeficientul de umplere.....	124
6.3. Nomograma pentru determinarea volumului geometric al tobei.....	130
6.4. Durata ciclului de preparare a amestecului.....	131
6.5. Productivitatea malaxorului funcție de parametrii geometrici ai tobei.....	132
7. Calitatea amestecării.....	137
7.1. Metodica de apreciere a calității amestecării. ....	137
7.2. Calitatea amestecării în malaxoarele cu acțiune ciclică.....	138
7.3. Calitatea spumei utilizată la prepararea betoanelor celulare.....	141
7.4. Calitatea amestecării compozițiilor cu materiale fibroase.....	144
8. Consumul de energie în procesul malaxării.....	146
8.1. Energia specifică de malaxare.....	146
8.2. Puterea necesară pentru transportarea amestecului în lungul malaxorului.....	147
8.3. Puterea necesară pentru amestecarea componentelor.....	147
8.4. Puterea necesară pentru rotirea tobei rezemate pe role.....	149
9. Calcule de rezistență ale elementelor malaxorului.....	151
9.1. Studiul forțelor malaxoarelor cu tobă basculantă și amestecare forțată.....	151
9.2. Calculul barei.....	157
9.3. Calculul arborelui.....	159
10. Evaluarea eficienței economice a malaxoarelor cu organe de amestecare în formă de bare.....	163
10.1. Domeniile de utilizare.....	163
10.2. Gama de dimensiuni.....	166
10.3. Calculul eficienței economice.....	167
Concluzii generale.....	168
Bibliografie.....	172

## BIBLIOGRAFIE:

1. Шарапов И.К. Исследование лопастных бетоносмесителей непрерывного действия. Автореферат докторской диссертации.- М.: 1962.
2. Мартынов В.Д. Исследование рабочих органов растворосмесительных машин. Автореферат докторской диссертации.- М.: 1962.
3. Михэйлеску Шт. Исследование некоторых вопросов, касающихся бетоносмесителей турбинного действия. Автореферат докторской диссертации.- М.: 1966.
4. Королёв К.М. Интенсификация приготовления бетонной смеси. –М.: Стройиздат, 1976. – 145 р.
5. Dr.ing. Valeriu V. Jinescu. Utilaj tehnologic pentru industria de proces. Vol.4. Maşini pentru industrii de proces. Fiabilitatea utilajului tehnologic. Bucureşti, Editura Tehnică, 1989.-410 pag.
6. Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование: Справочник для строит. спец. вузов и инж.-техн. работников. – М.: Высш. шк.,1991.-456 с.
7. Мартынов В.Д. и др. Строительные машины и монтажное оборудование/ В.Д. Мартынов, Н.И. Алешин, Б.П. Морозов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
8. Португальский Л.М., Воронов В.И., Бредулеа В.Г. Бетоносмеситель СБ – 146. – Строительные и дорожные машины, 1983, №9, с.18-19.
9. Королев К.М. Передвижные бетоно-растворосмесители и бетононасосные установки. –М.: Высш. шк., 1986. – 215 с.
10. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Учеб. для строительных вузов и факультетов. –М.: Высш. школа, 1971. – 382 с.
11. Вознесенский В. А. Статистические решения в технологических задачах. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ,1969. – 232 с.
12. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1984. – 672 с.
13. Строительные машины. Справочник. В 2-х т. Под ред. д-ра техн.наук Баумана В.А. и инж. Лапира Ф.А.. Т.2. Оборудование для производства строительных материалов и изделий. Изд. 2-е, перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1977. – 496 с.
14. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1970. -488 с.
15. Строительные машины. Справочник. В 2-х т. Под ред. д-ра техн.наук Баумана В.А. и инж. Лапира Ф.А.. Т.1. Машины для строительства промышленных, гражданских, гидротехнических сооружений и дорог. Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Машиностроение,1976. – 502 с.
16. Бетоносмеситель СБ-138. Рекламный лист Международной выставки. – М.: Внешторгиздат, 1982.
17. Андриевский С.П., Урсу В.Н., Лунгу В.Н. Гравитационный смеситель. А.С. СССР №1583156. Бюл.№ 29 от 07.08.90.
18. Андриевский С.П., Урсу В.Н., Истру А.Б., Сандуца В.И., Лунгу В.Н. Гравитационный смеситель. А.С. СССР № 1755908. Бюл. № 31 от 23.08.92.
19. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu. Malaxor. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.641, BOPI nr.12/96, 31.12.1996.
20. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu. Malaxor cu gravitație. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.656, BOPI nr.1/97, 31.01.1997.
21. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu. Malaxor cu acțiune continuă. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.482, BOPI nr.10/96, 31.10.1996

22. Андриевский С.П., Лунгу В.Н., Истру А.Б. Смеситель. Патент СССР № 1799289. Бюл. № 8 от 28.02.93.
23. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu. Malaxor cu acțiune ciclică. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.479, BOPI nr.10/96, 31.10.1996
24. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu. Malaxor. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.655, BOPI nr.1/97, 30.01.1997.
25. Andrievschi Serghei, Danița Andrei. Malaxor cu acțiune ciclică. Cerere de brevet de invenție al Republicii Moldova nr. depozit a 2007 0185, data depozit 2007-07-02.
26. Андриевский С.П., Урсу В.Н., Сандуца В.И., Истру А.Б., Смеситель непрерывного действия. А.С. СССР № 1641407. Бюл. № 14 от 15.04.91.
27. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu. Malaxor cu amestecare forțată. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.480, BOPI nr.10/96, 31.10.1996.
28. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu. Malaxor. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.547, BOPI nr.5/96, 31.05.1996.
29. Техника статистических вычислений. Митропольский А.К. – М.: Наука, 1971.- 576 с.
30. Andrei Tudor, Gheorghe Prodan, Cornel Muntean, Radu Moțoiu. Durabilitatea și fiabilitatea transmisiilor mecanice. – București: Editura Tehnică, 1988. -254 pag.
31. Mihăilescu Ș., Goran V., Bratu P. Mașini de construcții. Vol.3. Construcția, calculul și încercarea mașinilor pentru lucrări de beton și mortar. Coordonator: prof. dr. ing. Ștefan Mihăilescu. Editura Tehnică, București, 1986, 243 pag.
32. Ștefan Mihăilescu. Mașini de construcții și pentru prelucrarea agregatelor. București. Editura Didactică și Pedagogică, 1983, 506 pag.
33. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов.-М.: Наука, 1965. -340 с.
34. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях.-М.: Статистика, 1974. -192 с.
35. Вознесенский В., Ляшенко Т.. ЭС-Модели в компьютерном строительном материаловедении.-Одесса: Астропринт, 2006.-116 с.
36. Длин А.М. Математическая статистика в технике. М.: Советская наука, 1958.-466 с.
37. Prof. dr. ing. Heinrich Segall. Mașini de ridicat și de transportat pentru construcții:Instalații de transport continuu. Institutul de Construcții București, 1988, - 214 pag.
38. Каталог планов второго порядка/Голикова Т.И., Панченко Л.А., Фридман М.З. –М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1974. -387 с.
39. Андриуцэ М.Д. и др. Совершенствование земляных работ в нефтегазопромысловом строительстве/М.Д.Андриуцэ,А.П.Холмогоров,В.Н.Урсу; науч.-произ.строит.об-ние «Запсибнжнефтегазстрой». –Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1990, - 200 с.
40. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Издание восьмое. –М.: Наука, 1966,-872 с.
41. Саакян С.С. Сельскохозяйственные машины. –М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1962. -328 с.
42. I.I.Artobolevschi. Teoria mecanismelor și a mașinilor. Traducere din limba rusă. Chișinău: Știința, 1992, - 605 pag.
43. Florin Teodor Tănăsescu, Valerius Stanciu, Smaranda Nițu, Constantin Nițu. Agenda tehnică. –București: Editura Tehnică, 1990. -624 pag.
44. Бетоносмеситель принудительного действия МС-711. Паспорт МС 711.00.00.000ПС. ПКТИ ТЕХСТРОЙПРОЙЕКТ, Кишинёв, 1992.
45. Справочник металлиста. В 5-и т. Т.2. Под ред. А.Г.Рахштадта и В.А.Брострема. –М.: Машиностроение, 1976. -720 с.
46. Сапожников М.Я. и др. Механическое оборудование предприятий строительных материалов:Атлас конструкций. Уч. пособие для вузов по специальности «Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций» /З.Г.Гиберов,



- М.Я.Сапожников,С.Г.Силенок. Под ред. М.Я.Сапожникова. –М.: Машиностроение, 1978,-112 с.
47. Воронцов-Вельяминов Н.П., Шагинов Д.Л.,Петров Н.М. Строительные машины. Альбом чертежей. –М.: Госстройиздат, 1961.
48. Сапожников М.Я. и др. Механическое оборудование для производства строительных изделий. Учебник для вузов. Под общей ред. М.Я.Сапожникова. –М.:Госстройиздат, 1958,-556 с.
49. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет. Учебник для вузов. Изд. 2-е, доп. И переработ. Л.: Машиностроение (Ленинград. Отд-ние), 1976, - 472 с. На обороте тит. л. авт.: Н.Я.Хархута и др.
50. Миллер Р. Сердечные приступы и методы их предупреждения/ Пер. с английского Г.И.Рыбаковой.- М.: КРОН-ПРЕСС, 1996.-256 с.
51. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu, Izbândă Anotolice. Malaxor. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.2423C2, BOPI nr.4/2004, 30.04.2004.
52. Королёв К.М. Производство бетонной смеси и растворов. - М.: Высш.шк.,1970, - 368 с.
53. Prof. univ.Dr.Ing. Polidor Bratu. Mașini de terasamente. Concept de performanță. Chișinău: U.T.M., 1995, - 96 pag.
54. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины: Учеб. пособие для машиностроительных вузов.-3-е изд., перераб. –М.: Машиностроение, 1983.-487 с.
55. Andrievschi Serghei, Lungu Valeriu. Malaxor cu acțiune ciclică. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.2301 B2, BOPI nr.11/2003, 2003.11.30.
56. Dobronravov V.V. ș.a. Curs de mecanică teoretică:[Man. Pentru studenții școlilor superioare tehnice]/V.V. Dobronravov, N.N. Nichitin, A.L.Dvornicov; Trad. Din l. Rusă: G. Coman și E. Marinciuc. –Ch.: Lumina, 1970. -660 pag.
57. Краткий справочник к расчетам деталей машин. Гузенков П.Г. –М.: Высш. Школа, 1967, -312с.
58. Справочник по сопротивлению материалов/Е.Ф. Винокуров, М.К.Балыкин, И.А.Голубев и др.-Мн.: Наука и техника, 1988.-464с.