



UNIVERSITATEA “*TRANSILVANIA*“ DIN BRAȘOV  
FACULTATEA DE MECANICĂ  
CATEDRA DE MECANICĂ FINĂ ȘI MECATRONICĂ

Ing. Mihai Eugen MĂNESCU

CERCETĂRI TEORETICE ȘI  
EXPERIMENTALE PRIVIND OPTIMIZAREA  
FUNCȚIONĂRII SISTEMELOR DE DOZARE

- *rezumatul tezei de doctorat* -

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL  
RESEARCHES REGARDING THE  
OPTIMIZATION OF DOSING SYSTEMS

- *abstract of the PhD. thesis* -

Conducător științific:  
prof. dr. ing. Luciana CRISTEA

Brașov, 2010

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII ȘI INOVĂRII**  
**UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV**  
Brașov, B-dul Eroilor, nr. 29, 500036, tel. 0040-268-413000, fax. 0040-268-410525,  
RECTORAT

Către.....

Vă aducem la cunoștință că în ziua de **Vineri, 29 ianuarie 2010, ora 11.30, în corpul M, sala M.P.1**, la Facultatea de Inginerie Mecanică, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată „Cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea funcționării sistemelor de dozare”, elaborată de ing. Mihai MĂNESCU, sub conducerea științifică a prof. univ. dr. ing. Luciana CRISTEA, în vederea obținerii titlului științific de DOCTOR în domeniul fundamental ȘTIINȚE INGINEREȘTI, domeniul INGINERIE MECANICĂ.

Componența COMISIEI DE DOCTORAT  
numită prin  
Ordinul Rectorului Universității Transilvania din Brașov  
nr. 3801 din 09.10.2009

PREȘEDINTE:	Prof. univ. dr. ing. Anghel CHIRU Decan al Facultății de Inginerie Mecanică Universitatea Transilvania din Brașov
CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:	Prof. univ. dr. ing. Luciana CRISTEA Universitatea Transilvania din Brașov
REFERENȚI :	Prof. univ. dr. ing. Nicolae ALEXANDRESCU Universitatea Politehnică din București
	Prof. univ. dr. ing. Vistrian MĂȚIEȘ Universitatea Tehnică Cluj Napoca
	Prof. univ. dr. ing. Adrian DUMITRIU Universitatea Transilvania din Brașov

Aprecierile și observațiile dumneavoastră asupra conținutului tezei pot fi transmise pe adresa Catedrei de Mecanică fină și Mecatronică, Strada Vlad Tepeș nr.16, 500092, tel/fax +40 268-416352, e-mail: memanescu@yahoo.com.

## Cuprins

	<b>T</b>	<b>R</b>
<b>Introducere</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>1. Stadiul actual privind construcția și funcționarea dozatoarelor pentru solide granulate</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
1.1 Clasificarea metodelor de dozare	7	6
1.2 Analiza factorilor care influențează dozarea	10	6
1.3 Aspecte generale privind sistemele de dozare pentru materialele solide în vrac	11	7
1.4 Concluzii	21	
<b>2. Obiectivele tezei</b>	<b>23</b>	<b>9</b>
<b>3. Contribuții teoretice privind procesele de dozare a materialelor solide în vrac</b>	<b>25</b>	<b>9</b>
3.1 Studiul privind caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor solide granulate depozitate în vrac	25	10
3.2 Modelarea curgerii materialelor granulate pe jgheabul vibrator	40	10
3.3 Optimizarea secțiunii de curgere a cuvei standului experimental	44	12
3.4 Optimizarea preciziei de dozare	48	13
3.5 Concluzii	58	18
<b>4. Analiza și contribuții la alegerea soluțiilor tehnice pentru sisteme de control automate utilizate în cadrul dozatoarelor cu vibrații</b>	<b>60</b>	<b>19</b>
4.1 Analiza și alegerea sistemelor de calcul	60	19
4.2 Analiza comparativă a familiilor de microcontrolere folosite pentru automatizarea sistemelor de dozare	61	
4.3 Analiza elementelor de acționare utilizate în construcția standului experimental	62	19
4.4 Mișcarea vibratorie și componentele ei	66	19
4.5 Traductoare de vibrații și accelerații folosite pentru analiza comportării standului experimental	68	21
4.6 Cercetări privind construcția și proiectarea surselor de alimentare liniare	76	
4.7 Implementarea algoritmilor PID pentru optimizarea procesului de dozare	82	21
4.8 Concluzii	93	29
<b>5. Cercetări experimentale privind analiza influenței sistemului de automatizare asupra calității procesului de dozare</b>	<b>95</b>	<b>30</b>
5.1 Descrierea generală a standului de cercetare	95	30
5.2 Structura mecanică a standului	96	31
5.3 Diagrama de funcționare a standului	99	33
5.4 Circuitele electronice alese pentru automatizarea standului	101	34
5.5 Schema electrică a plăcii centrale	101	34
5.6 Optimizarea circuitului convertor analogic digital AD7730BN	107	36
5.7 Izolarea modului de calcul față de modulul de comandă al etajelor de putere pentru evitarea semnalelor parazite.	112	38
5.8 Determinarea frecvențelor de lucru ale vibrotransportorului	113	39
5.9 Programarea microcontrolerului ATmega8535 pentru automatizare	116	
5.10 Analiza rezultatelor experimentale și concluzii în urma comparării cu alte sisteme existente	116	42
<b>6. Concluzii generale. Contribuții personale. Modul de valorificare a rezultatelor și direcții viitoare de cercetare</b>	<b>122</b>	<b>45</b>
<b>Bibliografie</b>	<b>136</b>	<b>53</b>

## Semnificația principalelor simbolurilor și a notațiilor

Semnificația simbolurilor:

$A_{fu}$  – aria secțiunii stratului de material împins de melcul dozator.

$\dot{m}$  – debitul de dozare.

$e$  – factorul de umplere.

$f_c$  – rezistența materialului în vrac.

$S_f$  – amplitudinea vibrațiilor (partea liberă).

$S_a$  – amplitudinea vibrațiilor (partea de lucru).

$\alpha_a$  – unghiul de așezare.

$\alpha_c$  – unghiul de curgere.

$\alpha_M$  – unghiul de taluz natural.

$\rho_m$  – densitatea materialului în vrac  $\rho_m$ .

$\rho$  – densitatea materialului în vrac la vibrații  $\rho$ .

$\rho_p$  – compresibilitatea materialului în vrac sub presiune  $\rho_p$ .

$\Phi_e$  – unghiul de frecare efectiv dintre particule  $\Phi_e$ .

$\Phi_p$  – unghiul de frecare cu un perete.

$\Phi_i$  – unghiul de frecare intern.

$ff_c$  – coeficientul de curgere.

$\rho_{mv}/\rho_m$  – valoarea curgerii.

$\rho_r$  – densitatea reală.

Semnificația abrevierilor

PWM – Pulse Width Modulation (semnal modulat în lățimea impulsurilor).

PID – Sistem care realizează controlul în buclă închisă al unui proces ținând cont de modificarea celor trei parametri ai erorii: proporțional, integrativ și derivativ.

PI – Sistem care realizează controlul în buclă închisă al unui proces ținând cont de modificarea a doi parametri ai erorii: proporțional și integrativ.

P – Sistem care realizează controlul în buclă închisă al unui proces ținând cont de modificarea termenului proporțional al erorii.

## Index de termeni

- Actuator – sistem pentru comanda sau reglarea unor procese, pe baza unor semnale provenite de la senzorii ce măsoară anumiți parametri fizici.
- Curgere aven – curgere tip pâlnie cu pereți abrupti
- Coeziv – care leagă, unește – Din fr. *Cohésif* (sursa <http://dexonline.ro/>).
- Controler – circuit complex și logica aferentă operării în condiții optime a unui echipament periferic – Din engl. Controller. (sursa <http://dexonline.ro/>).
- Dezaerare – acțiunea de a dezaera și rezultatul ei. (sursa <http://dexonline.ro/>).
- Dezaera – a lipsi de aer prin evacuarea acestuia.
- Dozarea prin radiație a fluxului de material – denumită uneori eronat „cântărirea nucleară”, este procedeul de dozare bazat pe fenomenul de absorbție a radiației de către materialul expus astfel determinându-se încărcarea specifică a benzii transportoare.
- Material coeziv – care aderă la suprafețe, dezvoltă podiri.
- Material curgător – care curge neconținut. (sursa <http://dexonline.ro/>).
- Melc helix – transportor flexibil elicoidal fără ax.
- Podiri coezive – formarea de zone solide datorită coezivității materialului.
- Podiri mecanice – oprirea curgerii materialului în zona unei secțiuni de curgere datorită dimensiunilor mari ale granulelor în comparație cu secțiunea.
- Punte de măsurare – mijloace de măsurare a căror funcționare se bazează pe metoda de zero (compensație) și se utilizează, cu precădere, la măsurarea rezistențelor dar nu numai.
- A segrega (*despre elementele componente ale unor materiale sau substanțe*) – A se separa prin diferite procese fizice, chimice sau biologice.
- Sistem de dozare cu sustragere – sistem de dozare care calculează masa de material dozat utilizând pierderea de masă a buncărului.
- Șnec – Transportor pentru materiale pulverulente sau în formă de pastă, format dintr-un arbore prevăzut cu o paletă elicoidală. – Din germ. Schnecke. (sursa <http://dexonline.ro/>).
- Unghiul de taluz  $\alpha_M$  – este un indicator important în ce privește frecările interne și caracteristica de curgere a materialului, reprezintă unghiul maxim al pantei pe care-l formează suprafața liberă a unui material granulat cu planul orizontal.

## Introducere

Dozarea poate fi definită ca fiind procedeul de fracționare după o anumită regulă a unei cantități de material, în porții, operație care va fi făcută în condiții specificate de domeniul concret de aplicație.

În funcție de material și gradul de compactare al acestuia, precum și de diferitele soluții tehnice utilizate în măsurare, respectiv de diferitele principii de funcționare, sistemele de porționare se pot numi dispozitive de dozare, sisteme de dozare și măsurare compuse din ansamble de măsurare / dozare precum și instalații de dozare. Dispozitivele de dozare reprezintă părți importante ale procesului de automatizare. Ansamblele de dozare sunt o combinație de diferite dispozitive de dozare, iar instalațiile de dozare pot cuprinde mai multe componente cu dispozitive de dozare. [4]

Teza de doctorat „Cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea funcționării sistemelor de dozare” își propune să realizeze cercetări teoretice și experimentale asupra comportării sistemelor de dozare a materialelor solide în vrac și să asigure generarea de structuri optimizate, bazate pe controlul în buclă închisă a parametrilor funcționali, cu asigurarea creșterii substanțiale a preciziei de dozare. Abordarea unei asemenea tematici a constituit o provocare științifică pentru care a fost necesară în primul rând sistematizarea, sintetizarea și corelarea cunoștințelor din domeniul ingineriei mecanice, a ingineriei electrice și a informaticii în puncte de pornire în investigațiile propuse. Tehnicile utilizate cuprind un domeniu extins, de la sisteme clasice, la algoritmi complecși care implementează controlul automat în buclă închisă (PID) din domeniul sistemelor de reglare automată.

Teza de doctorat este structurată pe șase capitole în care, după ce se face o analiză a stadiului actual al sistemelor de dozare, sunt prezentate și justificate în mod amănunțit soluții privind optimizarea sistemelor de dozare printr-un control inteligent al proceselor.

În primul capitol, „Stadiul actual privind construcția și funcționarea dozatoarelor pentru solide granulate” s-a realizat un studiu asupra tehnologiilor de dozare existente.

Studiul a fost structurat pe patru subcapitole:

- Clasificarea metodelor de dozare;
- Analiza factorilor care influențează dozarea;
- Aspecte generale privind sistemele de dozare pentru materialele solide în vrac;
- Concluzii.

Pe parcursul acestui capitol s-a urmărit:

- evidențierea metodelor de dozare pentru diferite tipuri de materiale;
- clasificarea factorilor de influență pentru procesele de dozare;
- prezentarea celor mai noi sisteme de dozare;
- structurarea elementelor și proceselor ce stau la baza sistemelor de dozare.

În capitolul 2 „Obiectivele tezei” se precizează direcțiile de cercetare fundamentale pentru găsirea unei soluții cât mai eficiente în privința optimizării proceselor de dozare.

În capitolul 3 „Contribuții teoretice privind procesele de dozare a materialelor solide în vrac” sunt atinse următoarele aspecte:

- Modul de calcul și clasificarea celor mai importanți parametri pentru operația de dozare.
- Studiul privind caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor solide granulate depozitate în vrac.
- Unghiul de taluz natural.
- Capacitatea de curgere a materialelor solide în vrac.
- Curgerea și caracteristica buncărelor de alimentare a dozatoarelor.
- Modelarea curgerii materialelor granulate pe jgheabul vibrator.
- Optimizarea secțiunii de curgere a cuvei standului experimental.
- Optimizarea preciziei de dozare.

Capitolul 4 „Analiza și contribuții la alegerea soluțiilor tehnice pentru sisteme de control automate utilizate în cadrul dozatoarelor cu vibrații” prezintă studiul teoretic efectuat pentru alegerea soluțiilor tehnice în vederea construirii standului experimental cuprinzând următoarele etape:

- alegerea sistemului de calcul;
- analiza elementelor de acționare;
- analiza tractoarelor de vibrații;
- proiectarea surselor de alimentare pentru circuitul de putere și a celui de control;
- crearea algoritmului pentru testarea și optimizarea proceselor de dozare;

#### 4 Cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea funcționării sistemelor de dozare

- elaborarea concluziilor teoretice de care trebuie ținut cont în vederea fabricării sistemelor de dozare.

Capitolul 5 „Cercetări experimentale privind analiza influenței sistemului de automatizare asupra calității procesului de dozare” cuprinde descrierea amănunțită a pașilor care au dus la realizarea fizică a standului de încercări și efectuarea testelor care au avut ca scop formularea concluziilor finale.

Acest capitol prezintă aspecte legate de:

- sistemul de producere a vibrațiilor, mecanismul de schimbare a unghiului jgheabului vibrator, sistemul transportor;
- scheme și cablaje electronice concepute pentru îmbunătățirea performanțelor;
- software-ul celor două aplicații pe microcontroler și computer.

Capitolul 6 „Concluzii generale. Contribuții personale. Modul de valorificare a rezultatelor și direcții viitoare de cercetare” prezintă concluziile studiilor teoretice și experimentale cu avantajele și dezavantajele soluțiilor propuse în această teză, modul în care au fost valorificate rezultatele și direcțiile noi de cercetare care vor fi urmărite în continuare.

Noutatea tezei de doctorat constă într-o abordare diferită referitoare la optimizarea sistemelor de dozare. Abordările până în momentul de față s-au bazat pe studierea curgerii materialelor în funcție de anumiți parametri pentru găsirea unor soluții standard aplicate în condiții diferite de utilizare. Abordarea studiului prezentat a fost făcută din prisma autoreglării (autoadaptării) în timp real, a sistemului propus, la modificarea parametrilor care influențează procesul de dozare.

Cercetările științifice efectuate asupra temei și domeniilor adiacente ei, care s-au întins pe o perioadă de patru ani, s-au materializat prin unele rezultate valorificate prin publicații în reviste de specialitate de diverse categorii, prin cărți și contracte de cercetare, care se structurează în felul următor: **1** lucrare științifică în ISI Journal; **5** lucrări științifice în ISI proceedings; **3** lucrări științifice în conferințe internaționale cu comitet de program; **9** lucrări în reviste de specialitate fără cotație ISI; **1** carte în curs de publicare; **7** contracte de cercetare, în total **18** titluri și **7** contracte de cercetare.

Rezultatele teoretice și experimentale ale cercetărilor dezvoltate în prezenta teză de doctorat deschid noi orizonturi de cercetare în dezvoltarea sistemelor automate de dozare și în general în sisteme de control inteligent. Dintre numeroasele cercetări ce vor fi abordate în viitor se pot menționa: Elaborarea unor soluții combinate între studiul existent și tehnologia multihead, care să satisfacă atât criteriul performanță cât și preț; Implementarea rezultatelor pozitive obținute în acest studiu în soluții industriale; Optimizarea timpului de răspuns al sistemului de control, ceea ce duce la necesitatea obținerii unei rezoluții mai ridicate; Utilizarea algoritmilor folosiți în studiu și în alte sisteme de dozare care funcționează pe alte principii (sisteme de dozare cu melc sau cu bandă transportoare).

Teza de doctorat „Cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea funcționării sistemelor de dozare” reprezintă rezultatul cercetărilor întreprinse de către autor pe parcursul a patru ani, cu sprijinul științific și logistic al unui număr important de persoane, cărora doresc să le mulțumesc și le datorez toată recunoștința mea.

Mulțumesc în mod deosebit referenților care au analizat prezenta lucrare și au contribuit astfel ca teza de doctorat să prezinte un nivel științific ridicat.

Doresc să mulțumesc în mod deosebit conducătorului științific, doamna prof. univ. dr. ing. Luciana CRISTEA pentru permanenta îndrumare și pentru exigența manifestată atât în cercetările întreprinse, cât și în redactarea prezentei teze de doctorat și a lucrărilor științifice.

Tot pe această cale doresc să mulțumesc colectivului de cadre didactice de la Catedra de Mecanică fină și Mecatronică precum și conducerii Departamentului de cercetare Sisteme Mecatronice Avansate pentru accesul neîngrădit la aparatura din dotare.

Aceleași gânduri bune și gratitudine pentru prof. univ. dr. ing. ROȘCA Călin – mulțumiri pentru sfaturile și ajutorul acordat.

Mulțumirile și recunoștința se îndreaptă și către familia mea care m-a sprijinit moral și material insuflându-mi optimism și putere de muncă pe tot parcursul activității de cercetare și elaborare a prezentei lucrări.

## Capitolul 1

### Stadiul actual privind construcția și funcționarea dozatoarelor pentru solide granulate

În contextul avântului tehnologic pe care l-au avut liniile de fabricație industriale, mai ales din punct de vedere al creșterii puterii de calcul și al automatizării, etapa de dozare ocupă un rol important în cadrul proceselor industriale. În condițiile automatizării complete s-a urmărit perfecționarea proceselor de dozare din punct de vedere al timpului și preciziei de dozare.

Dozarea și ambalarea pot fi realizate în flux continuu, fie că se face dozarea în ambalaj confecționat în prealabil, pentru recipientii metalici sau din sticlă, fie că dozarea precede, la un interval de timp foarte scurt, confecționarea ambalajului (de exemplu, pentru produsele ambalate în folii sau în cutii din materiale plastice) [2].

În diferitele operații cu caracter tehnologic, materiile prime și auxiliare se introduc în cantități calculate și dozate, conform rețetelor de fabricație. Sistemele pentru dozare pot fi: gravimetrice, volumetrice, nivelmetrice.

Pentru produsele solide, în stare granulară sau pulverulentă, se utilizează de regulă dozarea gravimetrică. Mașinile sau dispozitivele de dozare care funcționează după acest principiu, au în componența lor sisteme de cântărire care determină cu precizie cantitatea de produs.

Pentru produsele lichide se folosesc dozatoare volumetrice. Acestea cuprind, în prealabil, un volum de produs egal cu cel al recipientului în care urmează a fi ambalat și pe care îl eliberează în momentul umplerii. Deoarece volumul lichidelor variază în limite largi cu temperatura, modificând densitatea acestora, produsul ambalat variază cantitativ între anumite limite. Pentru ca dozarea să fie cât mai precisă, se impune ca temperatura de lucru a acestor mașini să fie constantă [2].

Produsele cu o configurație geometrică regulată (circuite integrate, piese auto etc.), se dozează cu ajutorul mașinilor cu numărător (contor), care lucrează mecanic, electromagnetic sau foto-electric.

Operația de dozare nu este independentă în procesul de fabricație al produselor, ci se integrează în procese tehnologice diverse, astfel încât rezultatul operației nu apare distinct ci cumulat în produsul final rezultat. Ca urmare, calitatea dozării influențează direct calitatea produsului final.

Pentru definirea operației de dozare sunt necesare:

- cunoașterea volumului ce urmează a fi porționat;
- stabilirea unui parametru de control;
- transportarea produsului.

Problema dozării este rezolvată doar dacă cele trei cerințe sunt îndeplinite (figura 1.1) [4].

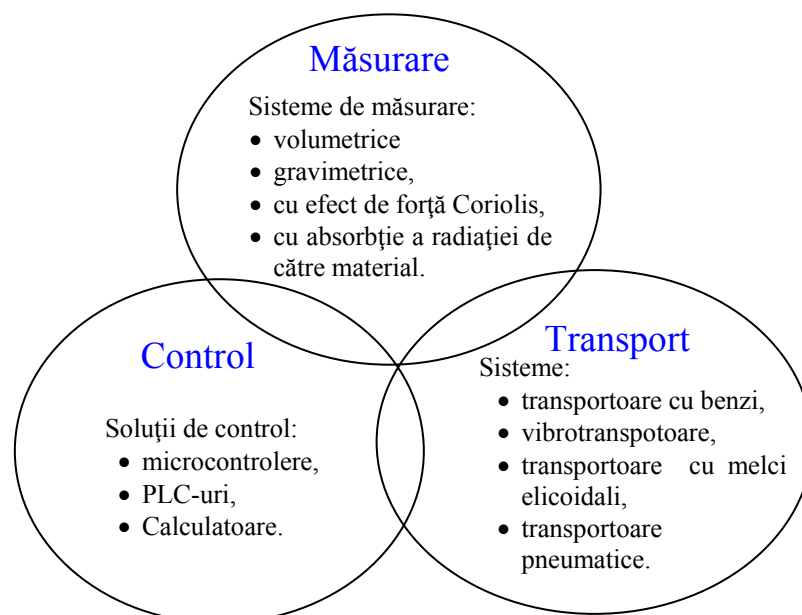


Figura 1.1 Procesele de dozare gravimetrice cuprind etapele de: măsurare, transport și control.

## 1.1 Clasificarea metodelor de dozare

Dozarea vizează întotdeauna masa materialului în vrac, astfel încât, sustragerea cantitativă de material este asociată cu determinarea masei de material, chiar dacă metoda în sine se bazează pe volumul de material sustras.

Sistemele de dozare au ca scop porționarea masei de material, definindu-se două clase principale de procedee de dozare:

- Procedee de dozare prin măsurarea debitului de material;
- Procedee de dozare la care metoda de măsurare a debitului de material ține cont de alți parametri cum ar fi nivelul de umplere a unor volume, forța Coriolis, absorbția radiațiilor [4].

### 1.1.1 Procedee de dozare prin contorizarea debitului de material

Procedeele automate de dozare prin analizarea masei sau a volumelor de material pot fi clasificate în funcție de modul de funcționare în:

- procedee de dozare cu funcționare discontinuă la care se realizează dozarea în șarje cu controlul debitului secvențial de material măsurat;
- procedee de dozare cu funcționare continuă la care se realizează controlul permanent al masei de material supusă dozării.

Dozarea discontinuă poate fi executată lin sau grosier prin aproximarea unui interval de timp ce depinde de controlul debitului de material dar și prin aranjamente de dozări continue [4].

### 1.1.2 Procedee de dozare prin determinarea masei materialului dozat

În cazul acestor procedee, tehnicile de cântărire utilizate determină indirect masa prin efectele date de masă cum ar fi: inerția, impulsul, absorbția radiației și transportul căldurii [4].

Cele mai precise metode sunt cele gravimetrice, deoarece singura lor valoare măsurată este forța de greutate (acelerația gravitațională este o constantă locală). Aplicația se extinde la materialele în vrac și fluide, de la câteva grame la mii de tone pe șarja măsurată. Cântărirea este efectuată prin adăugare sau prin sustragere de volum.

Dozarea prin radiație a fluxului de material în vrac, denumită uneori eronat „cântărirea nucleară”, se bazează pe fenomenul de absorbție a radiației de către materialul expus determinându-se astfel încărcarea specifică a benzii transportoare. Calibrarea este necesară pentru fiecare tip de material dozat. Această metodă se pretează pentru curgeri mari de material, cum se întâlnesc în instalațiile cu transportoare cu benzi, dar nu este potrivită pentru cântăriri datorită preciziei limitate [47].

## 1.2 Analiza factorilor care influențează dozarea

Comportarea materialelor în timpul procesului de dozare este influențată de numeroși parametri. Aceștia pot modifica funcționarea și productivitatea dozatoarelor. Experimentele practice și teoretice s-au axat, în ultimii ani, pe examinarea efectelor impactului acestor parametri de influență asupra curgerii materialelor. Astfel s-a arătat că acești parametri interferează între ei, accentuându-și influența asupra procesului de dozare [3].

Studiul analizei influenței parametrilor de lucru asupra operației de transport în funcție de necesarul de putere s-a concretizat prin rezultate sub forma unor diagrame.

Factorii de influență ai procesului de dozare pot fi împărțiți în trei grupe principale:

- parametri constructivi;
- parametri de lucru;
- parametri legați de materialul dozat.

Cercetările efectuate de Rehkugler G. E. [45], Fehlauer B. și Ertl S. [29] prezintă o privire de ansamblu asupra valorilor de influență a unor parametri.

Parametrii ce pot influența funcționarea dispozitivelor de dozare sunt:

- debitul sau rata de dozare;
- sensibilitatea;
- timpul de răspuns;
- temporizarea operației;
- caracteristica de răspuns a frecvenței;
- precizia dozării sau reproductibilitatea ei.



### 1.3 Aspecte generale privind sistemele de dozare pentru materialele solide în vrac

Dispozitivele de dozare care folosesc separarea volumică pentru dozarea solidelor în vrac porționează sau transportă volume de produs din cuva de alimentare în recipientii de ambalare sau în alte zone ale procesului tehnologic de producție. Cantitatea extrasă este reproductibilă, iar viteza de transport poate fi reglată în concordanță cu necesitățile de producție. Astfel, după principiul de separare al volumelor se poate face o clasificare între sistemele de dozare volumetrice ce folosesc volume de separare definite (de exemplu dozatoare cu: disc cu cupe, camere, piston) și dozatoare ce dozează prin formarea de straturi de material (dozatoare cu vibrații, cu bandă, cu caneluri, cu melci elicoidali) [47].

#### 1.3.1 Dozatoarele cu vibrații

Funcționarea dozatoarelor cu vibrații se bazează pe efectul de „micro – aruncare” a particulelor de material antrenate de către jgheabul vibrator într-o mișcare de avans. Antrenarea prin vibrații se poate face prin diferite metode, dar cel mai utilizat procedeu este cel printr-un rotor cu excentric care este înclinat între  $20^\circ$  și  $45^\circ$  față de orizontala jgheabului vibrator [10].

Parametrii importanți ce influențează dozarea prin vibrații sunt: frecvența vibrațiilor și amplitudinea lor, unghiul dintre stimul și axa excentricului, precum și proprietățile solidului în vrac (dimensiunea, forma și distribuția particulelor și frecarea dintre particule, între acestea și jgheabul transportor). În general, toate tipurile de solide în vrac ce nu sunt coezive se pot doza cu precizie prin dozatoarele cu vibrații (Coeziv – care leagă, unește – Din fr. *Cohésif*).

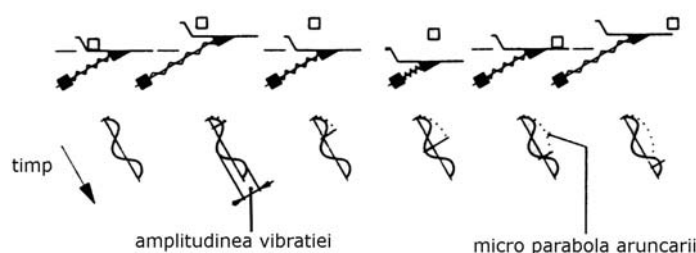


Figura 1.7 Schema procesului de transport cu vibrații prin fenomenul de micro – aruncare.

O condiție esențială pentru alegerea tipurilor de solide în vrac ce pot fi dozate cu dozatoarele cu vibrații, este ca acestea să nu fie ușor fluidizabile și să nu se dezaereze ușor (a dezaera – a lipsi de aer prin evacuarea acestuia). Dozatoarele cu vibrații (și cele ce generează straturi) nu pot să oprească curgerea la un moment dat, iar atunci când are loc fluidizarea excesivă a materialului acesta poate curge fără control. Datorită frecvenței de stimulare ridicate (25...100 Hz), materialul dozat nu prezintă pulsații la curgerea din jgheabul vibrator. În momentul încheierii unei operații de dozare, felul în care se oprește materialul din curgere după oprirea instalației determină eroarea de dozare dar și metoda de îmbunătățire a preciziei șarjelor. Astfel, se poate utiliza o clapetă de oprire a materialului ce poate stopa complet sau doar parțial fluxul de curgere în momentul opririi instalației.[47]

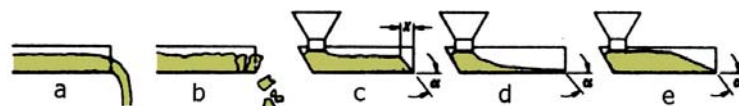


Figura 1.8 Descărcarea materialului după oprirea instalației. a – curgere tip avalanșă; b – curgere cu bucăți dar limitată; c – curgere normală; d – curgere limitată caracteristică pulberilor coezive; e - curgere normală data de unghiul de taluz natural.

Pentru capacități mici de dozare se folosesc în special sistemele magnetice de vibrare care au o formă compactă și sunt ușor de controlat [47].

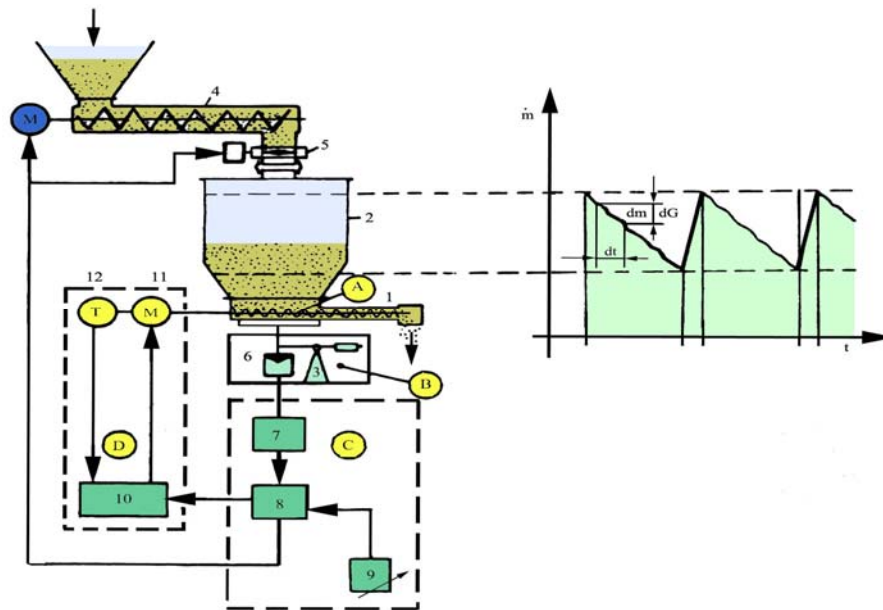
Alte principii de generare a vibrațiilor sunt bazate pe sisteme de tip bielă - manivelă antrenate de un motor sau pe vibratoare cu motor neechilibrat, metode folosite mai rar pentru dozare, dar destul de frecvent utilizate la transportoarele cu vibrații.

Sistemele magnetice de generare a vibrațiilor sunt sisteme foarte compacte și sunt folosite fie ca vibratoare libere, fie ca elemente de ghidare cu suspensii, acestea funcționând în condiții de rezonanță, cu o energie de stimulare mai sigură și mai mică.

Dozatoarele magnetice prezintă siguranță în exploatare, uzuri și mentenanță scăzute, perioade scurte de pornire sau oprire, control facil și un transport lin al materialelor dozate [21].

### 1.3.2 Tipuri constructive de dozatoare gravimetrice

Dezvoltarea dozatoarelor prin sustragere de masă ca dispozitive de cântărire și dozare pe cale inversă (este cântărită masa pâlniei de alimentare spre deosebire de metodele directe la care se măsoară masa de material dozat), a adus un progres important în tehnologia dozatoarelor gravimetrice. Prin această metodă se pot doza materiale deosebit de coezive sau lipicioase cu diferite caracteristici de curgere. Au o precizie bună pe termen lung chiar și pentru cantități mici ce variază de la 30 kg/h până la câteva grame pe oră. Este deci posibil să se efectueze procese continue prin adăugarea unor cantități mici de aditivi, stabilizatori și catalizatori.[47]



**Figura 1.14 Dozator cu melc prin sustragerea de greutate;** A – melcul de dozare; B – dispozitivul de cântărire; C – sistemul de control al melcului de dozare; D – sistem pentru melcul dozator. 1 – dozator; 2 – pâlnia de alimentare conectată la un dispozitiv de reumplere; 3 – sistemul de cântărire; 4 – dispozitivul de reumplere; 5 – supapă de închidere a reumplerii; 6 – celula de cântărire; 7 – dispozitivul de control al semnalului de diminuare a greutății; 8 – microcontrolerul de comandă; 9 – blocul prin care se face stabilirea valorii de intrare; 10 – sistemul de control al motorului de antrenare a melcului de dozare; 11 – motor de antrenare; 12 – contor pentru măsurarea turațiilor.[47]

Principiul de bază în funcționarea unui dozator cu sustragere de greutate este prezentat în figura 1.14. Dozatorul 1 cu pâlnia de alimentare 2 este susținut sau suspendat pe sistemul de cântărire 3. Dozatorul și pâlnia de alimentare au conexiuni flexibile la zonele de admisie și evacuare a materialului ce se dozează. Dispozitivul de reumplere 4, cu supapa 5, umple dozatorul și pâlnia de alimentare până la un nivel superior  $G_{max}$ . Celula de cântărire 6 măsoară greutatea în mod regulat, la intervale mici de timp (câteva fracțiuni de secundă), iar când dispozitivul de reumplere s-a oprit și supapa 5 s-a închis, dozatorul, prin sustragerea masei de material existent stabilește debitul efectiv de material ce trebuie să fie evacuat pentru a se îndeplini doza prescrisă pentru dozator. După compararea cu valoarea stabilită (dată de panou sau introdusă prin interfața 9), controlerul 8 reglează sistemul de antrenare 11 al melcului de dozare prin controlerul motorului 10 astfel încât debitul de dozare stabilit să fie tot timpul menținut la o valoare constantă. Contorul de turații 12 trimite semnalul cu turația motorului pentru a se menține setarea exactă și a se putea monitoriza precis procesul [1].

Imediat ce nivelul minim  $G_{min}$  este atins, supapa 5 este deschisă și dispozitivul de reumplere 4 este conectat pe o viteză constantă și începe reumplerea dozatorului 1. După obținerea nivelului maxim, controlerul gravimetric de dozare se repornește. În timpul reumplerii se calculează cantitatea totală de dozare. Se pot efectua între 10 și 20 de reumpleri pe oră, iar timpul de reumplere nu trebuie să depășească mai mult de 10 – 20% din timpul total de dozare. Frecvența reumplerilor poate afecta ușor precizia globală a sistemului.

## Capitolul 2

### Obiectivele tezei

Inițierea prezentei teze de doctorat se datorează în primul rând importanței pe care o are pe plan mondial etapa de dozare în diferite domenii economice cum ar fi: industria alimentară, industria farmaceutică, industriile prelucrătoare și agricultură. În urma analizei stadiului actual al sistemelor de dozare existente s-a conturat obiectivul de bază al tezei: studierea în amănunt a sistemelor de dozare a materialelor solide în vrac.

În cadrul analizei s-au avut în vedere cei mai importanți factori de influență care caracterizează procesele de dozare: viteza și precizia de dozare. Studiile existente prezentate în capitolul “Stadiul actual privind construcția și funcționarea dozatoarelor pentru solide granulate” sunt concentrate asupra preciziei de dozare. Acest aspect a dus la realizarea de sisteme de dozare cu o precizie ridicată și cu o viteză care ar putea fi îmbunătățită. Debitul de dozare al sistemelor existente poate avea doar două trepte, această schimbare a vitezei de dozare asigurând o un rezultat al dozării în limitele acceptate.

Ținând cont de aceste aspecte, s-au conturat obiectivele generale și cele punctuale ale tezei de doctorat, după cum urmează:

- Realizarea unui studiu complex privind stadiul actual al cercetării în domeniul sistemelor de dozare prin identificarea metodelor și procedeele de dozare;
- Realizarea modelării analitice a anumitor ansambluri și procese din sistemul de dozare pornind de la:
  - analiza complexă privind curgerea materialelor;
  - determinarea vibrațiilor perturbatoare care apar în sistem și eliminarea lor;
- Dimensionarea sursei de alimentare a etajului de putere al circuitului electronic;
- Analiza avantajelor și dezavantajelor sistemelor de dozare existente și proiectarea unui instrument de optimizare a procesului de dozare, acest lucru implicând realizarea unui stand experimental pe care să se testeze mai multe metode noi de creștere a randamentului procesului de dozare;
- Analiza posibilităților de optimizare a sistemului de dozare prin testarea anumitor dispozitive hardware cum ar fi:
  - clapeta rapidă de închidere în vederea opririi rapide a curgerii materialului în cuva de alimentare;
  - subsistemul de reglare a unghiului jgheabului vibrator (pe parcursul procesului de dozare) pentru a influența viteza de curgere a materialului astfel încât la pornirea sistemului debitul să fie mare micșorându-se treptat până la încheierea procesului;
  - testarea și optimizarea unor algoritmi noi de control în buclă închisă care să realizeze un control riguros al procesului de dozare asigurând atât viteza cât și precizia dorită;
- Efectuarea analizei asupra elementelor componente ale sistemelor de dozare și alegerea soluțiilor potrivite;
- Achiziția și analiza datelor experimentale în scopul optimizării sistemului de dozare considerat, precum și restructurarea părții electronice și a software-ului implementat în sistem;
- Enunțarea concluziilor finale și identificarea direcțiilor viitoare de cercetare.

## Capitolul 3

### Contribuții teoretice privind procesele de dozare a materialelor solide în vrac

Proprietățile caracteristice materialelor solide depozitate în vrac, în special cele care influențează curgerea și densitatea, sunt esențiale pentru aplicațiile din dozarea materialelor. Materialele granulare bune curgătoare (care nu dezvoltă podiri), vor umple spațiile de sustragere din dozatoare, dezvoltând pante și perturbări ale curgerii prin compactare, într-o manieră diferită față de lichide, care vor umple fără greutate și complet spațiile.

### 3.1 Studiul privind caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor solide granulate depozitate în vrac

În funcție de forma lor, se pot distinge două tipuri de particule: particule uniforme (cu forme sferice) și particulele neuniforme (fibroase, cu forme plate etc.). Solidele în vrac, granulare și uniforme de obicei nu sunt coezive, ci elastice și tind să formeze podiri mecanice (oprirea curgerii materialului în zona unei secțiuni de curgere datorită dimensiunilor mari ale granulelor în comparație cu secțiunea).

Solidele în vrac necoezive (liber curgătoare), sunt caracterizate prin densitatea materialului în vrac, prin unghiul de frecare intern și unghiul de frecare cu o suprafață (perete). Dacă se evaluează efortul unitar tangențial cu diagrama Mohr [88], punctul de pornire a curgerii și cel de staționare sunt echivalente.

Solidele în vrac coezive necesită parametri de caracterizare suplimentari:

- densitatea materialului în vrac pentru teste de compresiune sau vibrații;
- rezistența la compresiune uniaxială pentru calculul anvergurii podirilor de material;
- unghiul de frecare efectiv dintre particule și unghiul de frecare cu pereții pentru proiectarea buncărelor de alimentare.

Solidele în vrac ce pot fi fluidizate prin antrenarea de aer (de exemplu în timpul umplerii), prezintă scăderi ale forțelor coezive conducând la un comportament similar cu cel al substanțelor lichide. După eliberarea aerului din material forțele coezive se vor restabili în forma ei inițială. Unele materiale solide în vrac necesită aproximativ 30 de secunde sau până la câteva ore pentru eliberarea aerului din material [45].

Caracteristicile materialelor solide în vrac, de care trebuie să se țină cont în procesele de dozare sunt, în principal, următoarele:

- mărimea și forma particulei; distribuția dimensională a particulelor;
- umiditatea materialului;
- unghiul de așezare  $\alpha_a$ , unghiul de curgere  $\alpha_c$ , unghiul de taluz natural  $\alpha_M$ ;
- densitatea materialului în vrac  $\rho_m$  și la vibrații  $\rho_{mv}$ ;
- compresibilitatea materialului în vrac sub presiune  $\rho_p$ ;
- capacitatea de fluidizare ;
- unghiul de frecare efectiv dintre particule  $\Phi_e$  și unghiul de frecare cu un perete  $\Phi_p$ ;
- unghiul de frecare intern  $\Phi_i$ ;
- coeficientul de curgere  $ff_c$  și valoarea curgerii  $\rho_{mv}/\rho_m$ ;
- rezistența materialului în vrac  $f_c$ ;
- adezivitatea, abrazivitatea, corozivitatea, fragilitatea, explozivitatea;
- combustibilitatea, gradul de prăfuire, aderența, hidroscoopia;
- toxicitatea [18].

### 3.2 Modelarea curgerii materialelor granulate pe jgheabul vibrator

Vibrația jgheabului vibrator poate fi considerată o vibrație armonică. Calculul forței care acționează asupra jgheabului se face folosind următoarea ecuație:

$$F(t) = F_0 \sin \omega t \quad (3.3)$$

$$F_0 = m \cdot l \cdot \omega^2 \quad (3.4)$$

În care:

$$m = 0.02[kg]$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

$$l = 0.04[m]$$

$$n = 20[Hz]$$

$$F_0 = 12.63[N] \quad (3.5)$$

Dacă se notează cu  $x$  coordonata deplasării, legea vibrației poate fi scrisă sub formă de funcție în modul următor:

$$s(t) = \sin(\omega \cdot t + \phi) \tag{3.6}$$

Valoarea funcției  $s(t)$  este elongația.

Argumentul  $\theta = \omega \cdot t + \phi$  este faza ce se măsoară în radiani, iar  $\phi$  este faza inițială (la momentul  $t=0$ ).

Valoarea  $\omega$  derivată în raport cu timpul a fazei, este pulsația vibrației (frecvența circulară) care se măsoară în rad/s.

$$\omega = \frac{d}{dt} \phi \tag{3.7}$$

Legile vitezei și accelerației în mișcarea vibratorie armonică se pot scrie în felul următor:

$$v = s_0 \omega \cos(\omega t) \tag{3.8}$$

$$v_0 = s_0 \omega \tag{3.9}$$

$$a = -s_0 \omega^2 \sin(\omega t) \tag{3.10}$$

$$a_0 = -s_0 \omega^2 \tag{3.11}$$

Frecvența  $f$  de oscilație a vibratorului este dată de relația cunoscută:  $f = \omega / 2\pi$ .

Dacă valoarea amplitudinii accelerației  $a_0$  se raportează la accelerația gravitațională  $g$ , se obține caracteristica mașinii  $K_M$ , dată de relația:

$$K_M = \frac{a_0}{g} = \left| \frac{s_0 \omega^2}{g} \right| \tag{3.12}$$

În figura 3.10 sunt reprezentate forțele care acționează asupra unei particule în momentul funcționării sistemului vibrator.

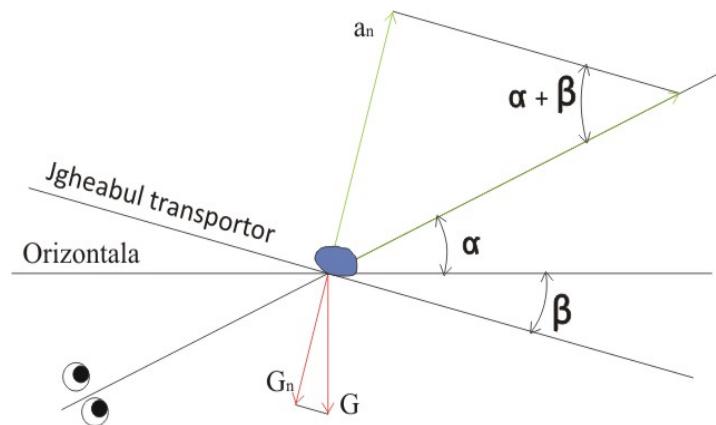


Figura 3.10 Reprezentarea forțelor și geometria jgheabului vibrator

Deoarece direcția mișcării oscilatorii este înclinată cu unghiul  $\alpha$  în raport cu suprafața de transport componentele orizontale ale elongației  $s_h$  și accelerației  $a_h$  sunt:

$$s_h = s \cos \alpha \quad a_h = a \cos \alpha \tag{3.13}$$

iar componentele pe direcție verticală sunt date de relațiile:

$$s_v = s \sin \alpha \quad a_v = a \sin \alpha \quad (3.14)$$

În figura 3.11 sunt trasate graficele următoarelor funcții care caracterizează sistemul vibrator:

- $s(t)$  funcția armonică de deplasare a jgheabului vibrator;
- $v(t)$  viteza de deplasare a jgheabului vibrator;
- $a(t)$  accelerația jgheabului vibrator;
- $ss(t)$  deplasarea particulei;
- viteza particulei.

Calculul amănunțit precum și trasarea graficului au fost realizate în programul MathCad.

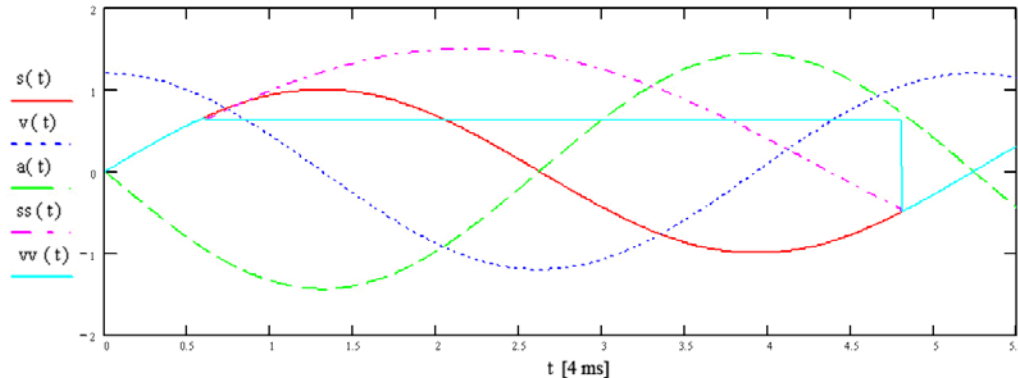


Figura 3.11 Reprezentarea grafică a funcțiilor care caracterizează mișcarea particulelor și a standului vibrator.

Ținând seama de unghiul  $\beta$  de înclinare a suprafeței de transport în raport cu orizontala, caracteristica mașinii reprezintă caracteristica de aruncare  $K_w$  care se exprimă în funcție de caracteristica mașinii  $K_M$  prin relația:

$$K_w = K_M \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \quad (3.15)$$

### 3.3 Optimizarea secțiunii de curgere a cuvei standului experimental

#### 3.3.1 Analiza fenomenelor ce produc legături între particulele din interiorul unui buncăr

Fenomenele ce produc legături între particulele de material în vrac, depind de caracteristicile fizico-mecanice ale materialului, de forma și tipul buncărului.

Materialul solid în formă de vrac depozitat în buncăre este caracterizat de următorii parametri: densitate, unghiul de frecare cu peretele buncărului  $\Phi_p$ , unghiul intern de frecare  $\Phi_i$ , și unghiul de taluz natural  $\alpha_M$ . Unii dintre acești parametri ce caracterizează materialele solide în vrac se determină experimental și oferă informații importante privind modelarea formei buncărelor pentru asigurarea unor condiții optime de depozitare și evacuarea materialelor solide în vrac.

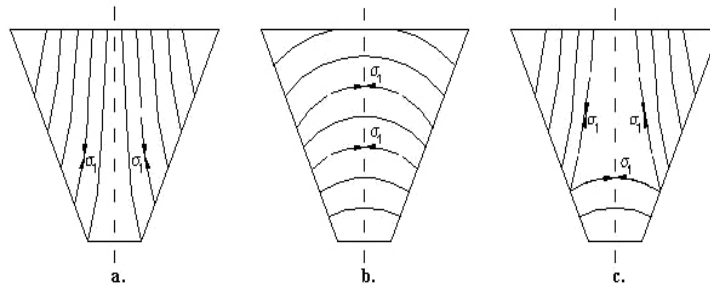


Figura 3.13 Schema reprezentării traiectoriei principalelor forțe ce acționează în materialul solid în vrac în timpul umplerii și descărcării acestuia din buncărul de alimentare.

a – starea activă a forțelor din material în timpul umplerii; b – starea pasivă a forțelor din material în faza de repaus; c – forțele ce acționează în material în momentul descărcării acestuia din buncărul de alimentare. [8]

Curgerea materialului din cuva de alimentare în zona de preluare a melcului, trebuie să nu fie afectată de coezivitate sau de boltirea mecanică. În aceste condiții trebuie determinate dimensiunile stabile ale podirilor coezive în funcție de rezistența la compresiune a solidului în vrac  $f_c$ , densitatea reală  $\rho_r$  și constanta gravitațională  $g$ .

$$d_B \approx \frac{f_c}{\rho_p \cdot g} \quad (3.19)$$

În care:  $d_B$  este diametrul boltirii,  $f_c$  este rezistența la compresiune,  $\rho_p$  este densitatea materialului,  $g$  este constanta gravitațională.

Există mai multe soluții constructive de dispozitive pentru agitare și toate au ca scop îmbunătățirea curgerii materialelor din cuva de alimentare, curgere ce este adesea limitată de forma constructivă a melcilor dozatori care face ca maximum de material preluat să fie la primul pas al spirei melcului. Acest efect poate fi în parte atenuat folosind dispozitive de agitare care să poată uniformiza curgerea de material ce este preluată de melcul dozator.

În cazul de față s-au făcut teste cu un material granulat bun curgător ale cărui proprietăți sunt prezentate mai jos:

$$f_c = 255 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2 \quad \text{rezistența la compresiune a materialului.}$$

$$\rho_p = 650 \cdot 10^3 \text{ g/m}^3 \quad \text{densitatea materialului}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \text{acelerația gravitațională}$$

Conform formulei și caracteristicile materialului diametrul boltirii este de  $d_b \approx 0.04 \text{ m}$ .

În figura 3.17 este prezentată caracteristica de variație a diametrului boltirii în funcție de densitatea și rezistența la compresiune a materialelor.

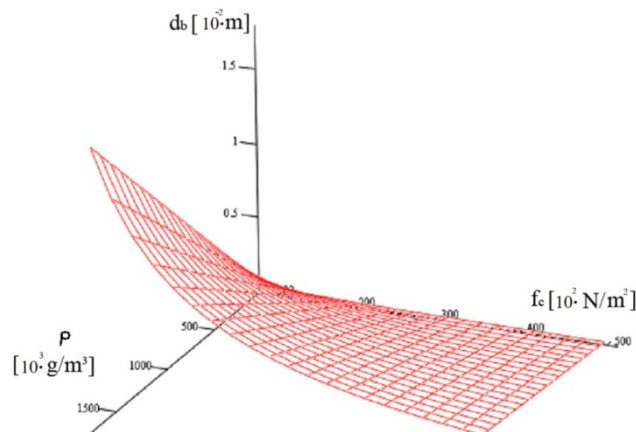


Figura 3.17 Caracteristica diametrului boltirii în funcție de densitate și rezistența la compresiune.

## 3.4 Optimizarea preciziei de dozare

### 3.4.1 Aspecte generale

Termenul de precizie a dozării se referă la abaterea maximă permisibilă de la valoarea stabilită pentru cantitatea de material dozat. În principal, este un parametru de calitate cu privire la relațiile dintre producător și utilizator sau în cazul în care procesul de dozare este o etapă din fabricarea unui produs, calitatea acestuia depinde direct de precizia de dozare a materialelor conținute. În tehnica măsurării se referă la limita de eroare a dozării și a impreciziei de dozare.

### 3.4.2 Optimizarea preciziei de dozare folosind standul experimental

Precizia standului de dozare este influențată de construcția fizică a sistemului. În capitolul 4 „Analiza și contribuții la alegerea soluțiilor tehnice pentru sisteme de control automate utilizate în cadrul

dozatoarelor cu vibrații” au fost prezentate în detaliu motivele care au stat la baza soluțiilor tehnice pentru construcția standului.

Standul experimental este echipat cu un modul de procesare a datelor a cărui bloc central este microcontrolerul Atmega8535. Acesta comunică prin interfața serială de tipul SPI (Serial Peripheral Interface) cu circuitul AD7730. Circuitul AD7730 este specializat pentru realizarea conversiei semnalului analogic primit de la marca tensiometrică PW6CC3MR. Avantajele principale ale acestui circuit sunt: precizia bună datorită microprocesorului intern care este capabil să realizeze operații pe 24 biți, registre de filtrare a semnalului și costul scăzut. Dezavantajul principal este dat de sensibilitatea la factorii externi perturbatori cum ar fi: frecvența industrială, vibrațiilor, surselor de unde electromagnetice.

Această sensibilitate a necesitat un studiu atent de proiectare și optimizare a părții electronice a sistemului. În figura 3.23 este prezentat semnalul perturbat la pornirea sursei de putere în condiția în care elementele de acționare nu sunt cuplate.

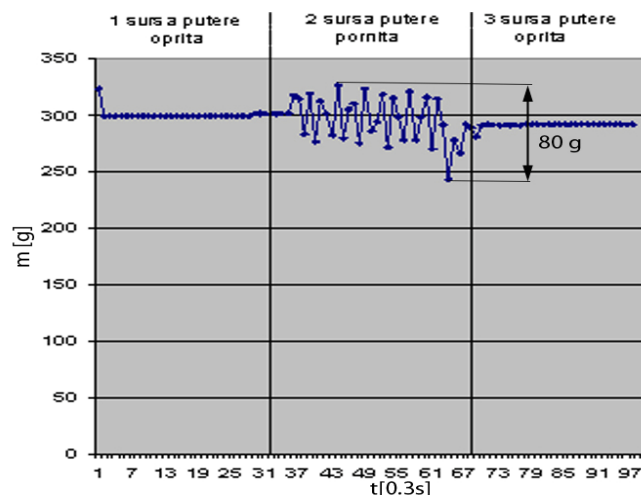


Figura 3.23 Impactul sursei de putere asupra conversiei analog digitale de la senzor.

Se constată că la pornirea sursei de tensiune a etajelor de putere apar perturbații care duc la erori de măsurare. Testările au arătat că valoarea maximă a erorilor de măsurare induse de sursa etajelor de putere este de 80g.

Rezultatul studiului a dus la proiectarea unui filtru format din condensatori și izolarea galvanică a celor două etaje folosind optocuploare și re poziționarea și ecranarea plăcilor de control.

### Rezoluția convertorului AD7730

Circuitul AD7730 acceptă semnale de intensitate foarte mică direct de la traductor. Semnalul de intrare este aplicat unui amplificator programabil conectat la un modulator.

Ieșirea modulatorului este procesată de un filtru programabil trece jos. Acesta permite configurarea parametrilor proprii de funcționare inclusiv a ratei de cântărire.

Circuitul deține două buffer-e diferențiale a căror amplificatoare pot fi setate prin programare. Circuitul lucrează la o tensiune de 5V putând accepta următoarele patru benzi de tensiune unipolare: 0mV la +10mV, 0mV la +20mV, 0mV la +30mV, 0mV la +40mV și patru benzi de tensiune bipolare: +/-0mV, +/-20mV, +/-30mV, +/-40mV. AD7730 mai este echipat și cu un convertor digital analogic pentru tararea sistemului.

Având în vedere că marca tensiometrică acceptă o masă de 15 kg iar tensiunea maximă la ieșirea punții este de 10mV, se poate calcula rezoluția maximă în miligrame după relația:

$$m_r = \frac{m_{\max} \cdot U_r}{U_{\max}} = 65 \cdot 10^{-3} \text{ g} \quad (3.25)$$

Unde  $m_r$  este rezoluția reală,  $m_{\max}$  masa maximă acceptată de marcă și  $U_{\max}$  tensiunea maximă de pe ieșirea punții.

În funcție de alegerea tipului constructiv al celulei de mărci tensiometrice se poate calcula rezoluția maximă a sistemului.



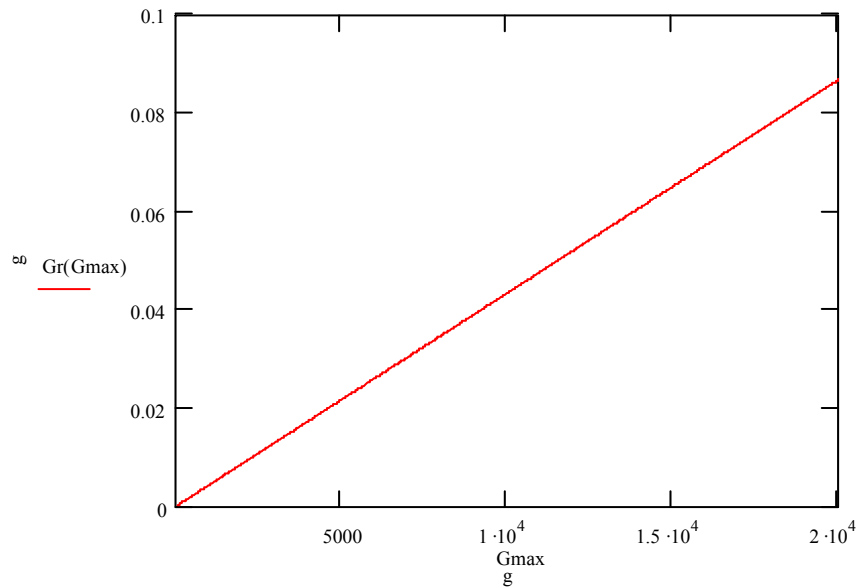


Figura 3.24 Caracteristica rezoluției în funcție de greutatea maximă acceptată de celula de cântărire.

### Cercetări asupra modului în care influențează comanda elementelor de acționare precizia de dozare

În figura 3.25, sunt prezentate 10 caracteristici de dozare prin care s-au urmărit erorile care se propagă în sistem datorită celor două elemente de acționare, acest test nu a urmărit stabilirea modului optim de funcționare, cu sau fără MPP și clapetă.

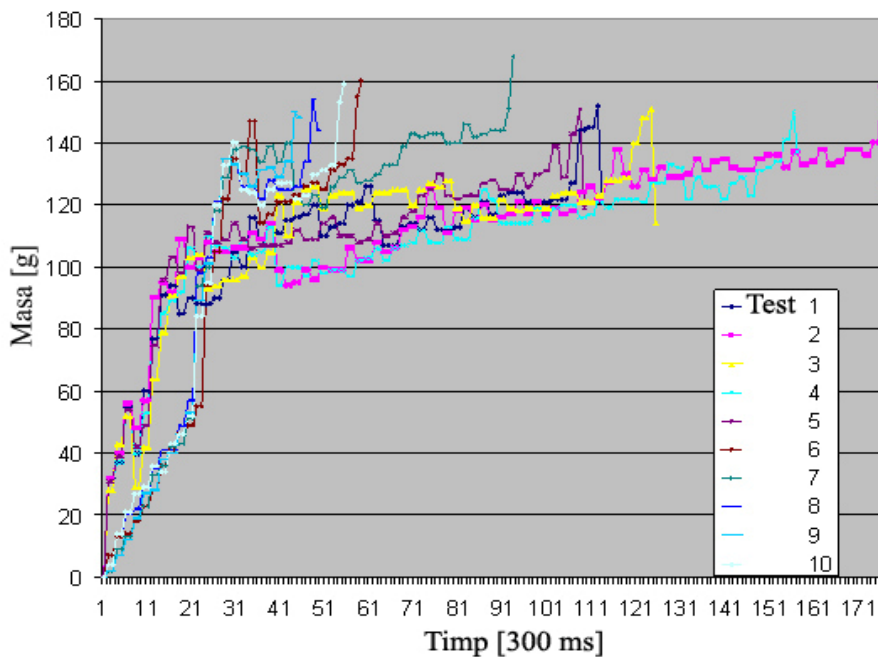


Figura 3.25 Modul în care influențează comanda elementelor de acționare precizia de dozare.

Rezultă că erorile care apar în urma conversiei analogice digitale realizată de circuitul AD7730 la alimentarea unor actuatori, reprezintă o problemă care afectează precizia de dozare.

Pentru rezolvarea acestei probleme s-au găsit următoarele soluții hardware:

- filtrarea mai bună a sursei de alimentare pentru etajul ADC;
- reverificarea conectării masei celor două etaje, având ca țintă eliminarea buclelor de curent.

Posibile soluții software:

- calcularea unei medii de 2 sau 3 conversii cu riscul de a produce o întârziere în procesul de dozare;
- mărirea timpului de conversie.

Medierea software a semnalului este o soluție bună dar are ca dezavantaj încetinirea vitezei de execuție a microcontrolerului, aceasta fiind înlocuită de o mediere hardware.

### Filtrarea hardware a semnalului

Pentru a se înlătura erorile cauzate de impulsurile granulelor de material la căderea lor pe celula tensiometrică s-a testat filtrul de tip *Sinc*<sup>3</sup> inclus în convertorul AD7730. Acesta realizează o mediere hardware a semnalului provenit de la celula de cântărire cu mărci tensiometrice. Este foarte importantă configurarea acestui filtru mai ales în situațiile dinamice în care se iau decizii în funcție de variația semnalului în timp. Dacă medierea semnalului se face pe un interval de timp mare atunci precizia de măsurare crește, dar viteza de conversie scade. O durată lungă a citirii semnalului de la marca tensiometrică într-un sistem de dozare cu autoreglare, duce la întârzierea răspunsului și deci la erori de dozare. În figurile 3.26, 3.27, 3.28 sunt prezentate caracteristicile de dozare în funcție de valoarea registrului de filtrare SF a circuitului AD7730.

41,6 ms

SF 512 =>0x200

SpiWriteByte(0x40); //scrie in reg Filter Register al AD7730

SpiWriteByte(0x00); //aproximativ 23,4 HZ

SpiWriteByte(0x00);

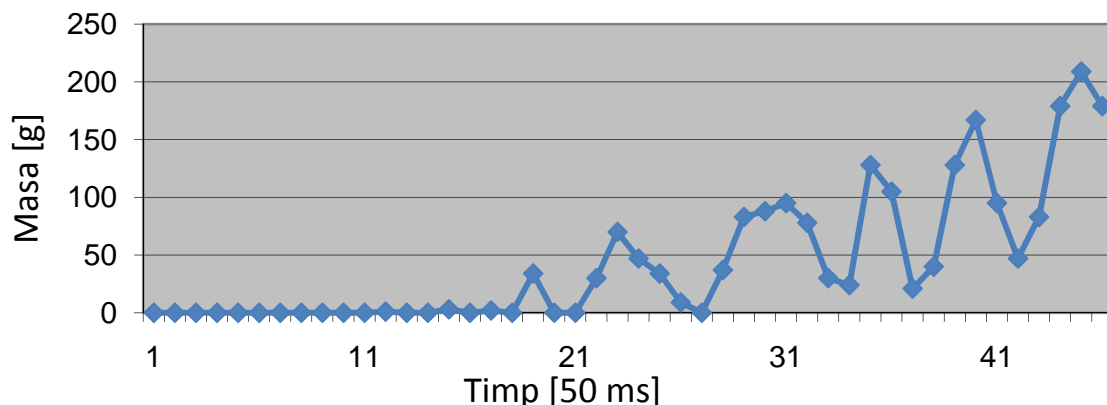


Figura 3.26 Mediere a semnalului pe o perioadă de 41,6 ms.

125 ms

SF 1536 =>0x600

SpiWriteByte(0x60); //scrie in reg Filter Register al AD7730

SpiWriteByte(0x00); //aproximativ 7,8 HZ

SpiWriteByte(0x00);

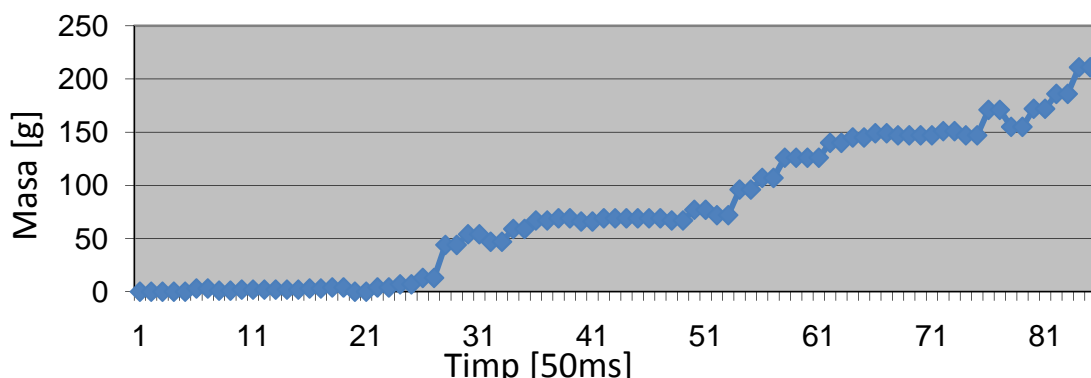


Figura 3.27 Mediere a semnalului pe o perioadă de 125 ms.

166 ms

SF 2048 =>0x800

SpiWriteByte(0x80); //scrie in reg Filter Register al AD7730

```
SpiWriteByte(0x00); //aproximativ 5,85 HZ
SpiWriteByte(0x00);
```

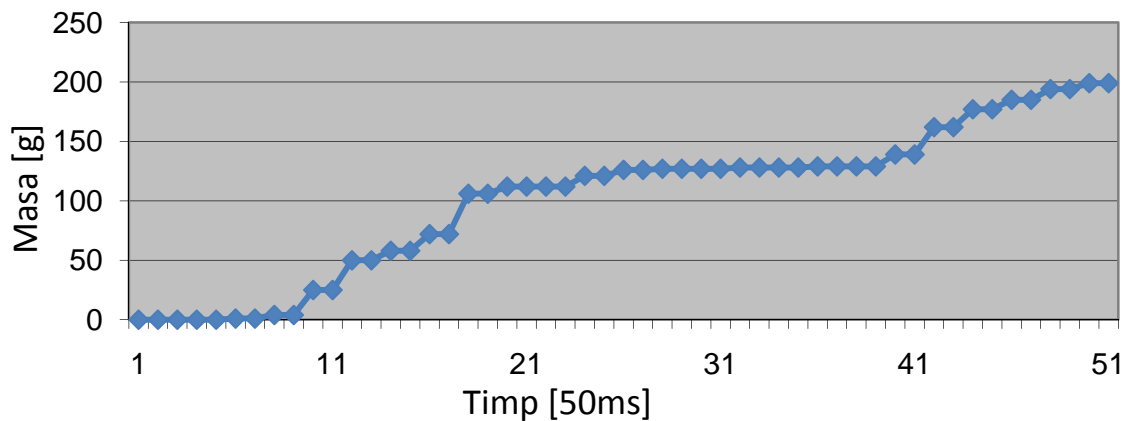


Figura 3.28 Mediere a semnalului pe o perioadă de 166 ms.

În urma acestui studiu s-a ales soluția care implică medierea semnalului pe o perioadă de 166 ms ceea ce duce la rezultate convenabile atât din punct de vedere al filtrării semnalului cât și al vitezei de răspuns al algoritmilor testați.

### Înlăturarea erorilor cauzate de elementele de acționare

S-au efectuat teste pentru optimizarea conversiilor prin înlăturarea erorilor cauzate de perturbații la alimentarea etajelor de amplificare.

Pentru evidențierea erorilor s-au executat mai multe teste în următoarele condiții identice:

- cupa de alimentare este umplută cu 613 g de material;
- jghebul de alimentare este gol și rămâne gol pe parcursul testelor.

Fiecare test a cuprins 3 etape:

- prima etapă, motorul vibrator este pornit;
- a doua etapă, motorul vibrator este oprit mecanic;
- a treia etapă, motorul vibrator este decuplat electric după etajul de amplificare.

În figura 3.29 sunt prezentate semnalele provenite de la AD7730 pe parcursul celor 3 etape pentru 3 teste considerate cele mai semnificative. Diferențele dintre ultimele 2 conversii analogice digitale sunt: -3g, -9g, -3g (pentru cele trei teste prezentate în figura 3.29).

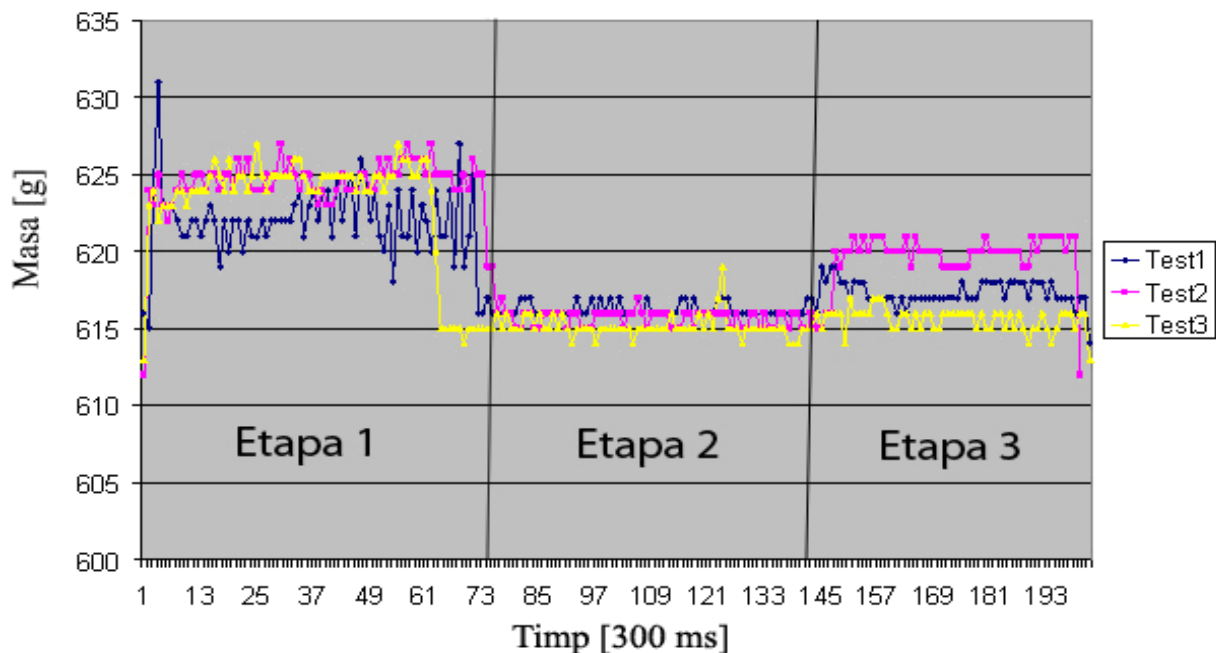


Figura 3.29 Înlăturarea erorilor cauzate de elementele de acționare.

**Concluziile testelor:**

- În prima etapă în timpul funcționării motorului vibrator erorile de cântărire ajung până la 20 g în plus față de valoarea reală a masei de material aflată în cupa de cântărire;
- În a doua etapă în care motorul este alimentat dar oprit mecanic, (neproducând vibrații în sistem), erorile de cântărire ajung la 5 g în plus față de valoarea reală;
- În etapa a treia, motorul este decuplat electric după etajul de amplificare. Erorile de cântărire sunt de până la 7,5 g în plus față de valoarea reală;
- Erorile nu provin numai din cauza vibrațiilor mecanice din sistem. Alimentarea și comanda elementelor de acționare introduc fluctuații pe tensiunea de alimentare care duc la erori ale conversiei analog digitală.

În urma analizelor făcute s-au găsit următoarele soluții:

- Adăugarea unei rezistențe de 100  $\Omega$  în serie pe alimentarea convertorului pentru limitarea curentului pe placa de conversie;
- Introducerea unui condensator de filtraj nepolarizat de 0,1 $\mu$ F pe alimentarea circuitul AD7730 care filtrează mai bine tensiunea de la sursă.

Datorită altor factori care influențează precizia de cântărire, rezoluția reală este de 1 g. Studiul amănunțit al optimizării preciziei de dozare va fi prezentat în capitolul 4 „Cercetări experimentale privind analiza influenței sistemului de automatizare asupra calității procesului de dozare”.

**3.5 Concluzii**

Calitatea procesului de dozare poate fi caracterizată prin doi parametri: viteza de dozare și precizia de dozare. În procesele standard este știut faptul că viteza de dozare afectează în mod negativ precizia.

Vibrațiile sistemului de transport provoacă erori în procesul de conversie analog digitală, acestea fiind cea mai importantă cauză a erorilor dintr-un sistem de cântărire. Înlăturarea acestor erori poate fi făcută luând următoarele măsuri:

- diminuarea vibrațiilor spre sfârșitul dozării;
- aplicarea unor filtre electronice pe semnalul de la traductor;
- buna configurare a registrului de filtrare al convertorului Sigma Delta inclus în circuitul specializat AD7730

În urma analizei teoretice a curgerii materialului în procesul de dozare au fost stabiliți parametrii pentru determinarea secțiunilor de curgere, unghiului de taluz natural, rezoluția teoretică a sistemului de cântărire al dozatorului pentru materialele în vrac ce vor fi utilizate în experimente.

Dispozitivele de dozare a solidelor în vrac trebuie să țină cont de proprietățile de curgere și de fluidizare a materialului în vrac. Aceste proprietăți trec prin multiple schimbări încă din buncărul de depozitare ce alimentează cuva dispozitivului de dozare și se termină cu secțiunea de evacuare din unitatea de dozare.

Esențial este să se evite orice sincope în curgerea materialului sau modificări ale stării de curgere fapt ce poate fi des întâlnit sub formă de fenomene cum ar fi efectul de boltire a materialului datorită secțiunilor mici de evacuare sau de curgere în avalanșă datorată fluidizării necorespunzătoare.

Forma particulelor poate fi aproximată prin analizarea diametrului mediu al particulelor ce formează masa de material. Cu cât această dimensiune este sub valoarea de 100  $\mu$ m, cu atât va crește compresibilitatea și coeziunea particulelor.

Datorită factorilor necontrolabili care influențează procesul de dozare este recomandat un control în buclă închisă al elementelor de acționare în funcție de debitul dozat pe parcursul procesului.

## Capitolul 4

### Analiza și contribuții la alegerea soluțiilor tehnice pentru sisteme de control automate utilizate în cadrul dozatoarelor cu vibrații

În construcția sistemelor de dozare o etapă importantă constă în alegerea soluțiilor tehnice care vor fi folosite: dispozitive, senzori, principii de funcționare și metode de fabricație. De exemplu, un stand pentru dozarea substanțelor din industria farmaceutică obligă proiectantul să conceapă sistemul de dozare dintr-un oțel inoxidabil față de un sistem pentru dozat piese mecanice care poate fi realizat dintr-o gamă largă de materiale mult mai ieftine, care permit o prelucrare mai ușoară.

#### 4.1 Analiza și alegerea sistemelor de calcul

##### 4.1.1 Tipuri de sisteme de calcul

În evaluarea unui sistem de calcul, sunt luate în discuție următoarele performanțe:

- dimensiunea memoriei interne;
- viteza de prelucrare;
- numărul de procesoare;
- dimensiunea memoriei externe;
- costul.

În continuare se va pune accent pe construcția și funcționalitatea unui microcalculator special proiectat pentru sisteme simple de dozare.

#### 4.3 Analiza elementelor de acționare utilizate în construcția standului experimental

Pentru o funcționare normală a standului de dozare sunt importante soluțiile alese atât pentru elementele de acționare cât și pentru senzori. Găsirea soluțiilor a fost făcută având în vedere mai mulți factori, cum ar fi: eficiența tehnică, costuri, întreținere și complexitate.

#### 4.4 Mișcarea vibratorie și componentele ei

Vibrațiile sunt fenomene dinamice care iau naștere în medii elastice sau cvasielastice, ca urmare a introducerii unei excitații, printr-un procedeu oarecare, într-unul sau în mai multe puncte ale unei structuri sau sistem mecanic. Orice structură mecanică are o poziție de echilibru, mișcarea structurii în jurul acestei poziții fiind definită drept mișcare vibratorie.

Clasificarea vibrațiilor mecanice poate fi realizată luându-se în considerare o serie de criterii:

- *Numărul gradelor de libertate* – în funcție de numărul gradelor de libertate distingându-se vibrații ale sistemelor cu un grad de libertate, vibrații ale sistemelor cu un număr finit de grade de libertate și vibrații ale sistemelor cu un număr infinit de grade de libertate (caracteristic sistemelor continue – bare, coarde, membrane, plăci, învelitori);
- *Tipul ecuației de mișcare* – în funcție de tipul acestei ecuații se evidențiază vibrații liniare și vibrații neliniare;
- *Sursele de vibrație* – în funcție de tipul sursei se disting *vibrații libere*, la care mișcarea vibratorie se datorează scoaterii din poziția de echilibru a structurii ca urmare a unei deplasări sau impuls inițial și *vibrații forțate (întreținute)*, la care mișcarea vibratorie este generată de o excitare externă de tip forță și/sau moment;
- *Consumul energetic* – distingându-se două tipuri, și anume vibrații neamortizate și vibrații amortizate;
- *Forma de variație în timp a vibrației* – se remarcă *vibrațiile aleatoare*, la care forma de variație în timp nu este definită de o lege iar ca urmare, valoarea la un moment dat nu poate fi determinată, și *vibrațiile deterministe*, la care forma de variație este definită de o lege clară care permite precizarea, în orice moment, a parametrilor mișcării vibratorii.

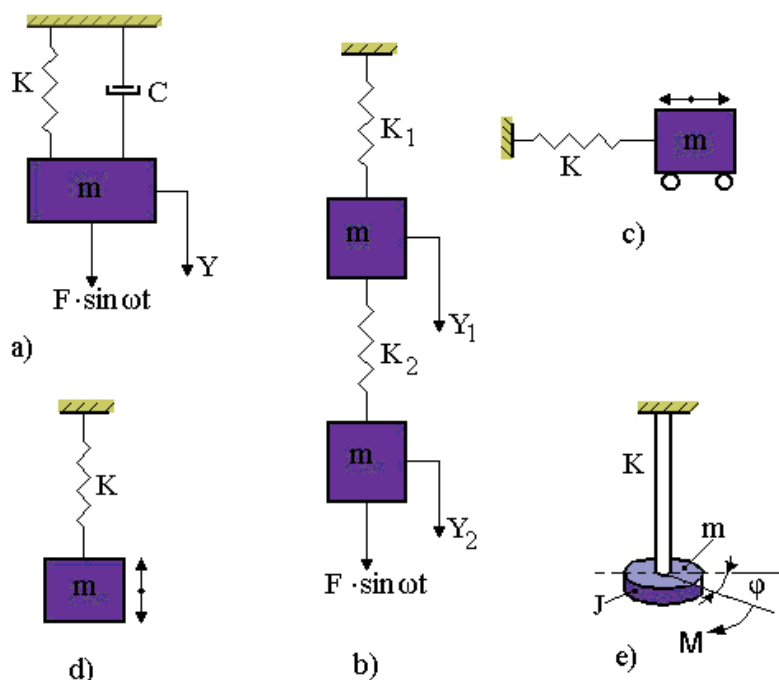


Figura 4.4 Sisteme oscilante; a) cu un grad de libertate; b) cu două grade de libertate; c) translație pe orizontală; d) translație pe verticală; e) torsiune.

Din punct de vedere al parametrilor dinamici, structurile mecanice sunt definite prin: masă  $m$  [kg] sau moment de inerție  $J$  [ $kg \cdot m^2$ ], constantă elastică  $k$  [ $N/m$ ], [ $Nm/rad$ ], constantă de amortizare  $c$  [ $Ns/m$ ], [ $Nms/rad$ ].

Principala caracteristică a structurilor mecanice, din punct de vedere dinamic, o reprezintă pulsația proprie  $\omega_n$  [ $rad/s$ ]. Numărul pulsațiilor proprii este egal cu numărul gradelor de libertate. Pe baza pulsației proprii, se pot determina frecvența  $f_n$  [Hz] proprie și perioada proprie  $T_n$  [s] conform relației:

$$\omega_n = 2\pi f_n = \frac{2\pi}{T_n} \quad (4.9)$$

În cazul în care, mărimea de excitație este de tip armonic, atunci acestea se definesc cu ajutorul funcțiilor trigonometrice de forma:

$$\begin{cases} F(t) = F_0 \sin \omega t [N]; \\ M(t) = M_0 \sin \omega t [Nm], \end{cases} \quad (4.10)$$

în care,  $\omega$  [ $rad/s$ ] reprezintă pulsația mărimii de intrare, răspunsul structurii fiind de aceeași formă:

$$\begin{cases} y(t) = A_0 \sin(\omega t + \phi) [m]; \\ \varphi(t) = \theta_0 \sin(\omega t + \phi) [rad], \end{cases} \quad (4.11)$$

unde,  $y(t)$  și  $\varphi(t)$  sunt elongațiile răspunsului,  $A_0$  și  $\theta_0$  amplitudinile răspunsurilor,  $\phi$  [ $rad$ ] fază.

Pe baza relațiilor (4.11) pot fi definite vitezele mișcărilor vibratorii:

$$\begin{cases} \dot{y}(t) = \omega A_0 \cos(\omega t + \phi) [m/s]; \\ \dot{\varphi}(t) = \omega \theta_0 \cos(\omega t + \phi) [rad/s], \end{cases} \quad (4.12)$$

și accelerațiile acestora:

$$\begin{cases} \ddot{y}(t) = -\omega^2 A_0 \sin(\omega t + \phi) [m/s]; \\ \ddot{\varphi}(t) = -\omega^2 \theta_0 \sin(\omega t + \phi) [rad/s]. \end{cases} \quad (4.13)$$

Descrierea mișcărilor vibratorii este realizată prin intermediul ecuațiilor de mișcare. Numărul ecuațiilor de mișcare este egal cu cel al numărului gradelor de libertate, scrierea acestora putând fi făcută pe baza ecuațiilor lui Lagrange, a principiului lui d'Alembert, metodei coeficienților de influență, etc.

În cazul sistemelor cu un grad de libertate din figura 4.4 a și e ecuațiile de mișcare, cu reprezentările (4.11), sunt de forma:

$$\begin{cases} m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = F(t); \\ J\ddot{\varphi} + c\dot{\varphi} + k\varphi = M(t) \end{cases} \quad (4.14)$$

unde,  $\ddot{y} = d^2 y / dt^2$ ,  $\ddot{\varphi} = d^2 \varphi / dt^2$ ,  $\dot{y} = dy / dt$ ,  $\dot{\varphi} = d\varphi / dt$ .

În cazul sistemelor cu mai multe grade de libertate ecuațiile (4.14) vor avea formele matriceale:

$$\begin{cases} M\ddot{Y} + C\dot{Y} + KY = F(t); \\ J\ddot{\varphi} + C\dot{\varphi} + K\varphi = M(t), \end{cases} \quad (4.15)$$

în care,  $M$  și  $J$  reprezintă matricele de inerție,  $\ddot{Y}$  și  $\ddot{\varphi}$  sunt vectorii accelerațiilor,  $C$  matricea de amortizare,  $\dot{Y}$  și  $\dot{\varphi}$  sunt vectorii vitezelor,  $K$  matricea de rigiditate,  $Y$  și  $\varphi$  vectorii deplasărilor,  $F$  și  $M$  vectorii mărimilor de excitație (forțe și/sau momente).

## 4.5 Traductoare de vibrații și accelerații folosite pentru analiza comportării standului experimental

Una din problemele majore, ridicate de analiza fenomenelor vibratorii, o reprezintă măsurarea atât a nivelului vibrațiilor cât și a frecvențelor dominante. Măsurarea mărimilor legate de fenomenele vibratorii, în cazul structurilor mecanice, se bazează pe utilizarea unor dispozitive specializate care evidențiază mărimile cinematice vectoriale (deplasări, viteze și accelerații) sau mărimile de excitație (forțe și/sau momente).

În orice activitate de măsurare, la începutul acesteia, sunt deosebit de importante două acțiuni: stabilirea mărimilor care urmează a fi măsurate și implicit, alegerea tipului de traductor și determinarea locurilor (pozițiilor) în care traductoarele sunt amplasate.

Indiferent de tipul mărimii măsurate și de locul în care este amplasat traductorul, înregistrarea semnalelor poate fi raportată la două domenii de bază: domeniul timp și domeniul frecvență.

Din punct de vedere al modului de fixare al traductoarelor de vibrații, acestea pot fi montate, existând fie contact direct cu structura analizată, fie existând un interstițiu între structură și traductor. Montarea se poate face prin intermediul unui știft de fixare, prin magnet (acolo unde materialul structurii o permite), prin ceară sau prin cleme intermediare care se lipesc pe structură.

## 4.7 Implementarea algoritmilor PID pentru optimizarea procesului de dozare

### 4.7.1 Controlul PID al elementului actuator în procesul de dozare

Pentru a asigura o curgere controlată a materialului în cupa de cântărire s-a folosit un algoritm PID de reglare a debitului în funcție de materialul cântărit la un moment dat. Controlerul comandă elementele de acționare (motorul generator de vibrații și motorul care schimbă unghiul jgheabului vibrator) pentru a menține debitul de material la valoarea dorită pe parcursul procesului de dozare.

Controlul proporțional integral derivat (controlul PID) este controlul în buclă închisă larg răspândit în industria sistemelor de control. Un controler PID încearcă să corecteze eroarea dintre valoarea măsurată a procesului și valoarea setată dorită. Corectarea erorii se face prin calcularea și apoi corectarea comenzii actuatorului care corectează procesul bazându-se pe trei parametri.

Funcționarea controlerului PID (algoritmului) implică trei parametri separați: proporțional, integrativ și derivativ.

Parametrul proporțional determină reacția la valoarea curentă.

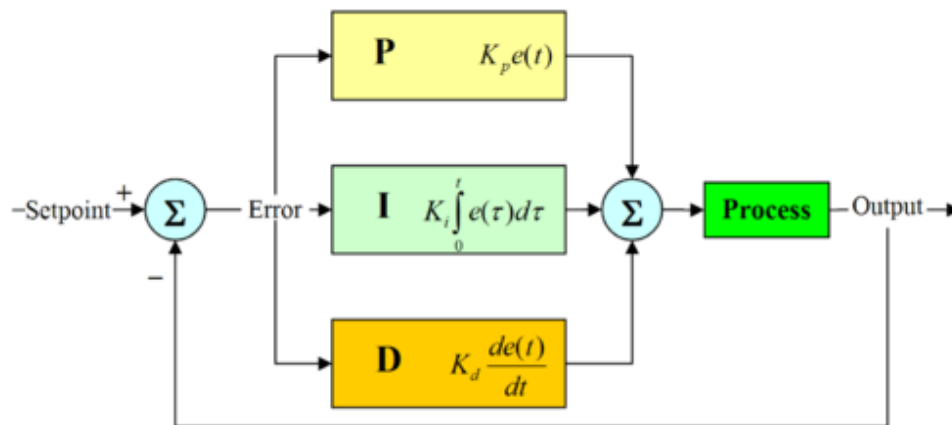
Parametrul integrativ determină reacția față de erorile recente.

Parametrul derivativ determină reacția față de viteza de schimbare a erorii în ultimul timp.

Suma (folosind diferite proporții a celor trei parametri) este folosită pentru comanda actuatorului. Proporția fiecărui parametru din sumă este dată de produsul dintre o constantă și valoarea parametrului respectiv.

Prin reglarea celor trei constante din algoritmul controlerului PID se poate obține controlul corespunzător cerințelor procesului cum ar fi timpul de răspuns, marja de depășire a valorii dorite și oscilația sistemului.

Un control PID va fi numit PID, PI, PD sau P în funcție de tipul parametrilor specifici luați în calcul. Unele aplicații pot necesita folosirea unuia sau a două moduri (setând parametrii care nu sunt folosiți cu 0) pentru controlul optim al sistemului. Controlul PI este cel mai întâlnit din moment ce derivata este foarte sensibilă la zgomotul semnalului măsurat și absența parametrului integralei previne sistemul ca să nu depășească valoarea dorită în timpul acționării elementului actuator.



**Figura 4.17** Schema unui sistem controlat în buclă închisă; P este parametrul proporțional, I este parametrul integrativ, D este parametrul derivativ.

Scopul unui control în buclă închisă este de a automatiza ce poate face un operator inteligent care efectuează măsurători exacte și rotește un buton pentru a varia o mărime.

Controlul în buclă închisă constă în trei pași:

- Măsurarea mărimii de ieșire folosind un senzor conectat la proces;
- Generarea și aplicarea deciziilor de unitatea de control;
- Acționarea actuatorului pentru controlul procesului.

Controlerul citește un senzor, el scade valoarea obținută în urma măsurătorii din valoarea setată (valoarea dorită) astfel determinând eroarea. El folosește eroarea pentru a calcula valoarea de intrare în proces (modul de acționare) de aceea corecția va înlătura eroarea măsurată la ieșire.

Într-un sistem de dozare, elementul actuator dozează material până când cantitatea dozată ajunge la valoarea dorită. Se pune problema optimizării acestui proces din punct de vedere al vitezei fără a pierde din precizia de dozare. Soluția este de a avea o dozare cu o viteză variabilă deoarece dozarea cu viteză ridicată a materialului duce la afectarea preciziei de dozare. Un senzor va determina cantitatea dozată și va trimite continuu datele la controler. Controlerul are setat punctul de dozare dorit (setpoint). Controlerul are legată ieșirea la elementul de acționare al dozatorului care împinge efectiv materialul, și va folosi valoarea măsurată a cantității de material dozat pentru a calcula cum trebuie comandat elementul de acționare pentru a ajunge cu precizie la cantitatea dozată într-un timp cât mai scurt.

Pentru a se putea pune în evidență mai bine comportarea algoritmului PID în cazul considerat, este necesară analiza fiecărui parametru din funcționarea acestuia.



### Termenul proporțional

Termenul proporțional răspunde la schimbarea variabilei proces, proporțional cu valoarea curentă a erorii măsurate. Răspunsul proporțional poate fi ajustat prin multiplicarea erorii cu o constantă  $K_p$  numită factor de amplificare sau senzitivitatea proporțională. Factorul de amplificare este deseori exprimat ca procent al benzii proporționale. Termenul proporțional este scris în felul următor:

$$X_i = K_p e = \frac{100}{PB} e \quad (4.43)$$

în care:  $X_i$  - semnalul de ieșire;  $K_p$  - factorul de amplificare;  $e$  - eroarea egală cu diferența dintre valoarea dorită și valoarea curent măsurată;  $PB$  - banda proporțională.

### Termenul integrator

Contribuția termenului integrator este proporțională cu valorile trecute și curente și cu durata semnalului de eroare. Termenul integrator calculează valoarea acumulată a erorilor remanente într-un ultim interval de timp, erori care au fost corectate mai devreme. La prima vedere acest termen va forța procesul ca să ajungă mai repede la valoarea dorită față de cazul unui controler cu termen numai proporțional și elimină erorile staționare, dar poate contribui și la o instabilitate a sistemului deoarece acest termen reacționează la valorile din trecut. Această instabilitate face ca procesul să depășească valoarea dorită, întrucât termenul integrator va continua să adune din erorile precedente chiar dacă variabila proces a ajuns la valoarea dorită.

Răspunsul funcției integrală poate fi calibrat la procesul specific prin ajustarea constantei  $T_i$  numit timpul de integrare. Ecuația este:

$$X_i = \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (4.44)$$

în care:  $X_i$  – semnalul de ieșire,  $T_i$  – timpul de integrare,  $e$  – eroarea egală cu diferența dintre valoarea dorită și valoarea curent măsurată

### Termenul derivat

Termenul derivat produce o acțiune de frânare a răspunsului controlului cum ar fi atunci când ajunge la valoarea setată. Pentru a efectua aceasta, eroarea procesului este anticipată la un moment dat în viitorul  $T_d$ , calculat analizând modul de variație a erorii față de timp, (rata schimbării erorii care este prima derivată în funcție de timp) și adăugarea termenului proporțional anticipat la corecția curentă.

Controlul cu derivata erorii este folosit pentru a reduce dimensiunea valorii de depășire produsă de componenta integrală, dar controlul va fi mai încetinit pentru a ajunge la valoarea setată inițial. Acest termen este foarte sensibil la zgomotul produs în semnalul de eroare și poate cauza ca un proces, al cărui semnal prezintă zgomot, să devină instabil. Ajustând constanta  $T_d$  (timpul de derivare), este controlat procentul de implicare a termenului derivat în răspunsul sistemului.

$$X_i = T_d \frac{de}{dt} \quad (4.45)$$

în care:  $X_i$  – semnalul de ieșire;  $T_d$  – timpul de derivare;  $e$  – eroarea egală cu diferența dintre valoarea dorită și valoarea curent măsurată.

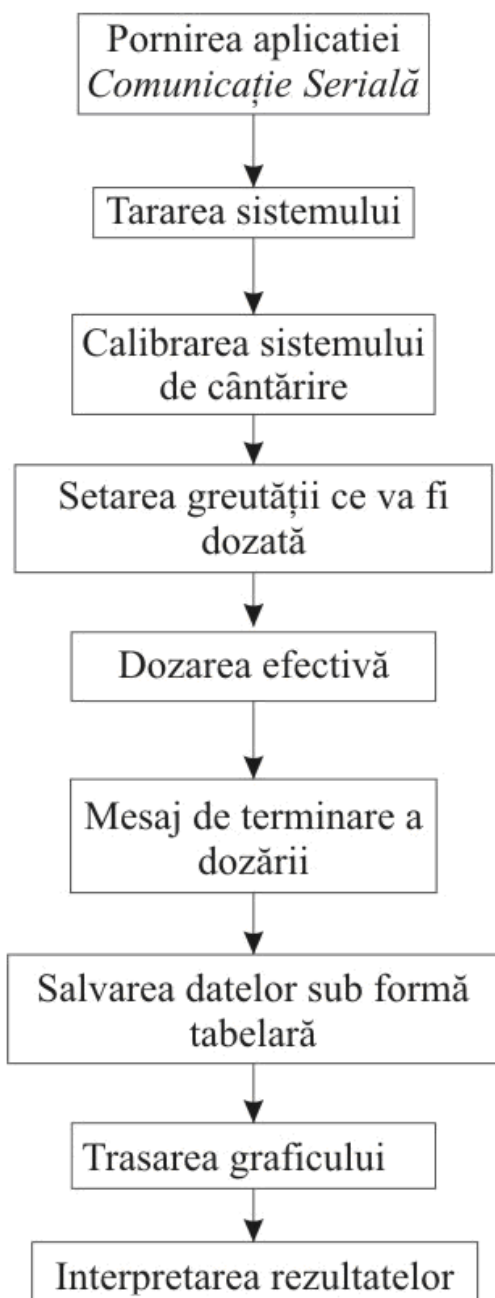
#### 4.7.2 Programarea microcontrolerelor

Realizarea unei aplicații folosind un sistem de calcul presupune parcurgerea, în principiu, a următoarelor etape:

- Analiza problemei;
- Proiectarea aplicației;
- Implementarea aplicației;
- Întreținerea aplicației.

Descrierea algoritmilor pentru a fi executați folosind un sistem de calcul nu se poate realiza folosind un limbaj natural, datorită în primul rând faptului că limbajul natural nu este riguros – diversele formulări ale limbajului putând avea aceleași înțelesuri. Cele mai utilizate procedee de reprezentare a algoritmilor sunt schemele logice și limbajul pseudocod. Principala calitate a acestora, este posibilitatea de a evidenția cu claritate succesiunea operațiilor.

Schema logică pentru realizarea experimentelor este prezentată în figura 4.19. Plecând de la această schemă logică a fost structurat algoritmul, ulterior acest lucru fiind concretizat prin implementarea unor programe atât pentru microcontroler cât și pentru calculator. Implementarea algoritmilor va fi prezentată mai în detaliu în capitolul 4 „Cercetări experimentale privind analiza influenței sistemului de automatizare asupra calității procesului de dozare”.



**Figura 4.19** Schema logică pentru efectuarea experimentelor.

În figura 4.20 este prezentată schema logică a pasului “Dozarea efectivă” din schema prezentată în figura 4.19.

### Algoritmul dozarii

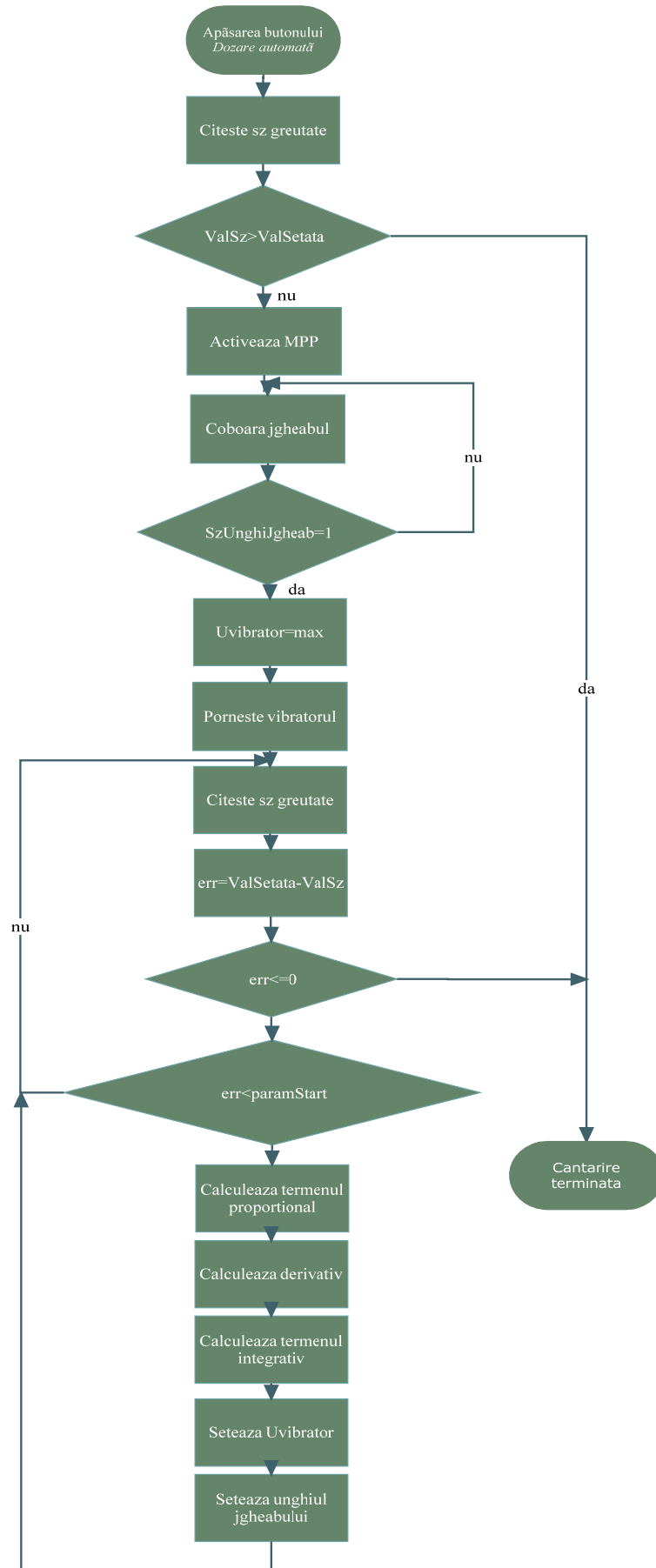


Figura 4.20 Algoritmul de dozare implementat pe microcontroler.

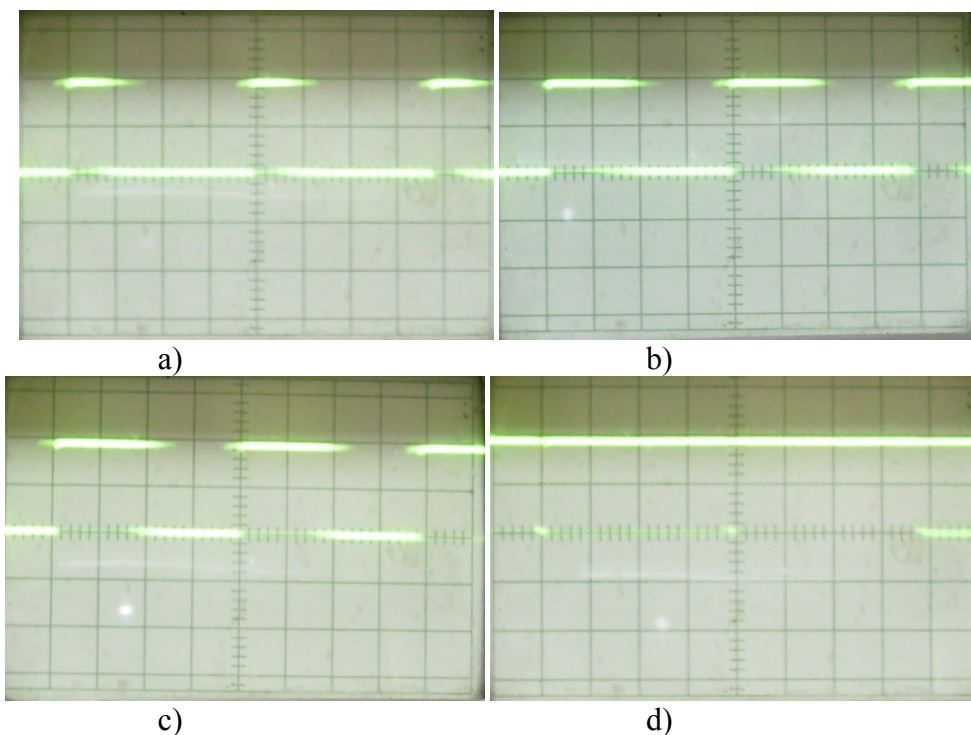
### 4.7.3 Regulatorul de turație

Pentru un control mai bun al procesului de dozare s-au testat mai multe variante de regatoare de turație, deoarece încărcarea jgheabului poate modifica debitul de dozare la aceleași valori de comandă a motorului generator de vibrații.

S-au testat trei variante de circuite de reglare a turației motorului generator de vibrații. În urma analizelor au rezultat o serie de concluzii:

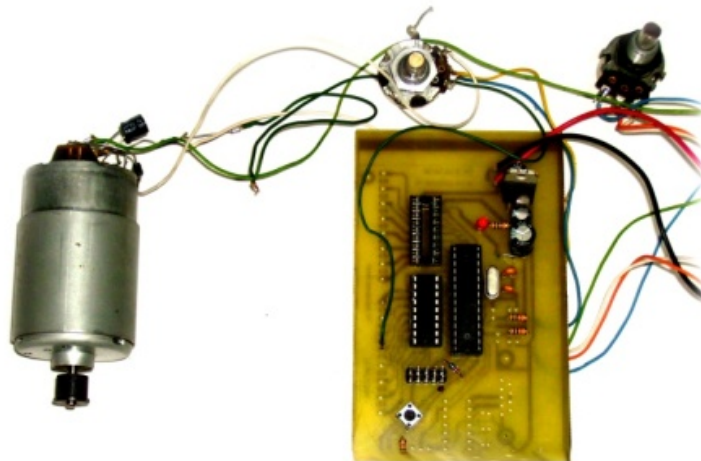
- Regulator de turație în funcție de modificarea tensiunii generate de motorul în curent continuu:
  - avantaje: nu necesită elemente de circuit adiționale, cost mic;
  - dezavantaje: nu este o soluție foarte exactă deoarece tensiunea de alimentare trebuie oprită pe parcursul conversiei ADC ceea ce în practică nu se face total și rapid.
- Regulator de turației menținând tensiunea constantă:
  - avantaje: nu necesită elemente de circuit adiționale, cost mic;
  - dezavantaje: motorul ideal are aceeași turație la o tensiune dată indiferent de sarcină, în practică rezistența înfășurării sarcinii introduce erori în sistemul de reglare, nu este o soluție foarte exactă.
- Regulator de turației folosind encoder:
  - avantaje: este foarte precis deoarece există o funcție directă între deplasarea unghiulară și variabila de ieșire, tensiunea;
  - dezavantaje: preț ridicat, număr ridicat de componente.

### Reglarea turației în funcție de modificarea tensiunii generate de motorul in curent continuu



**Figura 4.21** Umplerea semnalului (PWM) de comandă afișat pe osciloscop; a) PWM 30% b) PWM 50% c) PWM 70% d) PWM 98%.

Tensiunea semnalului de comanda PWM este calculat prin funcția prezentată în Anexa 3.7 care ține cont de cei trei parametri ai funcției eroare: proporțional, derivativ și integrativ. Umplerea maximă a semnalului este de 98%, deoarece 2% se pierde pentru întreruperea comenzi motorului fapt ce permite citirea tensiunii generate de motor. Pentru partea de control s-a ales microcontrolerul ATmega8 în care s-a încărcat programul prezentat în Anexa 3.6.

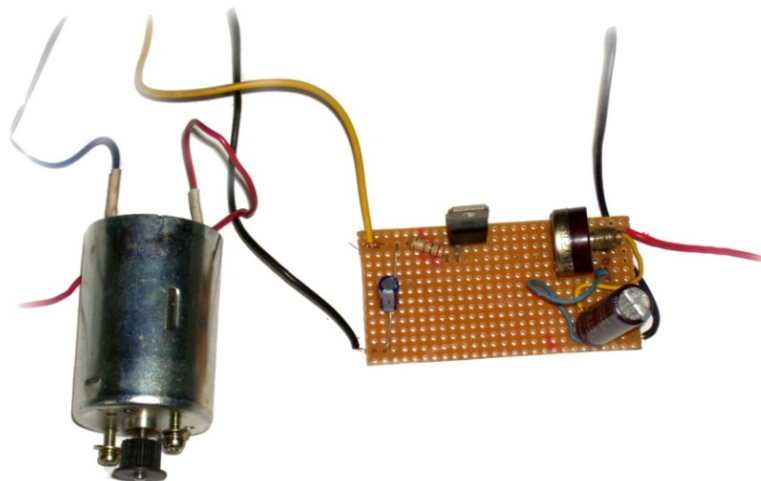


**Figura 4.22 Regulator de turație PID cu citirea tensiunii generate de motor.**

În figura 4.22 este prezentat montajul pentru reglarea turației unui motor de aproximativ 700mA. Prin cele două potențiometre se poate regla constanta de divizare a tensiunii generată de motor și simularea tensiunii de comandă (controlerul va trimite comenzi motorului pentru ca diferența dintre aceste tensiuni să fie cât mai mică).

### **Regulator de turației menținând tensiunea constantă**

Această variantă include un regulator de tensiune integrat LM317, fiind cea mai simplă și ieftină metodă care ar funcționa perfect dacă motorul ar fi ideal. Datorită rezistenței înfășurărilor pe care o prezintă motoarele, turația motorului nu depinde numai de tensiunea de alimentare. Schema cu regulatorul LM317 este prezentată în Anexa 5, figura 4.23.



**Figura 4.23 Montajul regulatorului de turație folosind un regulator de tensiune LM317.**

### **Regulator de turație folosind encoder**

Microcontrolerul are implementat un algoritm PID pentru comanda motorului. Semnalele de cuadratură trimise de encoder sunt convertite de un microcontroler ATtiny13 în semnale direcție și impulsuri. Funcționarea decodorului de cuadratură a fost simulată în programul Proteus 7. Listingul programului este prezentat în Anexa 3.8.

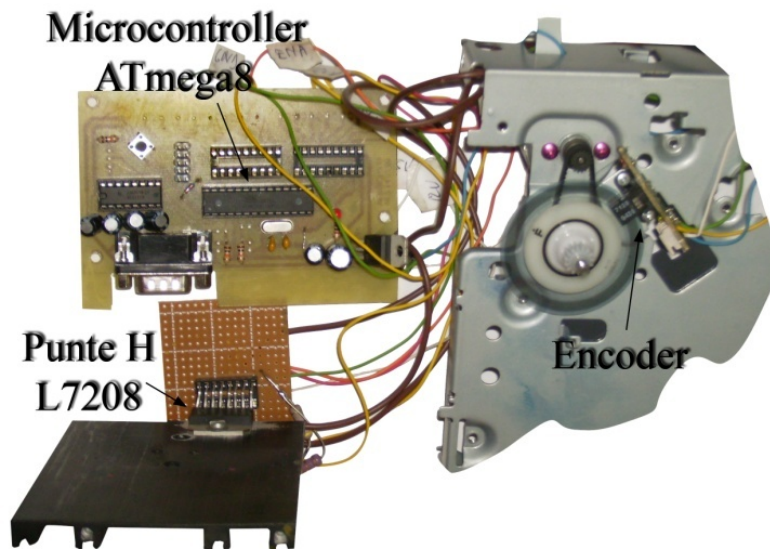


Figura 4.24 Montajul de comandă a motorului cu encoder.

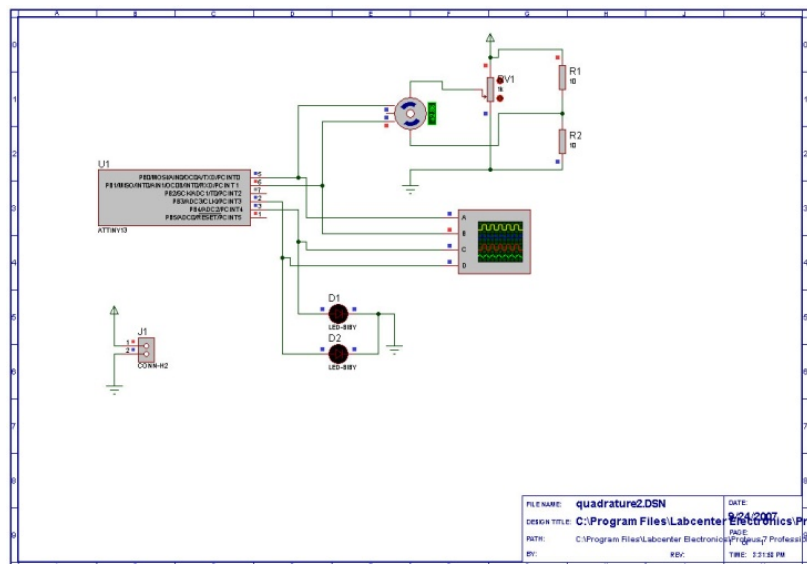


Figura 4.25 Simularea microcontrolerului ATtiny programat pentru decodarea semnalului de cuadratură.

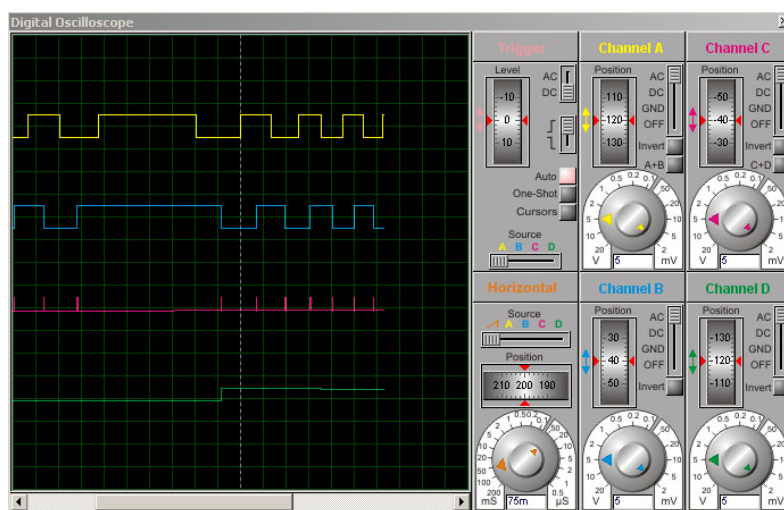


Figura 4.26 Rezultatul simulării observat pe osciloscopul virtual. Semnalul 1 – faza A de la encoder; semnalul 2 – faza B de la encoder; semnalul 3 – tren de impulsuri; semnalul 4 – direcția de rotație.

#### 4.7.4 Analiza metodelor de optimizare din punct de vedere al codului microcontrolerelor folosind limbajul de programare în C utilizând mediul de dezvoltare ICC AVR

S-a încercat optimizarea codului sursă prin anumite tehnici care diferă de la o familie de microcontrolere la alta. Scopul acestor cercetări este de a reduce memoria ocupată și timpul de execuție al programului.

##### Optimizarea algoritmilor folosind variabile globale sau locale

Funcțiile pot comunica fie prin folosirea variabilelor globale sau argumentelor funcțiilor. Pe unele procesoare este mai potrivită folosirea variabilelor globale, pe altele este mai bine să folosim variabile locale și argumente, iar la unele nu contează.

În general, folosirea variabilelor locale este o alegere mai bună pentru țintele Atmel AVR, TI MSP 430 și ARM. Pentru aceste ținte, compilatorii ImageCraft vor localiza automat variabilele locale în regiștri mașinii dacă este posibil, iar programele sub aceste procesoare RISC vor fi executate mult mai repede, atunci când regiștri mașinii sunt folosiți. Pe unele procesoare este mai avantajoasă folosirea variabilelor globale. 8061 este un astfel de procesor.

##### Atomicitatea Accesului

Pentru marea majoritate de microcontrolere de 8 și 16 biți, folosirea unui obiect de 16 biți necesită accesări ale memoriei de doi octeți mărime. Accesarea unui obiect de 32 biți va necesita 4 accesări, s.a.m.d. Din motive de performanță, compilatorul nu oprește întreruperile, atunci când efectuează o accesare multi-byte.

```
long var;
void somefunc() { ... if (var !=0) ... }
...
void ISR() { ... if (X) var=0; else var++; ...}
```

În exemplul de mai sus, *somefunc()* verifică valoarea unei variabile de 32 biți care este îmbunătățită de *ISR*. În funcție de momentul când *ISR* execută, este posibil ca *somefunc* să nu detecteze niciodată *var==0* deoarece o parte din variabilă se poate modifica în timp ce este examinată. Pentru a rezolva această problemă, este posibil, fie să nu se folosească în acest fel o variabilă multi-byte sau se poate opri și porni o întrerupere în jurul acceselor la variabilă pentru a garanta atomicitatea accesului.

##### Avantajele și dezavantajele folosirii pointerilor și șirurilor

Semantica C-ului este aceea că tipul unui obiect șir este modificat prea repede din pointer în tip de element șir. Acest lucru poate duce în eroare programatorul astfel încât s-ar putea crede că pointerii și șirurile sunt unul și același lucru. În timp ce tipurile lor sunt deseori compatibile, deși nu sunt același lucru. De exemplu, un șir are un spațiu de depozitare asociat cu el, pe când un pointer trebuie inițializat ca să indice un anumit spațiu valid înainte de a-l accesa.

## 4.8 Concluzii

Reglarea variabilelor de proces cum ar fi viteza, frecvența, amplitudinea, se face cel mai precis atunci când se folosește un circuit de control în sistemul de acționare a dispozitivului de dozare cu o buclă de feed-back ce influențează constant parametrul de reglaj al dozatorului.

Acest capitol are ca rezultat alegerea soluțiilor tehnice potrivite pentru construcția standului experimental după cum urmează:

- Din punct de vedere al părții de control s-a optat pentru utilizarea microcontrolerului Atmega8535;
- Conversia analogic digitală va fi realizată cu circuitul AD7730BN care oferă o precizie ridicată efectuând operațiile pe 24 biți;
- Senzorul de greutate va consta într-o punte tensiometrică;

- Se vor folosi două surse de tensiune pentru etajul de procesare a datelor respectiv pentru comanda actuatorilor, cele două circuite electronice vor fi separate prin optocuplare în vederea creșterii preciziei de măsurare;
- Mecanismul de modificare a unghiului jgheabului vibrator va fi realizat utilizând un motor pas cu pas a cărui mișcare de rotație a axului va fi transformată în mișcare rectilinie folosind un mecanism șurub piuliță;
- Obturarea rapidă a secțiunii de curgere va fi realizată de o clapetă acționată de un electromagnet.

Optimizarea standului experimental s-a realizat prin:

- Aplicarea teoriei controlului în buclă închisă.
- Conceperea unui algoritm de dozare eficient, a cărui viteză de dozare să varieze fiind stabilită în timp real în momentul dozării într-un mod unic potrivit fiecărei dozări în parte, cu alte cuvinte, sistemul se reglează automat în funcție de anumiți parametri a căror variații nu pot fi modelate matematic.
- Conturarea unui algoritm de control automat al procesului de dozare, acesta fiind testat pe parcursul cercetărilor experimentale în vederea stabilirii regimului optim de lucru al sistemului de dozare pentru materialele în vrac utilizate în experimente.
- Materializarea schemei logice prin implementarea unor programe software atât pentru microcontroler cât și pentru calculator ținând cont de optimizarea vitezei de lucru a procesorului și a economiei memoriei interne a microcontrolerului prin folosirea variabilelor globale a pointerilor și a funcțiilor.
- Optimizarea algoritmului după testarea lui din punct de vedere al reducerii consumului de energie și a vibrațiilor în partea de sfârșit a procesului de dozare.
- Implementarea algoritmilor va fi prezentată mai în detaliu în capitolul 5 „Cercetări experimentale privind analiza influenței sistemului de automatizare asupra calității procesului de dozare”.

## Capitolul 5

### Cercetări experimentale privind analiza influenței sistemului de automatizare asupra calității procesului de dozare

#### 5.1 Descrierea generală a standului de cercetare

În construcția standului cea mai importantă componentă este vibrotransportorul. Modul în care se formează vibrațiile determină maniera de curgere a materialului. În capitolul 4 s-a făcut un studiu amănunțit asupra soluțiilor tehnice alese în proiectarea standului, modelând matematic curgerea materialului pe un vibrotransportor cu motor având masa descentrată.

Dintre cele trei metode de generare a vibrațiilor, în construcția standului a fost aleasă metoda cu masă descentrată (figura 5.1).

Cea mai importantă condiție pe care trebuie să o satisfacă elementul de acționare al vibrotransportorului o reprezintă forța de acționare necesară (calculată în capitolul 3). Scopul vibrotransportorului este de a transporta materialul din buncărul de alimentare în cuva de dozare.

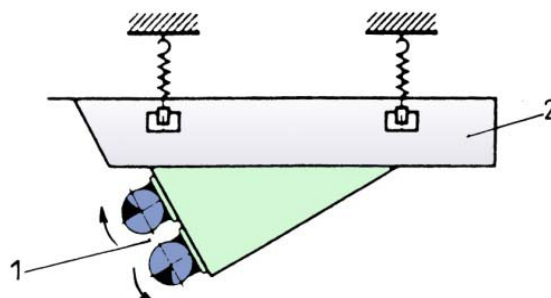


Figura 5.1 Moduri de generare a vibrațiilor: motor cu mase descentrate.



## 5.2 Structura mecanică a standului

### 5.2.1 Materiale folosite în construcția standului

Standul este format din două părți legate prin elemente elastice:

- masa metalică din oțel;
- structura care include jgheabul vibrator.

S-a confecționat o structură metalică paralelipipedică cu dimensiunile 800x420x110 mm, din cornier de oțel cu grosimea de 3 mm, având pe partea superioară tablă de oțel cu 3 mm grosime. Părțile laterale au fost confecționate din material tip Dibond de 3 mm grosime iar partea inferioară policarbonat de 10 mm grosime.

Ansamblul vibrator al sistemului a fost confecționată prin frezarea unei plăci de Dibond conform desenului prezentat în figura 5.2. Frezarea s-a efectuat pe o mașină cu comandă numerică asistată de calculator.

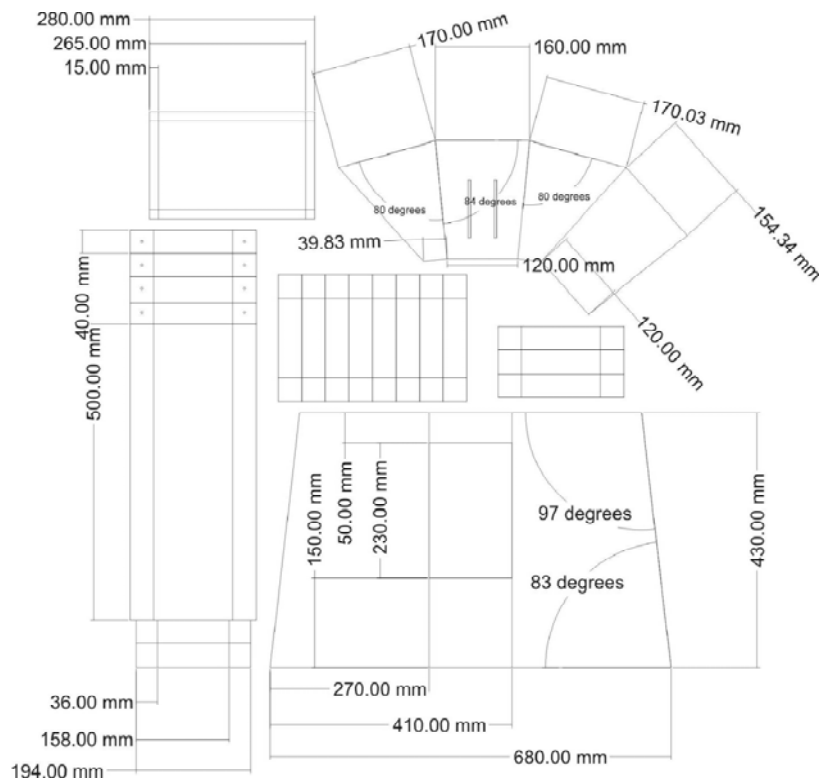


Figura 5.2 Desenul după care s-a efectuat frezarea plăcii de dibond.

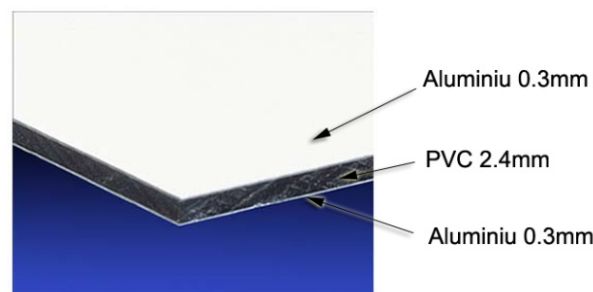


Figura 5.3 Structura materialului compozit dibond.

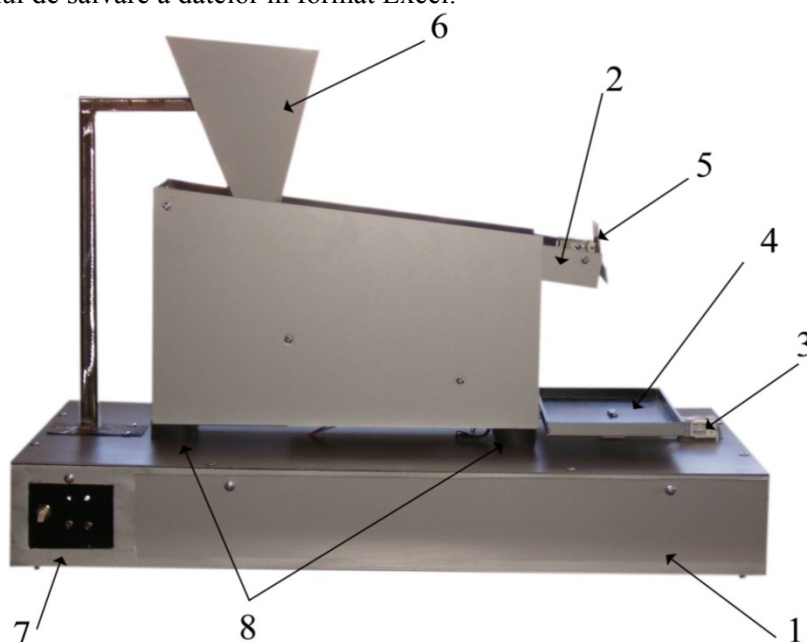
### Justificarea alegerii materialului Dibond pentru confecționarea jgheabului

Pentru construirea părții vibratoare s-a folosit material Dibond datorită avantajelor pe care le oferă la prelucrare. Dibondul este un material compozit, compus din două fețe din aluminiu de 0,3 mm și miez de polietilenă. Această structură conferă materialului: duritate ridicată a suprafeței, rezistență la îndoire, planeitate perfectă și în același timp ușurință în prelucrare.

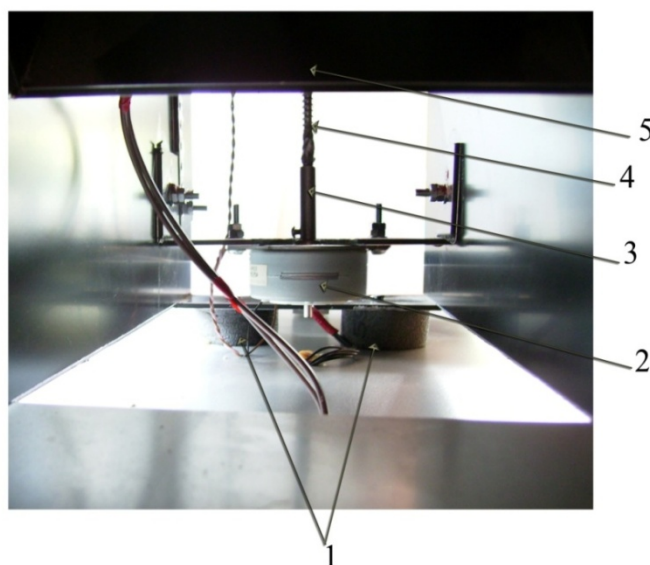
### 5.2.2 Componentele standului

În figura 5.4 este prezentată construcția fizică a standului de dozare. Principiul de funcționare poate fi descris prin următoarele etape:

- operatorul umple cu material cuva de alimentare (1);
- operatorul realizează tararea și eventual calibrarea sistemului de cântărire;
- operatorul setează parametrii de dozare cum ar fi: cantitatea de material ce va fi dozată, alegerea algoritmului de dozare, parametrii algoritmului de dozare;
- pornirea procesului de dozare;
- jgheabul vibrator va transporta materialul de dozat spre recipientul de umplut care este poziționat pe celula de cântărire;
- dacă valoarea cântărită este egală sau o depășește pe cea dorită atunci procesul de dozare se încheie;
- operatorul poate vizualiza caracteristica de dozare în aplicația de pe PC sau poate apăsa butonul de salvare a datelor în format Excel.



**Figura 5.4 Standul experimental;** 1 – masa metalică, 2 - jgheabul vibrator, 3- Celula tensiometrică, 4- locaș pentru recipientul de umplere, 5 – clapeta rapidă de obturare, 6 – cuva de alimentare, 7 – panou de comandă pentru alimentarea etajelor electronice.



**Figura 5.5 Mecanism șurub piuliță, pentru schimbarea unghiului jgheabului vibrator;** 1 – elemente elastice, 2 – motor pas cu pas unipolar, 3 – cuplaj, 4 – șurub, 5 – piuliță.

Modificarea unghiului jgheabului vibrator se face prin mecanismul șurub piuliță prezentat în figura 5.5. Mișcarea de rotație a axului motorului pas cu pas (2), este transmisă prin intermediul cuplajului (3) la șurubul (4), care intră în contact cu piulița (5). Mișcarea de translație a piuliței este aplicată jgheabului în partea de curgere, ceea ce duce la schimbarea unghiului jgheabului vibrator.

### 5.3 Diagrama de funcționare a standului

Diagrama de funcționare a fost făcută pe baza următoarelor condiții pe care sistemul trebuie să le îndeplinească:

- Realizarea unui protocol de comunicație cu calculatorul;
- Comanda elementelor de acționare pentru generarea vibrațiilor, schimbarea unghiului vibrator și controlul clapetei de obturare;
- Realizarea conversiei analog digitale;
- Bucla închisă de dozare pentru reglarea debitului.

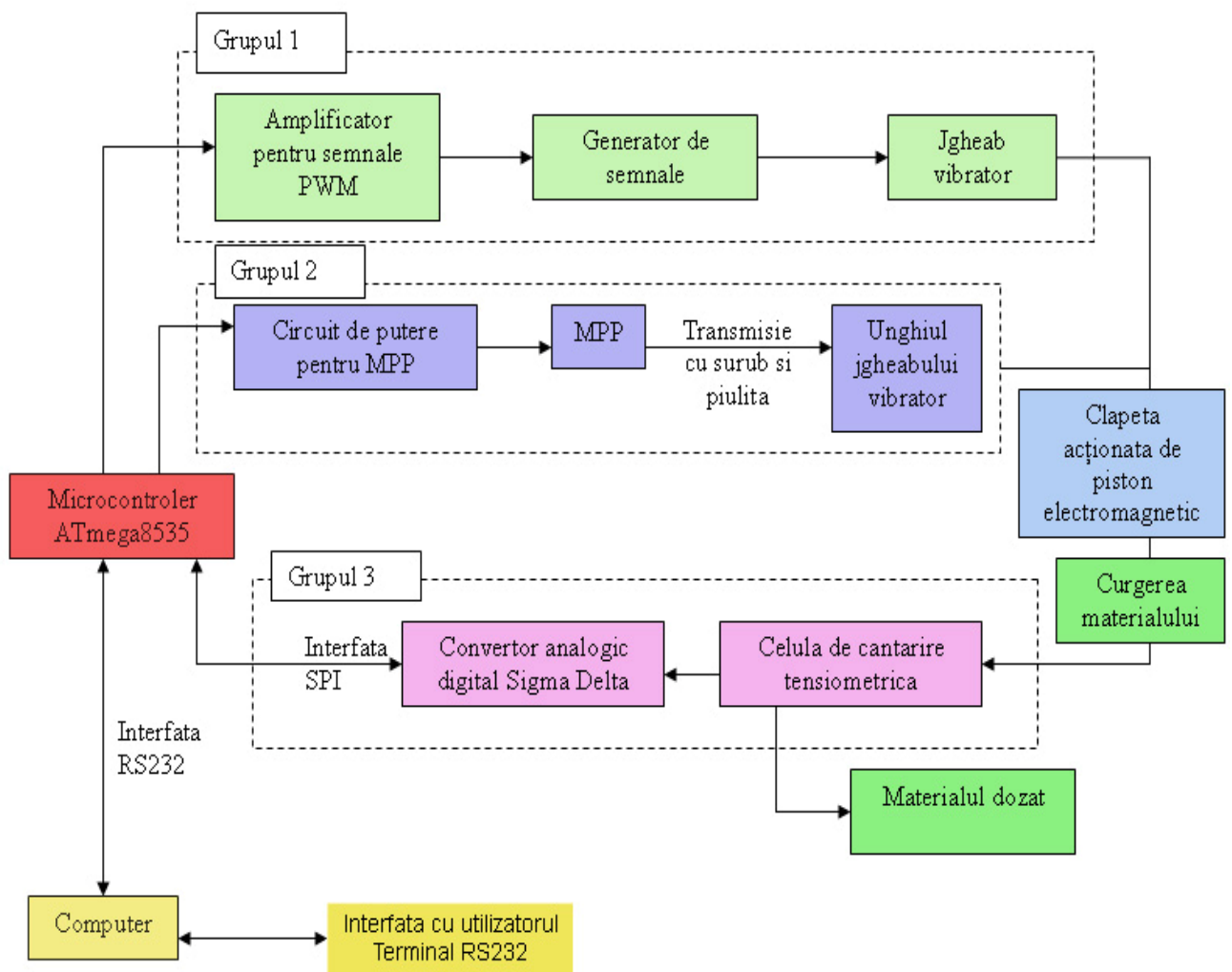


Figura 5.6 Schema de funcționalitate a sistemului.

După cum reiese din schema de mai sus, toate acțiunile depind de comenzile pe care le dă microcontrolerul. Prin intermediul interfeței grafice din aplicația de pe PC, utilizatorul poate seta anumiți parametri ai dozării și poate comanda fazele procesului: pornire, oprire, resetare a procesului de dozare.

Schema include mai multe grupuri de blocuri:

- Grupul 1 cuprinde blocurile în care se produce amplificarea semnalului de comandă PWM generat de microcontroler. Semnalul amplificat este aplicat sistemului generator de vibrații pentru jgheabul vibrator. Microcontrolerul trimite semnale la aceste blocuri, transmisia semnalelor fiind unidirecțională.

- Grupul 2 cuprinde blocurile de amplificare de semnal de la microcontroler pentru comanda unui motor pas cu pas unipolar, care printr-o transmisie șurub piuliță realizează schimbarea unghiului jgheabului vibrator. Microcontrolerul trimite semnale la aceste blocuri, transmisia semnalelor fiind unidirecțională.
- Grupul 3 are o conexiune bidirecțională cu microcontrolerul. Aceste blocuri realizează cântărirea.
- Grupul 4 reprezintă modul prin care operatorul comunică cu sistemul. Acest lucru este realizat prin interfața grafică a unei aplicații de pe PC. Transferul datelor este bidirecțional.

Optimizarea procesului, din punct de vedere al vitezei și preciziei de dozare, este realizată prin controlul vibrațiilor și al unghiului jgheabului de curgere în funcție de materialul care mai trebuie dozat. Grupurile 2 și 3 sunt responsabile cu amplificarea semnalelor de la microcontroler pentru controlul vibrațiilor și al unghiului jgheabului vibrator. Cantitatea de material care mai trebuie dozată, este obținută prin diferența dintre valoarea dorită și valoarea obținută prin cântărire prin intermediul convertorului analogic digital inclus în grupul de blocuri 3.

## 5.4 Circuitele electronice alese pentru automatizarea standului

Pentru automatizarea sistemului este folosit microcontrolerul ATMEGA8535 pe 8 biți.

Avantajele acestui microcontroler (pe lângă cele amintite în capitolul 4 „Analiza și contribuții la alegerea soluțiilor tehnice pentru sisteme de control automate utilizate în cadrul dozatoarelor cu vibrații”):

- Preț scăzut;
- Suportă programe în limbajul C mai bine decât microcontrolerele PIC. Programarea în C necesită mai puțin timp și efort, codul fiind executabil într-un timp acceptabil pentru aceasta aplicație;
- Dispune de port ISP (In System Programable) și memorie FLASH care permite programarea repetată de 10000 ori fără a scoate microcontrolerul din soclu ceea ce duce la scăderea considerabilă a timpului de programare;
- Viteză mare de execuție, la o frecvență a oscilatorului de 16 MHz, execută aproximativ 16 milioane de instrucțiuni de bază pe secundă;
- Dispune de 4 porturi paralele ce ne-ar permite atașarea unei tastaturi și a unui afișaj cu cristale lichide sau cu leduri ceea ce ar duce la construirea unui sistem independent, fără PC.

Dispune de un convertor ADC pe 10 biți cu 8 linii. Acesta lărgiște capacitatea controlerului de a optimiza procesele ținând cont și de alți parametri care pot fi obținuți de la senzori analogici cum ar fi temperatura, umiditatea, vibrațiile melcului etc.

## 5.5 Schema electrică a plăcii centrale

Pentru punerea în practică a diagramei de funcționare a fost necesară proiectarea a șase plăci cu trasee imprimare:

- Placa principală cu microcontroler ATmega8535 comandă toate elementele de acționare în funcție de starea senzorilor și a datelor de intrare. Ea comunică cu calculatorul prin intermediul unei interfețe seriale RS232 și cu convertorul specializat prin interfață SPI.
- Placa cu circuitul integrat pentru conversie analog digitală AD7730 este cea mai sensibilă componentă din punct de vedere al semnalelor parazite. Aceasta comunică cu placa centrală printr-un buffer HCT4050 cu rolul de izolare a semnalelor parazite. Prin intermediul acestei plăci este conectată celula tensiometrică la circuitul de conversie analog digitală.
- Placa pentru sursa de alimentare a circuitului de putere, asigură o tensiune de 12 Vcc pentru alimentarea elementelor de acționare.
- Placa pentru sursa de alimentare a circuitului de control, asigură o tensiune regulată de 5 Vcc pentru alimentarea microcontrolerului și convertorului AD7730.
- Placa pentru izolare galvanică cu optocuploare PC817 asigură o separare între circuitul de comandă (care conține ATmega8535 și AD7730) și circuitul de putere care alimentează elementele de acționare. Rolul acestor optocuploare este acela de a nu lăsa semnalele parazite provenite de la elementele de acționare, să influențeze precizia de cântărire (ex. semnale parazite: zgomotul produs de periile colectoare de la motorul vibrator, la alimentarea unui consumator tensiunea fluctuează pentru un interval de timp, zgomotul semnalului de comandă a fazelor motorului pas cu pas de schimbare a unghiului jgheabului vibrator).

- Placa cu circuitul L6203 este folosită la amplificarea semnalului de comandă (semnal modulată în lățime) a motorului cu masă descentrată.

Schema plăcii centrale este prezentată în figura 5.8. În cele ce urmează vor fi prezentate blocurile ce sunt cuprinse în această schemă. Cu linie îngroșată albastră este trasată magistrala microcontrolerului folosită pentru simplificarea schemei.

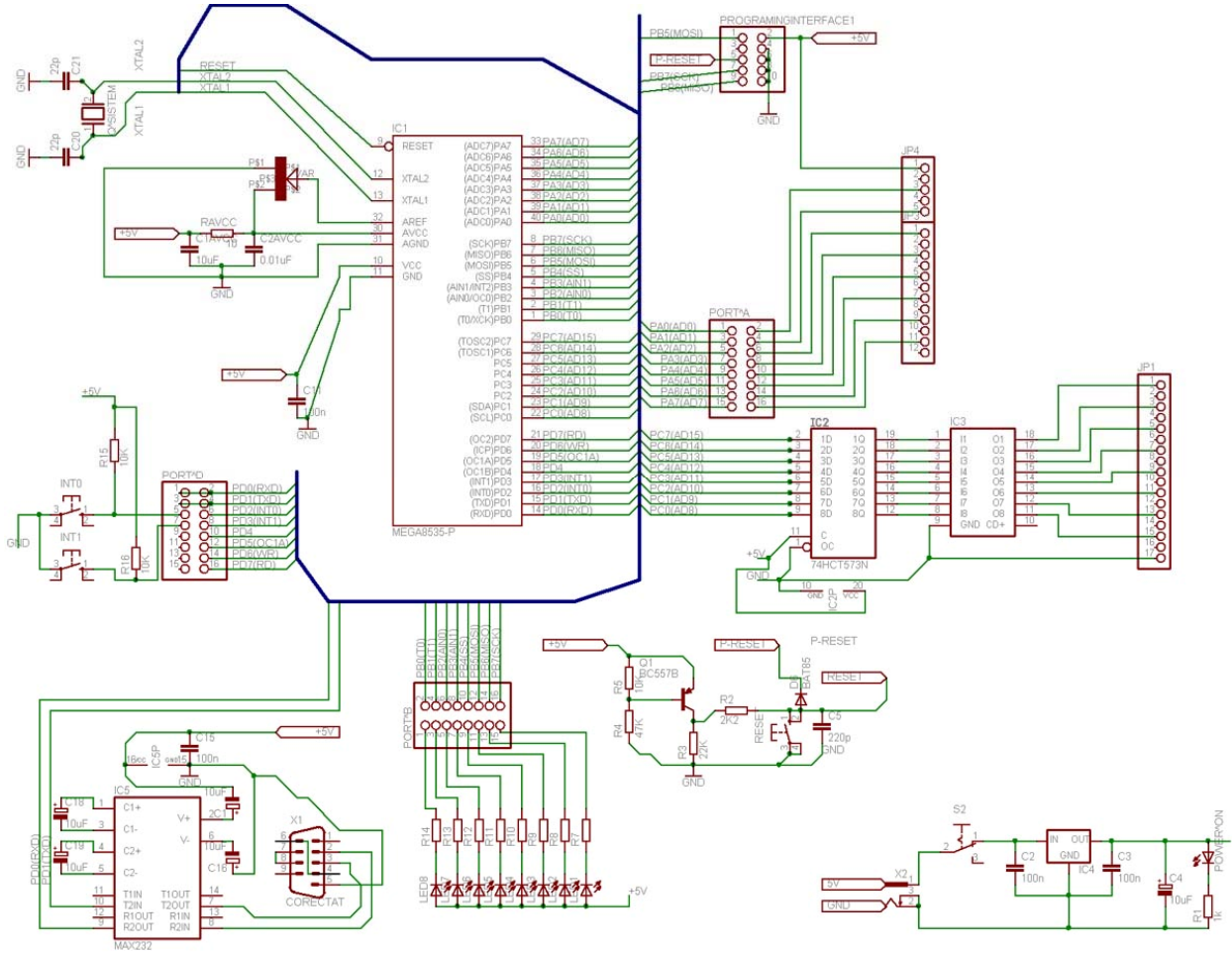


Figura 5.8 Schema electrică a plăcii cu microcontrolerul ATMEGA8535.

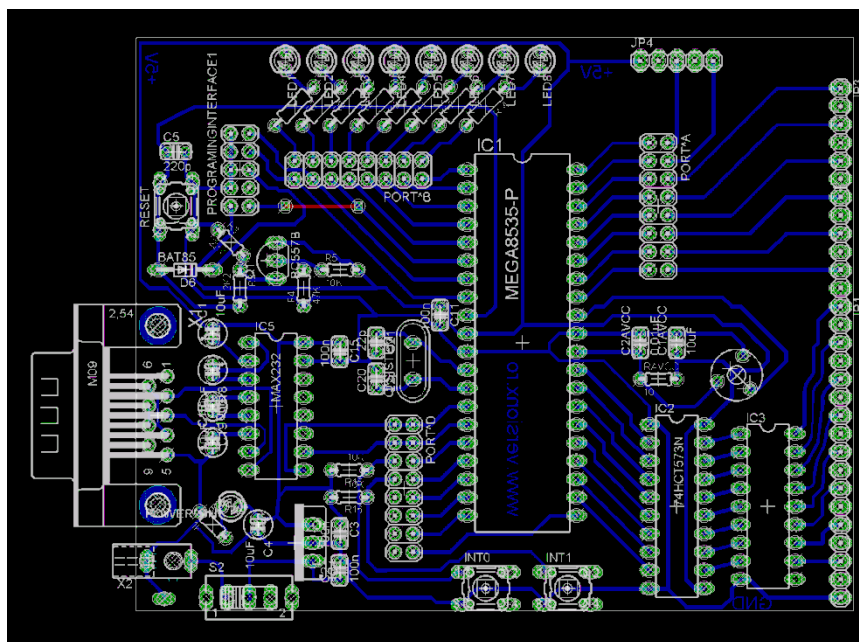


Figura 5.9 Cablajul plăcii centrale echipată cu microcontrolerul ATMEGA8535.

## 5.6 Optimizarea circuitului convertor analogic digital AD7730BN

Vibrațiile sistemului de transport provoacă erori în procesul de conversie analog digitală, acestea fiind cea mai importantă cauză a erorilor dintr-un sistem de cântărire. Înlăturarea acestor erori poate fi făcută luând următoarele măsuri:

- aplicarea unor filtre electronice pe semnalul de la traductor;
- găsirea valorii optime pentru registrul de filtrare al convertorului Sigma Delta inclus în circuitul specializat AD7730.

Microcontrolerul primește pe interfața SPI (Serial Peripheral Interface) rezultatul unei conversii analog-digitale (ADC). Circuitul integrat care realizează conversia (AD7730) este produs de Analog Devices.

Vibrațiile produse de alimentator nu au nicio influență asupra sistemului de cântărire prin scăderea greutatei debitului de material evacuat, deoarece frecvența vibrațiilor este cu mult mai mare decât frecvența de eșantionare și astfel vibrațiile vor fi filtrate prin funcții specifice de filtrare incluse în controlerul de cântărire.

Pentru a realiza comunicația microcontrolerului cu circuit AD7730 este folosită interfața SPI. Aceasta interfață se realizează cu ajutorul a 3 linii de semnale: MISO , MOSI, SCK.

Microcontrolerul este setat ca fiind MASTER iar AD7730 slave. Datele sunt trimise totdeauna de la Master la Slave pe linia Master Out – Slave In (MOSI) și de la Slave la Master pe linia Master In – Slave Out (MISO). Pe linia SCK componenta setată ca master va trimite semnalul de sincronizare ori de câte ori se produce un transfer de date.

Mărimea regiștrilor circuitului AD7730 variază de la 8...32 de biți. Deși, portul serial al microcontrolerului este pe 8 biți, acesta poate citi succesiv cei 3 octeți ai unui registru pe 24 biți.

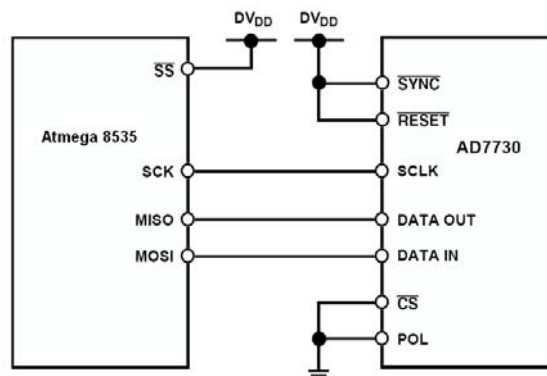


Figura 5.17 Interfața serială între ATmega 8535 și AD7730.

Linia SS (Slave Select) a microcontrolerului este legată la 5V deoarece circuitul este master.

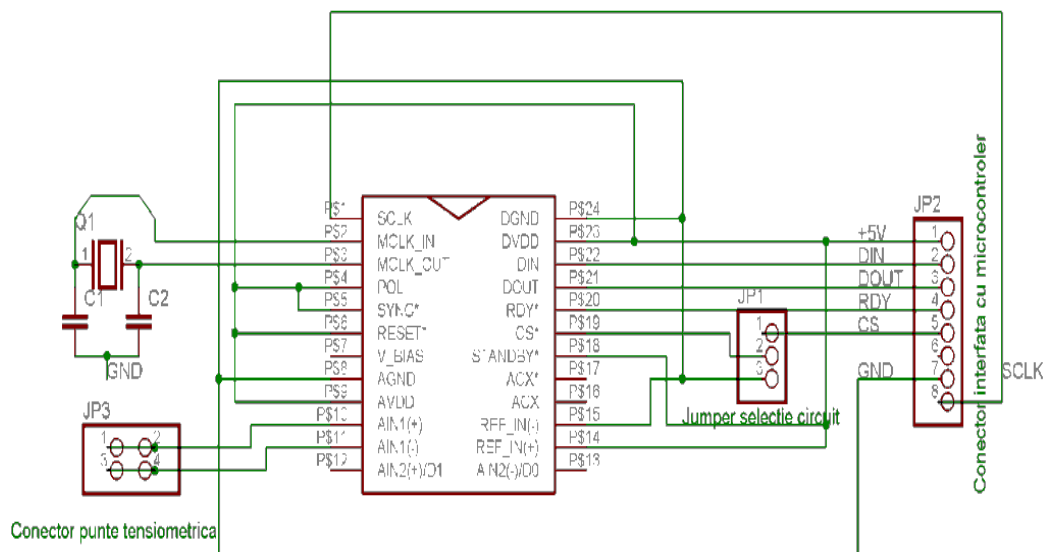


Figura 5.18 Schema electrică și cablajul plăcii cu convertorul analogic digital AD7730BN.

### 5.6.1 Schema electrică a circuitului de comandă a motorului cu masă descentrată folosind circuitul L6203

Controlul motorului cu masă descentrată s-a realizat folosind un circuit specializat de control pentru motoare în curent continuu. Structura internă conține o punte H din tranzistori MOSFET care permite comanda în ambele sensuri a motorului. Intrările circuitului sunt compatibile cu semnalele TTL provenite de la microcontrolerul ATmega8535. Microcontrolerul comandă circuitul prin doar două linii: IN1 prin care este activată o anumită pereche de tranzistori din puntea H și EN care este legat la generatorul de semnal PWM de la microcontroler. Schema montajului pentru controlul motorului este prezentată în figura 5.20.

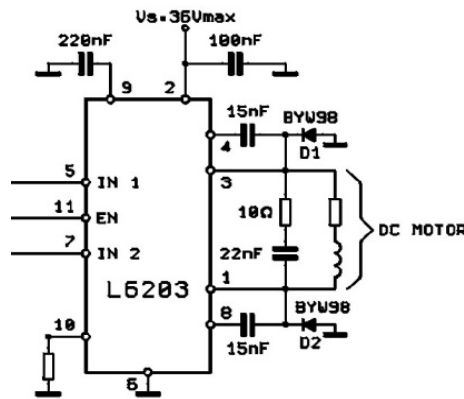


Figura 5.20 Montajul circuitului de putere L6203 care comandă direct elementul de acționare.

### 5.6.2 Comanda motorului pas cu pas pentru modificarea unghiului de înclinare al jgheabului vibrator

Comanda motorului pas cu pas se face folosind două circuite integrate:

- 74HCT573 cu rolul de separare a părții de putere de partea digitală (acest circuit integrat poate lipsi din montaj);
- ULN2003 pentru amplificarea semnalelor.

### Descrierea circuitului 74HCT573

Circuitul integrat 74HCT573 este un latch (zăvor) transparent cu 8 intrări și 8 ieșiri (trei stări).

Din figura 5.21 se observă că semnalul de intrare D, se propagă pe ieșirea Q, dacă semnalul de ceas este pe 1 logic.

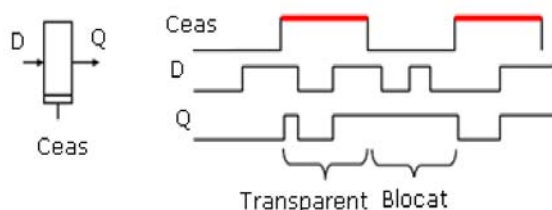


Figura 5.21 Modul de propagare a datelor prin celula de bază a unui latch (zăvor) transparent.

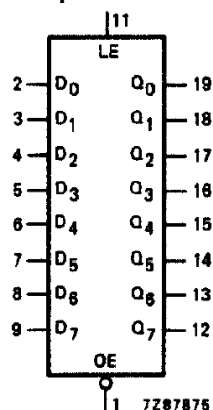


Figura 5.22 Pinii circuitului latch 74HCT573.

Dacă pinul 11-LE (Latch Enable) este 1 logic, datele de intrare de pe pini 2:9 1D:8D intră în latch.

Dacă pinul 11-LE (Latch Enable) este 0 logic, atunci latch-ul va păstra datele de intrare care sunt prezente în momentul tranziției pinului 11-C (Latch Enable) din 1 în 0.

Dacă pinul 1 OE (Out Enable) este 0, conținutul latch-ului este disponibil pe ieșiri 1Q:8Q.

Dacă pinul 1 OE (Out Enable) este 1, ieșirile sunt puse în starea de înaltă impedanță.

În acest sistem circuitul 74HCT573 are rol de protecție. În cazul unei proaste funcționări a etajelor de amplificare, se va defecta latch-ul care are un cost scăzut în comparație cu partea de procesare a datelor. Pentru ca datele de intrare în latch să fie disponibile la ieșirea din acesta, pinul 11-LE (Latch Enable) va fi conectat la +5V iar pinul 1 \*OE (Out Enable), va fi conectat la GND.

### Descrierea circuitului ULN2003

Circuitul integrat ULN2003 include 7 etaje de amplificare Darlington. Dacă una dintre intrările circuitului I1:18 este 1 logic atunci ieșirea corespunzătoare intrării va conduce curentul spre masă (GND).

Motorul pas cu pas unipolar cu 5 fire este legat direct la circuitul ULN 2803 ca în figura 5.23. Exemplu: Dacă pe pinul 0, Portul C al microcontroler-ului se aplică un 1 logic, acesta se propagă prin latch ajungând pe intrarea I1 a circuitului ULN2003. Ieșirea Q1 conduce la masă curentul, prin urmare înfășurarea 1 va fi parcursă de curent și rotorul motorului pas cu pas se va roti în poziția în care reluctanța este minimă.

Tabelul 5.1 Secvența de comandă mixtă pentru rotirea motorului într-o direcție

Faza 1	Faza 2	Faza 3	Faza 4	Cod hexa
0	0	0	1	1
0	0	1	1	3
0	0	1	0	2
0	1	1	0	6
0	1	0	0	4
1	1	0	0	C
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9

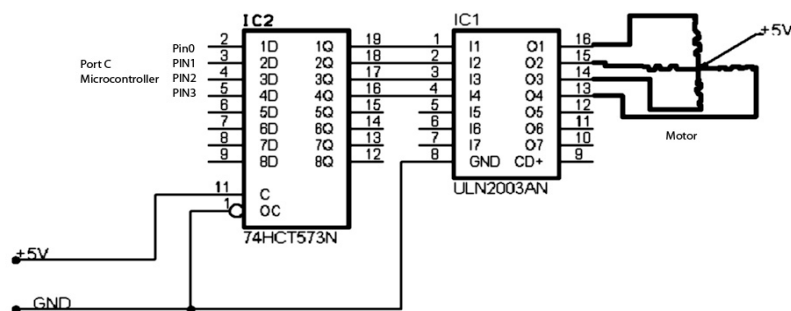


Figura 5.23 Schema de conectare a motorului la circuitul de amplificare ULN2803.

## 5.7 Izolarea modului de calcul față de modulul de comandă al etajelor de putere pentru evitarea semnalelor parazite.

Convertorul analogic digital AD7730 necesită o sursă de alimentare foarte bine stabilizată. Introducerea unui element de acționare cum ar fi motorul vibrator introduce în circuitul convertorului analogic digital semnale parazite.

Problema semnalelor parazite poate fi rezolvată prin separarea circuitului de putere al motorului de partea de conversie analogică digitală. În acest caz s-a optat pentru folosirea circuitului fotocuplor PC817. După cum îi spune și numele acesta realizează legătura dintre cele două părți pe cale optică. Nefiind nicio legătură electrică între cele două părți, convertorul ADC nu va fi influențat de semnalul parazit creat de motor. În figura 5.24 este prezentată capsula și diagrama conexiunilor circuitului PC817.





Figura 5.24 Circuitul optocuplor PC817 a - Capsula circuitului PC817; b - Diagrama conexiunilor interne a circuitului PC817.

Din figura 5.24 - b reiese că optocuplorul se compune dintr-o diodă emițătoare de lumină și un fototranzistor. Când este aplicată tensiune pe pinii 1 și 2, dioda emite lumină iar fototranzistorul închide circuitul de pe pinii 4 și 3.

Tensiunea semnalului de intrare trebuie să fie 3V, iar a semnalului de ieșire de  $V_{CEO} < 20$  V. Montajul în care funcționează este prezentat în figura 5.25.

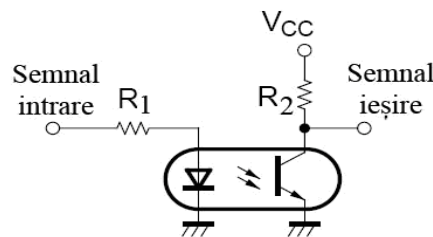


Figura 5.25 Montajul în care funcționează circuitul PC817.

## 5.8 Determinarea frecvențelor de lucru ale vibrotransportorului

În vederea determinării frecvențelor de lucru ale vibrotransportorului proiectat a fost concepută o schemă de achiziție și prelucrare a datelor alcătuită din următoarele componente, fabricate de firma Brüel & Kjør:

- Platforma PULSE 12;
- Două accelerometre de tip 4507 B01 (fig. 5.26) cu elemente de fixare (fig 5.27), folosite pentru înregistrarea semnalelor în două puncte distincte ale vibrotransportorului (fig 5.28).



Figura 5.26 Traductori de accelerație tip 4507 B01.



Figura 5.27 Element de fixare tip UA 1407.

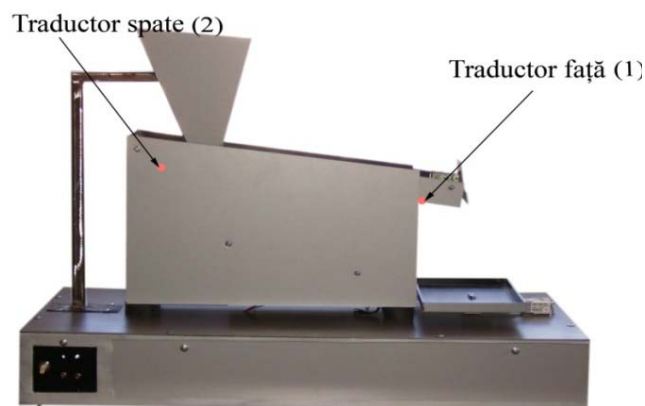


Figura 5.28 Poziția traductorilor pe standul de dozare

Traductor față (1) – punctul de măsurare este în zona de deschidere a clapetei  
 Traductor spate (2) – punctul de măsurare este în apropierea motorului de antrenare.

Avându-se în vedere modul de funcționare al vibrotransportorului, cele două accelerometre au fost montate considerându-se direcția perpendiculară pe jgheab a mișcărilor vibratorii. Ca puncte de fixare, au fost alese, conform figurii 5.28, punctele din fața și spatele jgheabului în care, generic, vor fi definite în continuare Punctul 1 (traductor față) și Punctul 2 (traductor spate). Fixarea traductorilor de accelerație s-a realizat prin intermediul unor cleme din plastic, produse tot de către firma Brüel & Kjaer și recomandate pentru acest tip de măsurători.

Din documentația firmei producătoare (Bp1841.pdf – fișier accesabil pe site-ul producătorului Brüel & Kjaer) rezultă faptul că, restricțiile apărute ca urmare a utilizării acestui tip de fixare nu influențează negativ rezultatele măsurătorilor în domeniul de frecvență considerat.

Din punct de vedere al măsurătorilor, s-a urmărit determinarea nivelului vibrațiilor dezvoltate în timpul funcționării precum și frecvențele corespunzătoare acestora. Ca urmare, semnalele măsurate au fost prelucrate din punct de vedere al spectrului frecvențelor prin utilizarea metodei FFT.

Pentru o evidențiere a efectelor datorate umplerii vibrotransportorului cu material granulat au fost efectuate seturi de măsurători atât pentru „mersul în gol” (fără material) cât și pentru funcționarea cu material.

### Analiza FFT-1

Condiții de măsurare: S-a considerat cazul în care jgheabul este fără încărcare („mers în gol”).  
Denumire fișier: TEST\_01

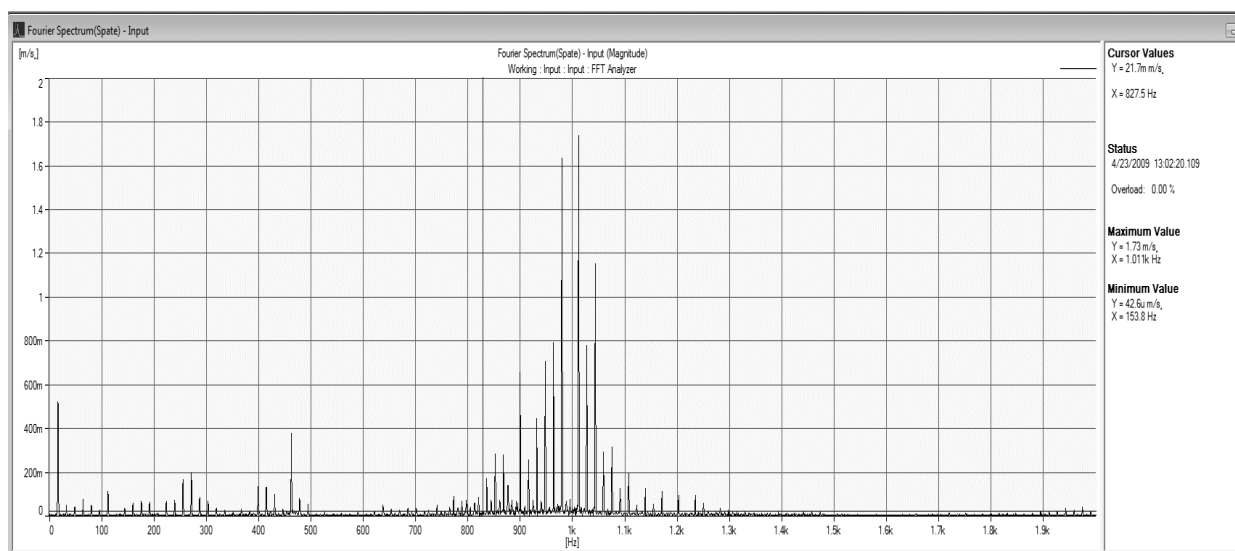


Figura 5.29 Analiza FFT a semnalului măsurat în spatele jgheabului.

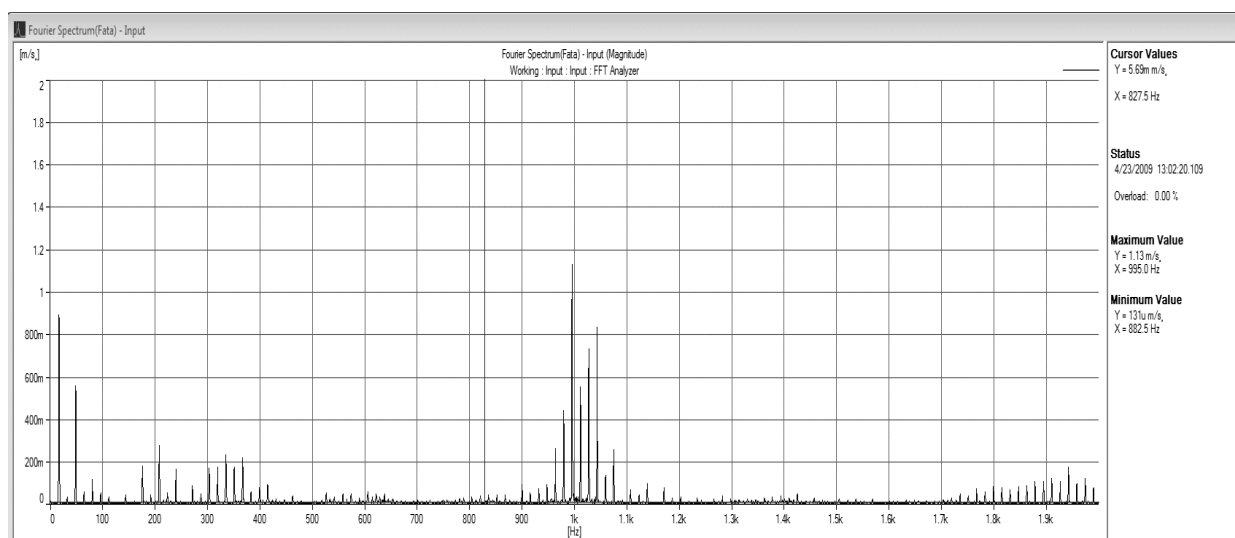


Figura 5.30 Analiza FFT a semnalului măsurat în fața jgheabului.

În urma măsurătorilor efectuate, pe baza figurilor 5.29 și 5.30, s-au evidențiat două grupe de frecvențe dominante: o grupă până la valoarea de 500 Hz și o a doua, centrată în jurul frecvenței de 1000 Hz. În cadrul primei grupe se distinge frecvența de 15,63 Hz corespunzătoare turației motorului electric (aprox. 938 rot/min).

Se remarcă faptul că, la anumite frecvențe (50Hz și 1kHz) se dezvoltă mișcări vibratorii care au nivele de accelerație apropiate atât în față cât și în spatele vibrotransportorului în timp ce, la restul frecvențelor există diferențe mari între nivelele accelerațiilor în cele două zone considerate.

## Analiza FFT-2

Condiții de măsurare: S-a considerat cazul în care jgheabul este încărcat cu material având următoarele caracteristici:

Formă: elipsoid.

Dimensiuni:

- Diametru 1: 6mm; Diametru 2: 4mm; Distanță centre: 2mm.

Densitate:  $0.86 \text{ g/cm}^3$

Greutate granulă: 0.1 g

Denumire fișier: TEST\_02

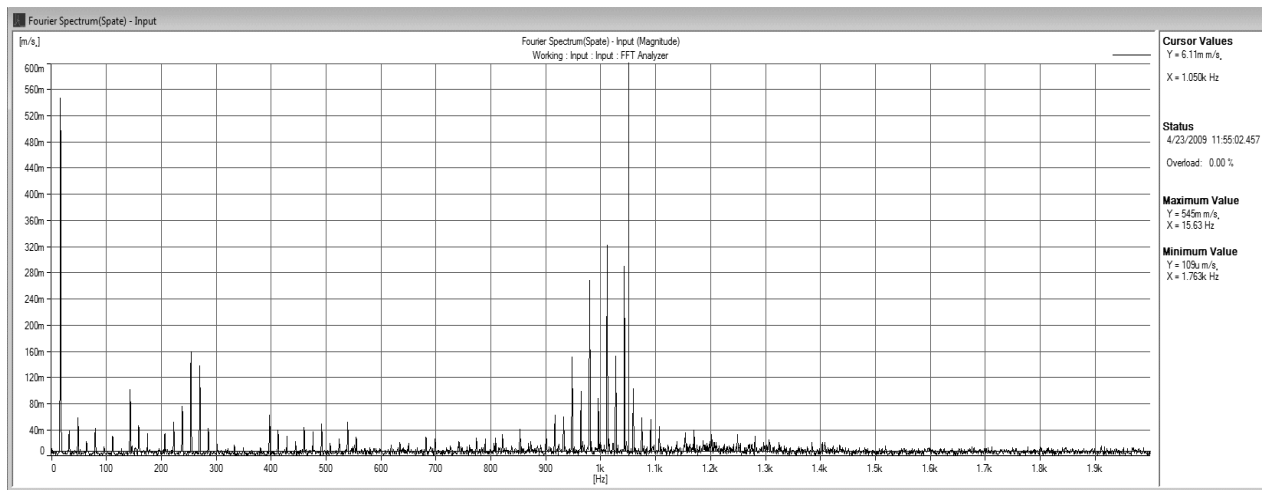


Figura.5.31 Analiza FFT a semnalului măsurat în spatele jgheabului.

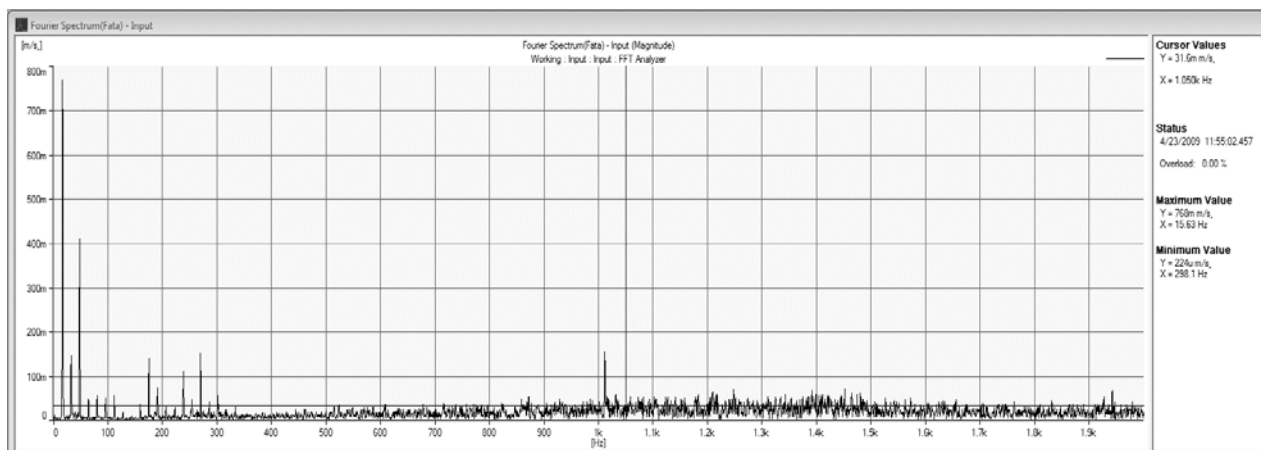


Figura 5.32 Analiza FFT a semnalului măsurat în fața jgheabului.

Din analiza rezultatelor reiese faptul că frecvența de 15,63 Hz se regăsește și în cazul celui de-al doilea set de măsurători. În același timp se regăsesc și frecvențele dominante întâlnite în intervalul de până la 500 Hz.

Se remarcă faptul că, în cazul umplerii jgheabului, în partea din față, nivelul amplitudinii vibrațiilor este atenuat, în timp ce spectrul frecvențelor semnalelor măsurate în spatele jgheabului își păstrează distribuția regăsită la mersul în gol.

Concluzia finală este aceea că încărcarea jgheabului vibrator influențează modul de amortizare a vibrațiilor și, implicit, curgerea materialului. Aceste fluctuații de curgere a materialului au fost înlăturate prin controlul în buclă închisă al actuatorului de generare a vibrațiilor. Dacă controlerul sesizează schimbarea debitului de material transportat, față de valoarea dorită într-un interval de timp (200ms), atunci va modifica comanda motorului astfel încât să corecteze eroarea.

## **5.10 Analiza rezultatelor experimentale și concluzii în urma comparării cu alte sisteme existente**

Studiul experimental a fost planificat în două etape: construcția standului și testarea algoritmilor de dozare. Cercetările teoretice prezentate în “Analiza și contribuții la alegerea soluțiilor tehnice pentru sisteme de control automate utilizate în cadrul dozatoarelor cu vibrații” au reprezentat punctul de pornire în construcția fizică a standului precum și în conturarea algoritmilor propuși a fi testați. Caracterul imprevizibil al comportării curgerii materialelor a determinat conceperea mai multor algoritmi și alegerea celui mai eficient, prin metode experimentale.

Din cei 17 algoritmi testați pentru controlul procesului de dozare, algoritmul 2.4 a dat cele mai bune rezultate în diferite condiții (gramaj de dozat: 150 g, 300 g, 450 g; materiale cu caracteristici diferite).

### **Caracteristicile materialelor testate**

Material 1.

Formă: cilindru.

Dimensiuni: Diametru: 2mm; Lungime: 20mm; Diametru cap: 3mm.

Densitate: oțel 7.8 g/cm<sup>3</sup>

Greutate granulă: 0.5 g

Material 2.

Formă: elipsoid.

Dimensiuni: Diametru1: 6mm; Diametru2: 4mm; Distanță centre: 2mm.

Densitate: 0.86 g/cm<sup>3</sup>

Greutate granulă: 0.1 g

Material 3.

Formă: granulă neuniformă.

Dimensiuni: Diametru maxim: 1.5mm.

Densitate: 2.165 g/cm<sup>3</sup>

Greutate granulă: -

### **Condițiile de testare**

În acest capitol au fost prezentate aspecte legate de studiul experimental realizat în vederea testării și optimizării standului, proiectat special pentru a facilita testarea comportării sistemului în diferite condiții.

Folosind rezultatele studiului teoretic, prezentat în capitolul 3 „Contribuții teoretice privind procesele de dozare a materialelor solide în vrac” a fost proiectat standul experimental. Un obiectiv important al acestui capitol a fost testarea unor algoritmi PID pentru controlul optim al procesului de dozare astfel încât caracteristica de dozare să fie imună la factorii perturbatori.

Toate testele au început cu un proces de dozare care nu a fost luat în calcul. Rolul acestui proces este acela că materialul și parametrii de lucru să intre în regim normal (materialul se uniformizează pe jgheabul vibrator, mecanismele se gresează în cazul unei nefolosiri mai îndelungate, se inspectează vizual funcționarea părții fizice a sistemului). În Anexa 2 sunt prezentate caracteristicile de dozare pentru materialele: material 1, material 2, material 3.

Un exemplu de caracteristică de dozare este prezentat în Tablelul 5.2 și figura 5.33.

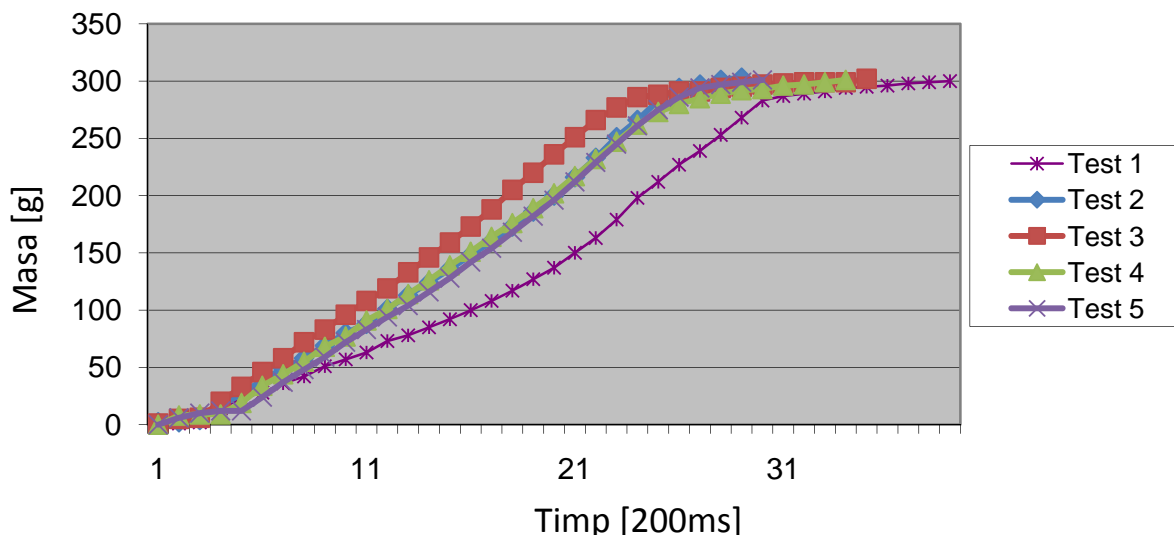
Condițiile de testare sunt:

- Algoritm: 2.4
- Material: material 2
- Masa: 300g

**Tabelul 5.2 Rezultate obținute pe standul experimental**

Nr. crt.	Material	Masa [g]	Eroare [g]	Timp [s]
1	Material 2	300	0	7,8
2			3	5,8
3			2	7,0
4			1	6,8
5			1	6,0

Caracteristica de dozare:



**Figura 5.33 Caracteristica de dozare.** Algoritm: 24; material: material 2; masa: 300 g.

În tabelul 5.3 sunt prezentate rezultatele precum și condițiile de testare a experimentelor efectuate pe sistemul de dozare standard cu două trepte de viteză. Alte teste asemănătoare sunt prezentate în Anexa 3 pentru doze de 150g, 300g, 450g în cazul celor trei tipuri de materiale prezentate anterior.

### 5.10.1 Concluzii generale asupra testelor efectuate

Pentru fiecare test s-au trasat diagramele corespunzătoare prezentate în Anexa 3.

Concluziile testelor sunt:

- Sistemul are precizie de  $\pm 5\%$  în toate cazurile mai puțin în cazul dozării cuielor în cantitatea de 150g (Tabelul 5.3). Erorile sunt cauzate de inerția mare pe care o are materialul și fenomenul de curgere în avalanșă (datorat formei și magnetizării materialului în urma procesului de fabricație, și al răspunsului lent dat de algoritmul PID).
- Procesele de dozare sunt relativ scurte datorită algoritmului PID de reglare a debitului în funcție de cantitatea rămasă de dozat.
- Punerea în practică a rezultatelor studiului teoretic cu privire la: curgerea materialelor, dimensionarea buncărului, unghiul de taluz al materialelor testate, generarea vibrațiilor, a validat calculele și concluziile prezentate în capitolul 3.

**Tabelul 5.3 Valori obținute pe un sistem standard de dozare.**

Material: material 2							
Doza	Reglaj fin	Masa schimbare regim	Experiment nr.	Eroare [g]	Perioada dozare [s]	Media eroare [g]	Media perioada dozare [s]
300	minim	30	1	4	5,07	16	5,06
			2	10	5,12		
			3	17	5,07		
			4	21	5,01		
			5	28	5,03		

		20	1	34	5,76	28,2	5,01
			2	26	5,01		
			3	31	4,84		
			4	30	5,31		
			5	20	4,13		

### 5.10.2 Concluzii privind analiza comparativă cu alte sisteme de dozare existente

În Tabelul 5.4 sunt prezentate erorile și timpii de dozare obținuți pentru două materiale diferite, pe cele două standuri (standul propus și cel standard). Se observă că la schimbarea materialului, în cazul sistemului standard, erorile de dozare sunt foarte mari față de sistemul propus.

Erorile standului propus sunt mai mici datorită controlului în buclă închisă care menține debitul corespunzător indiferent de perturbațiile externe.

**Tabelul 5.4 Tabel comparativ al sistemului de dozare propus și al unui sistem de dozare standard cu două trepte pentru două materiale diferite.**

Nr. crt.	Sistem propus		Sistem standard	
	Material: Densitate: 0.86 g/cm <sup>3</sup> ; Masă granulă: 0.1 g			
	Eroare [g]	Timp dozare [s]	Eroare [g]	Timp dozare [s]
1	0	7,8	7	7,79
2	3	5,8	8	7,86
3	2	7	9	8,53
4	1	6,8	7	9,01
5	1	6	7	9,25
	Material: Densitate: 7.8 g/cm <sup>3</sup> ; Masă granulă: 0.5 g			
	Eroare [g]	Timp dozare [s]	Eroare [g]	Timp dozare [s]
6	1	9	4	5,07
7	3	11,0	10	5,12
8	1	8,6	17	5,07
9	1	11,2	21	5,01
10	4	11,0	28	5,03

Din analiza comparativă au rezultat următoarele concluzii:

- Viteza de dozare este bună mai ales în linii semiautomatizate în care acest parametru nu este vital. În domeniile unde viteza de execuție primează, sistemul testat trebuie modificat prin:
  - Redimensionarea jgheabului vibrator pentru creșterea debitului maxim de material acceptat de acesta;
  - Reproiectarea sistemelor de acționare prin folosirea unor actuatori care să dezvolte o putere superioară astfel încât să facă față unei cantități de material mai mare;
  - redimensionarea și reproiectarea structurii de rezistență care are și rolul de amortizare a vibrațiilor în zona celulei de cântărire, astfel încât să reziste solicitărilor mecanice;
- Eroarea de dozare este sub 5% pentru cantitățile cântărite cuprinse între 0,15kg și 10kg;
- Cel mai important avantaj pe care-l prezintă sistemul propus este acela de autoreglare a debitului în funcție de materialul dozat. În practică, modelele matematice de curgere a materialelor nu dau rezultate bune deoarece procesul de dozare depinde de foarte mulți parametri care trebuie luați în considerare (temperatură, umiditate, coeficienți de frecare, geometria granulelor etc.), ceea ce ar necesita un operator calificat pentru instalațiile de dozare, ducând la costuri de producție ridicate și timpi reduși de execuție a procesului de dozare;
- Sistemul propus compensează (în anumite limite) toți parametrii care influențează curgerea materialului. Dacă unul dintre parametri îngreunează curgerea materialului, sistemul răspunde prin creșterea forței vibrațiilor pentru ca debitul dorit să fie menținut. Invers, dacă curgerea este prea rapidă, controlerul o va remedia prin recalcularea parametrilor de comandă;
- Segmentul de aplicabilitate a soluției testate include și operații de dozare la care curgerea nu este constantă (jgheabul vibrator poate fi încărcat neuniform) sau în cazul în care parametrii de lucru diferă de la o dozare la alta (ex. materialul poate avea proprietăți diferite de la o dozare la alta cum ar fi: umiditatea, aerarea, dimensiunile fizice ale granulelor).

Comparând rezultatele obținute pe cele două sisteme, au rezultat următoarele concluzii:

- Sistemele de dozare standard sunt sensibile la schimbările parametrilor de lucru;
- Sistemul de dozare conceput are avantajul de a se autocontrola adaptându-se la condițiile de dozare care se pot modifica pe parcursul proceselor (ex: gradul de umplere al jgheabului vibrator, parametrilor care influențează curgerea materialului);
- Sistemul standard are o viteză mai bună, dar poate cauza erori mari dacă parametrii introduși nu sunt corecți sau se modifică condițiile de dozare.

## Capitolul 6

### Concluzii generale. Contribuții personale. Modul de valorificare a rezultatelor și direcții viitoare de cercetare

Obiectivul principal al prezentei teze l-a constituit optimizarea funcționării sistemelor de dozare.

Pornindu-se de la analiza realizărilor în acest domeniu pe plan internațional s-a trecut la analiza teoretică a sistemelor de dozare cu vibrații în scopul identificării căilor de optimizare ale acestora.

Cercetările experimentale au avut drept scop realizarea standului de încercări, obținerea și prelucrarea datelor și testarea soluțiilor de optimizare rezultate în urma cercetărilor teoretice.

#### 6.1.1 Concluziile studiului stadiului actual al cercetării în domeniul sistemelor de dozare

Prima parte a lucrării abordează noțiunile de bază necesare înțelegerii problemelor sistemelor de dozare. Se face o introducere în conceptul de metodă de dozare, prin prezentarea detaliată a principiilor, schemelor de funcționare a sistemelor de dozare, clasificarea proceselor și sistemelor în funcție de materialele ce trebuiesc dozate, precum și a tipurilor constructive de sisteme de dozare.

Dezvoltarea dozatoarelor prin sustragere de greutate ca și dispozitive de cântărire și dozare pe cale inversă, a adus un progres important în tehnologia dozatoarelor gravimetrice. Prin această metodă se pot doza materiale deosebit de coezive sau lipicioase cu diferite caracteristici de curgere, având o precizie bună pe termen lung chiar și pentru cantități mici ce variază de la 30 kg/h până la câteva grame pe oră.

Concluzia generală a acestui capitol este că dozatoarele gravimetrice sunt cele mai precise, acestea putând fi optimizate printr-un control automat inteligent.

Direcția principală de optimizare a sistemului de dozare o constituie controlul inteligent al organului de transport în condițiile menținerii, eventual creșterii, parametrilor funcționali de bază caracteristici sistemelor de dozare.

#### 6.1.2 Concluziile studiului analitic

Al treilea capitol al tezei de doctorat este dedicat în special cercetărilor analitice în ceea ce privește modelarea curgerii materialelor.

S-a ales studierea și optimizarea sistemelor de dozare cu vibrații urmărind posibilitatea ca rezultatele să poată fi aplicate și pe sisteme de dozare cu melc sau bandă transportoare.

Calitatea procesului de dozare poate fi caracterizată prin doi parametri: viteza de dozare și precizia de dozare. În procesele standard este știut faptul că viteza de dozare afectează în mod negativ precizia.

Urmărind creșterea vitezei de dozare s-a studiat controlul optim al elementului generator de vibrații testând introducerea unui mecanism nou în construcția sistemelor de dozare pentru schimbarea pantei jgheabului vibrator.

Sistemul de dozare este un ansamblu de componente ce preiau și direcționează curgerea materialului solid în vrac, fiecare având un impact puternic asupra modului de curgere a materialului. Astfel bunecărul de alimentare asigură un debit de material uniform organului de dozare, care la rândul lui, în funcție de parametrii funcționali, menține acest tip de curgere oferind astfel dozele de material cu o omogenitate și densitate constantă.

Vibrațiile sistemului de transport și funcționarea motorului pas cu pas pentru schimbarea unghiului jgheabului vibrator, provoacă perturbații în procesul de conversie analogică digitală, acestea fiind cele mai importante cauze ale erorilor dintr-un sistem de dozare cu cântărire. Înlăturarea acestor erori poate fi făcută luând următoarele măsuri:

- diminuarea vibrațiilor spre sfârșitul dozării;
- aplicarea unor filtre electronice pe semnalul de la traductor;

- buna configurare a registrului de filtrare al convertorului Sigma Delta inclus în circuitul specializat AD7730.

Comportarea și dinamica curgerii materialelor solide în vrac este deosebit de complexă și necesită experiență din partea operatorului pentru a putea evidenția caracteristicile fizico-mecanice ale acestor materiale.

Reglarea variabilelor de proces cum ar fi viteza, frecvența, amplitudinea, se face cel mai precis atunci când se folosește un circuit de control în sistemul de acționare a dispozitivului de dozare cu o buclă de feed-back ce influențează constant parametrul de reglaj al dozatorului.

Dispozitivele de dozare a solidelor în vrac trebuie să țină cont de proprietățile de curgere și de fluidizare a materialului în vrac. Aceste proprietăți trec prin multiple schimbări încă din buncărul de depozitare ce alimentează cuva dispozitivului de dozare, și terminându-se cu secțiunea de evacuare din unitatea de dozare. Esențial este să se evite orice sincope în curgerea materialului sau modificări a stării de curgere fapt ce poate fi des întâlnit sub forma fenomenelor de efect de boltire a materialului datorită secțiunilor mici de curgere sau de curgere în avalanșă datorată fluidizării necorespunzătoare.

În funcție de starea materialului s-au tras următoarele concluzii:

- Comparate cu fluidele, solidele în vrac prezintă proprietăți de curgere mai complicate.
- Pudrele foarte fine dezvoltă rezistențe ale materialului și podiri coezive atunci când sunt comprimate.
- Solidele cu granulație mai mare dezvoltă podiri mecanice la deschizături înguste prin blocarea particulelor. În aceste cazuri curgerea solidelor în vrac este oprită complet. Pe de altă parte, solidele în vrac pot prezenta fluidizări prin antrenarea de aer între particule și se vor comporta în curgere ca niște fluide.

Compresibilitatea și coeziunea particulelor materialelor în vrac sunt proprietăți strâns legate, acestea având o influență substanțială asupra modificărilor de densitate din cadrul procesului de dozare.

Forma particulelor poate fi aproximată prin analizarea diametrului mediu al particulelor ce formează masa de material. Cu cât această dimensiune este sub valoarea de 100  $\mu\text{m}$  cu atât va crește compresibilitatea și coeziunea particulelor.

În urma cercetării teoretice privind construcția și funcționarea sistemelor de dozare, au rezultat următoarele:

- Unghiul de taluz natural al materialului cu densitatea de 0.86  $\text{g}/\text{cm}^3$ , masa granulei de 0.1 g, formă elipsoid, este de  $25^\circ$ .
- Valoarea amplitudinii forței vibratorii care va acționa asupra jghebul transportor va fi de 12,63N.
- Plecând de la ecuațiile de mișcare ce stau la baza funcționării sistemului de transport cu vibrații s-a trasat caracteristica debitului teoretic în funcție de densitatea materialului și unghiul pe care acționează forța vibratoare.
- Pentru materialul cu granule sferice de rază 5 mm și densitatea 0.86  $\text{g}/\text{cm}^3$  s-a calculat atât viteza teoretică  $v_{th}$  cât și viteza reală  $v_{re}$  de deplasare a materialului:  $v_{th}=0.03\text{m/s}$  respectiv  $v_{re}=0.027\text{m/s}$ .
- S-a calculat diametrul boltirii pentru materialul cu caracteristicile prezentate mai sus rezultând că dimensiunea sigură (pentru evitarea opririi curgerii) a razei secțiunii de curgere este de minim 4 cm. Folosind aceeași procedură de calcul s-a trasat caracteristica diametrului boltirii în funcție de densitatea și rezistența la compresiune a materialului.
- Pentru alegerea celulei de cântărire potrivite pentru construcția sistemului s-a trasat caracteristica, masei minime care poate fi sesizată în funcție de masa maximă acceptată de celula de cântărire în condiția folosirii circuitului AD7730 pentru realizarea conversiei analog digitale. S-a obținut masa minimă teoretică care va putea fi sesizată:  $65 \cdot 10^{-3}\text{g}$ .
- S-a studiat filtrul de tip *Sinc*<sup>3</sup> inclus în convertorul AD7730 pentru medierea semnalului provenit de la celula de cântărire. Rezultatele au indicat o valoare optimă de mediere de 166 ms pentru fiecare conversie ceea ce implică programarea registrului SF cu valoarea 2048.

### 6.1.3 Concluziile analizei sistemelor folosite în construcția dozatoarelor

Capitolul 4 prezintă aspecte teoretice care au fost luate în considerare pentru alegerea soluțiilor tehnice folosite în construcția standului experimental incluzând următoarele aspecte:

- După efectuarea analizei comparative a familiilor de sisteme de calcul în special a microcontrolerelor din capitolul 4 “Analiza și contribuții la alegerea soluțiilor tehnice pentru



sisteme de control automate utilizate în cadrul dozatoarelor cu vibrații” s-a ales ca sistem de control microcontrolerul ATmega8535, avantajul principal al acestuia fiind facilitarea programării în limbajul de programare C.

- În urma analizei caracteristicilor motoarelor pas cu pas s-a ajuns la concluzia că funcționarea motorului pas cu pas pentru schimbarea unghiului jgheabului vibrator va fi îmbunătățită prin supresare cu diode care conferă o putere cu 30% mai mult decât în situațiile normale totodată protejând actuatorul și circuitul de comandă.
- Pentru analiza vibrațiilor vibrotransportorului se vor folosi convertoare piezoelectrice care au următoarele avantaje: sensibilitate mare  $1 \text{ mV/ms}^2$ , frecvențe de lucru ridicate  $1,5 \text{ kHz}$ .
- Pentru alimentarea standului se vor folosi surse de tensiune separate pentru etajul de comandă și cel de putere formate din transformator, redresor și filtru:
  - Pentru sursa de alimentare de putere s-au obținut următoarele caracteristici: transformator de  $12 \text{ V } 3 \text{ A}$ , cu condensator de filtrare  $11250 \mu\text{F}$  la  $16 \text{ V}$ .
  - Pentru sursa de alimentare a etajelor de control s-au obținut următoarele caracteristici: transformator  $12 \text{ V}$  curent  $0,226 \text{ A}$ , regulator tensiune *LM7805* cu tensiunea de ieșire  $5 \text{ V}$  curent maxim  $1 \text{ A}$ , capacitate condensator filtrare  $675 \mu\text{F}$  la  $16 \text{ V}$ .

Acest capitol are ca rezultat alegerea soluțiilor tehnice potrivite pentru construcția standului experimental după cum urmează:

- Conversia analogic digitală trebuie realizată cu circuitul AD7730BN care oferă o precizie ridicată efectuând operațiile pe 24 biți, reducând semnificativ numărul de circuite electronice necesare;
- Senzorul de greutate trebuie să fie o punte tensiometrică capabilă să asigure rezoluția necesară de  $1 \text{ g}$ ;
- Trebuie utilizate două surse de tensiune pentru etajul de procesare a datelor respectiv pentru comanda actuatorilor, cele două circuite electronice necesită separarea lor prin optocuploare în vederea creșterii preciziei de măsurare;
- Mecanismul de modificare a unghiului jgheabului vibrator trebuie realizat utilizând un motor pas cu pas a cărui mișcare de rotație a axului este transformată în mișcare rectilinie folosind un mecanism șurub piuliță, utilizarea acestui tip de acționare este posibilă folosind controlul în buclă deschisă ceea ce simplifică această etapă totodată diminuând costurile față de celelalte soluții;
- Obturarea rapidă a secțiunii de curgere trebuie realizată utilizând o clapetă acționată de un electromagnet, acest dispozitiv este necesar pentru a opri curgerea materialului în momentul încheierii procesului de dozare;
- Analiza sistemelor generale de comandă în buclă închisă a dus la conturarea unui algoritm de control automat al elementelor de acționare (motorul generator de vibrații și sistemul de schimbare a unghiului jgheabului vibrator);
- Urmărind controlul riguros al procesului de dozare s-a structurat algoritmul PID pentru controlul debitului de material.

### **Concluziile implementării algoritmilor PID pentru optimizarea procesului de dozare**

În urma studiului teoretic al curgerii materialelor s-au identificat mai mulți parametri care pot influența în mod negativ precizia de cântărire. Înlăturarea acestor factori perturbatori în practică nu se poate realiza. S-a ajuns la necesitatea utilizării unui control în buclă închisă care să se autoregleze în funcție de erorile pe care factorii perturbatori le introduc în sistem astfel încât dacă debitul materialului scade sub valoarea setată de sistem, controlerul comandă actuatorii pentru a elimina eroarea.

Prin analiza sistemelor generale de comandă în buclă închisă s-a putut contura un algoritm de control automat al procesului de dozare acesta fiind testat pe parcursul cercetărilor experimentale în vederea stabilirii regimului optim de lucru al sistemului de dozare pentru materialele în vrac utilizate în experimente.

Algoritmul (PID) de control trebuie implementat pe microcontroler ținând cont de optimizarea vitezei de lucru și a economiei memoriei interne a microcontrolerului.

### 6.1.4 Concluziile cercetării experimentale și analizei influenței sistemului de automatizare asupra calității procesului de dozare

Capitolul 5 prezintă punerea în practică a rezultatelor studiului teoretic cu privire la: curgerea materialelor, dimensionarea buncărului, unghiul de taluz al materialelor testate, generarea vibrațiilor. Cercetările practice au validat calculele și aspectele teoretice menținute în capitolul 3.

Partea experimentală a tezei a constat în realizarea unui instrument de optimizare a procesului de dozare, acest lucru implicând realizarea unui stand pe care s-au testat mai multe metode noi de creștere a randamentului procesului de dozare comparând rezultatele cu cele obținute prin analiza sistemelor de dozare existente.

Optimizarea procesului de dozare urmărește două aspecte:

- optimizarea sistemului hardware față de cele standard;
- implementarea unui sistem inteligent de comanda.

Optimizarea părții hardware constă în introducerea a două mecanisme:

- mecanismul de modificare a înclinației jgheabului vibrator pe parcursul unui proces de dozare;
- clapeta de obturare rapidă a secțiunii de curgere la finalul dozării pentru înlăturarea erorilor provocate de inerția materialului și a elementului vibrator.

Optimizarea părții software constă în implementarea unui sistem inteligent de comandă care să cuprindă:

- proiectarea și cercetarea modurilor de optimizare a comenzilor elementelor de acționare.
- elaborarea și implementarea unui algoritm de control automat în buclă închisă folosind teoria algoritmilor PID (regulator de debit).
- elaborarea și implementarea unui algoritm PID de tip P (numai parametrul proporțional este luat în calcul) pentru modificarea debitului de material în funcție de cantitatea de material rămasă de dozat (acest algoritm asigură o viteză mare de dozare la începutul dozării urmând ca spre sfârșit să scadă viteza de dozare în favoarea unei precizii ridicate la sfârșitul procesului).

Optimizările și soluțiile care au fost aplicate standului experimental pot fi folosite în construcția tuturor sistemelor de dozare gravimetrice. Controlul elementului de acționare care realizează deplasarea materialului și clapeta rapidă de obturare a secțiunii de curgere pot fi aplicate și la sistemele de dozare cu melc sau la dozatoare cu bandă transportoare.

Cercetarea experimentală s-a realizat parcurgând următorii pași:

- Descrierea generală a standului de cercetare;
- Studiul componentelor standului experimental;
- Trasarea diagramei de funcționare optimizată a standului;
- Studiul circuitelor electronice alese pentru automatizarea standului;
- Optimizarea funcționării circuitului convertor analogic digital AD7730BN;
- Izolarea modului de calcul față de modulul de comandă a etajelor de putere pentru evitarea semnalelor parazite;
- Determinarea frecvențelor de lucru ale vibrotransportorului pentru identificarea surselor de vibrații nedorite;
- Programarea microcontrolerului ATmega8535 pentru optimizarea procesului de dozare;
- Analiza rezultatelor experimentale și concluzii în urma comparării cu alte sisteme existente.

Concluziv, se poate afirma faptul că, scopul stabilit prin tema de cercetare a fost pe deplin realizat prin concepția, dezvoltarea și realizarea standului experimental care a fost folosit pentru optimizarea proceselor de vibrații prin introducerea unor elemente noi inovatoare.

Optimizarea standului experimental s-a realizat prin:

- re-proiectarea schemelor electronice;
- aplicarea teoriei controlului în buclă închisă pentru menținerea debitului de material dorit;
- conceperea unui algoritm de dozare eficient a cărui viteză de dozare să varieze fiind stabilită în timp real în momentul dozării într-un mod unic potrivit fiecărei dozări în parte, cu alte cuvinte, sistemul se reglează automat în funcție de anumiți parametri a căror variații nu pot fi modelate matematic.

Obiectivul final l-a reprezentat enunțarea concluziilor finale și diseminarea rezultatelor, informații care se doresc să contribuie la o mai bună proiectare și fabricare a sistemelor de dozare.

### 6.1.5 Contribuții personale originale

Teza de doctorat „Cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea funcționării sistemelor de dozare” îmbină proiectarea asistată de calculator a corpurilor și subansamblurilor mecanice cu specificul proiectării și analizei circuitelor electronice și metodele de programare aplicate pe microcontrolere și computere personale pentru crearea unor sisteme eficiente de dozare, având drept scop îmbunătățirea timpilor de dozare cu o precizie limitată doar de caracteristicile de fabricare ale traductoarelor folosite.

Contribuția autorului constă atât în crearea unui instrument de optimizare (standul experimental), punerea în valoare a unor tehnici moderne de control în buclă închisă aplicate în domeniul proiectării sistemelor de dozare, cât și în introducerea unor soluții noi, originale, viabile, concretizate în algoritmi și tehnici de control.

Abordarea studiului în ceea ce privește proiectarea și optimizarea unui stand experimental pentru o mai bună proiectare a sistemelor de dozare s-a făcut după cinci direcții principale: studiul stadiului actual al cercetărilor în domeniul construcției sistemelor de dozare, studiul analitic al unor subansamble sau procese din cadrul sistemului propus, studiul experimental în condiții reale de desfășurare, optimizarea procesului din punct de vedere hardware și software.

### Contribuții cu caracter de sinteza

**Capitolul 1** intitulat „Stadiul actual privind construcția și funcționarea dozatoarelor pentru solide granulate” prezintă într-un mod sintetic evoluția și direcțiile actuale de cercetare în domeniul tezei, cât și noțiuni fundamentale în înțelegerea acestui domeniu. În acest capitol contribuțiile autorului sunt :

- Studiul complex și abordarea originală a conceptului de sistem de dozare conturându-se în special principiile și metodele de dozare actuale;
- Clasificarea factorilor care influențează dozarea de care se ține cont la proiectarea sistemelor de dozare;
- Sinteza complexă a ultimelor tehnologiilor de sisteme de dozare.

### Contribuții cu caracter teoretic

**Capitolul 3** intitulat „Contribuții teoretice privind procesele de dozare a materialelor solide în vrac” prezintă o abordare analitică asupra modelării subansamblurilor sistemelor de dozare, în vederea determinării unor formule de calcul pentru dimensionarea anumitor subansamble din construcția sistemelor cât și analizarea unor soluții de achiziționare a datelor provenite de la sistem în vederea interpretării lor.

În acest capitol contribuțiile autorului sunt :

- Analiza caracteristicilor fizico-mecanice ale materialelor granulate, determinarea proprietăților mecanice ale materialelor solide granulate;
- Analiza mișcărilor vibratorii care au condus la calcularea debitelor teoretice;
- Aplicarea teoriei pentru calculul următorilor parametri (în anumite condiții), cum ar fi: unghiul de taluz, dimensionarea secțiunilor de curgere pentru împiedicarea efectului de boltire, valoarea forței mecanismului de producere a vibrațiilor, dimensionarea surselor de tensiune, alegerea traductorului în funcție de valorile obținute în urma calculelor referitoare la rezoluția necesară.

**Capitolul 4** cu titlul „Analiza și contribuții la alegerea soluțiilor tehnice pentru sisteme de control automate utilizate în cadrul dozatoarelor cu vibrații” prezintă cercetările teoretice care au avut ca scop alegerea soluțiilor tehnice potrivite construcției standului experimental.

În acest capitol contribuțiile autorului sunt:

- Studiul avantajelor și dezavantajelor celor mai uzuale familii de microcontrolere;
- Sintetizarea tipurilor de elemente de acționare electrice potrivite construcției sistemelor de dozare;
- Analiza tipurilor de traductoare de vibrații;
- Alegerea soluțiilor tehnice de elemente de acționare și senzori având în vedere următoarele aspecte: precizie, viteză, costuri și complexitate;
- Elaborarea algoritmului regulator de debit al procesului de dozare;
- Elaborarea algoritmului de control optim al procesului de dozare;
- Elaborarea algoritmului de comunicare între sistemul de dozare și calculator.

## **Contribuții cu caracter experimental**

**Capitolul 5** cu titlul „Cercetări experimentale și analiza influenței sistemului de automatizare asupra calității procesului de dozare” prezintă cercetările experimentale cu scopul de a crește performanțele sistemelor de dozare din punct de vedere mecanic, electronic și al părții de control testându-se rezultatele obținute în urma analizei teoretice a curgerii materialelor pe stand.

În acest capitol contribuțiile autorului sunt :

- Realizarea părții mecanice a standului experimental plecând de la proiectarea CAD;
- Introducerea a două elemente noi față de sistemele standard existente: mecanismul de schimbare a unghiului jgheabului vibrator și clapeta de obturare rapidă a secțiunii de curgerea materialului;
- Din punct de vedere electronic: proiectarea schemelor și a cablajelor, optimizarea conversiei analogice digitale prin introducerea unor elemente suplimentare (etaje de separare optică între circuitul de putere și cel de control, filtrarea semnalelor, înlăturarea semnalelor prin ecranarea circuitelor sensibile);

Contribuțiile din punct de vedere al părții de control sunt:

- Realizarea unui protocol pentru transferul datelor care să faciliteze depanarea sistemului. Acest protocol a fost implementat atât pe microcontroler cât și pe calculator;
- Implementarea algoritmilor PID pentru reglarea debitului de material în timpul procesului de dozare;
- Implementarea algoritmului PID de tip P pentru reglarea debitului în funcție de cantitatea rămasă de dozat pentru asigurarea timpului de dozare și preciziei în limite satisfăcătoare;
- Implementarea algoritmilor de comandă a elementelor actuatoriale astfel încât să nu introducă semnale parazite în timpul conversiilor analogice digitale;
- Deoarece s-a dorit trasarea unui grafic în timp real, cu datele primite pe interfața serială, s-a analizat posibilitatea utilizării unei librării dinamice care să fie capabilă să traseze graficele. Librăria standard graph.ocx pusă la dispoziție de Microsoft nu este proiectată pentru aplicații dinamice ceea ce a dus la programarea unei librării dinamice (fișier cu extensia dll) cu performanțe ridicate în ceea ce privește viteza de actualizare a graficului în timp real;
- Optimizarea conversiei analogice digitale prin folosirea filtrelor circuitului AD7730, introducerea de filtre pe alimentarea circuitelor electronice, separarea galvanică a etajelor electronice.

## **Contribuții cu caracter științific - curricular**

- Elaborarea rapoartelor de cercetare științifică din cadrul programului de cercetare la doctorat;
- Finalizarea tezei de doctorat;
- Propuneri de lucrări de laborator pentru disciplina de acționări electrice;
- Colaborarea la coordonarea unor proiecte de diploma a absolvenților de la specializările de Mecanică fină și Mecatronică;
- Colaborarea la rezolvarea unor probleme din contracte științifice de cercetare:

## **Contribuții cu impact socio-economic**

- Dezvoltarea de legături cu potențiali beneficiari;
- Implementarea unor noi algoritmi pentru controlere de dozare în vederea îmbunătățirii producției și scăderii costurilor de fabricație;
- Optimizarea structurilor din componența sistemelor de dozare prin transfer tehnologic.

Scopul final al tezei de doctorat a fost realizarea standului experimental și testarea anumitor metode de optimizare având ca țintă depășirea performanțelor celor existente din aceeași categorie. Materializarea lui atestă faptul că această teză de doctorat este o lucrare interdisciplinară, aflată la frontiera dintre ingineria mecanică, inginerie electronică și inginerie informatică. Tehnicile utilizate cuprind un domeniu extins, de la sisteme clasice, proiectare CAD la algoritmi complecși care implementează controlul automat în buclă închisă (PID) din domeniul sistemelor de reglare automată.

### **6.1.6 Noutatea tezei de doctorat**

Noutatea tezei de doctorat constă într-o abordare diferită referitoare la optimizarea sistemelor de dozare. Abordările până în momentul de față s-au bazat pe studierea curgerii materialelor în funcție de anumiți parametri pentru găsirea unor soluții standard potrivite în condiții diferite.

Abordarea studiului prezentat a fost făcută din prisma autoreglării (autoadaptării) în timp real, a sistemului propus, la modificarea parametrilor care influențează procesul de dozare.

S-au conturat două concepte noi:

- autoreglarea sistemului în timp real pentru menținerea debitului de material la valoarea dorită eliminând astfel erorile cauzate de factorii perturbatori cum ar fi: neomogenitatea materialului, umplerea neuniformă a sistemului transportor, diferențe de caracteristici fizico-mecanice ale materialului pe parcursul proceselor de dozare;
- setarea debitului de material în timpul procesului de dozare astfel încât la începutul dozării debitul să fie mare asigurând o viteză de dozare ridicată iar la sfârșit viteza de dozare să fie mică pentru atingerea preciziei cerute prin implementarea sistemului de comandă inteligentă a actuatorilor în cadrul echipamentului de dozare.

### 6.1.7 Modul de valorificare a rezultatelor și direcții viitoare de cercetare

Cercetările științifice efectuate asupra temei și domeniilor adiacente ei, care s-au întins pe o perioadă de patru ani, s-au materializat prin unele rezultate valorificate prin publicații în reviste de specialitate de diverse categorii, prin cărți și contracte de cercetare, care se structurează în felul următor:

- Lucrări publicate în străinătate:
  - 5 lucrări publicate în ISI proceedings;
  - 3 lucrări prezentate și publicate în proceeding-uri ale conferințelor internaționale cu comitet de program;
- Lucrări publicate în țară:
  - 1 lucrare publicată în ISI Journal;
  - 9 lucrări prezentate și publicate în proceeding-uri ale conferințelor internaționale cu comitet de program;
- 1 carte în curs de publicare;
- 7 contracte de cercetare.

în total **18 titluri și 7 contracte de cercetare.**

Calitatea cercetării a fost apreciată prin obținerea premiului “Premierea rezultatelor cercetării” CNCISIS pentru lucrarea: M. Mănescu, D. Ola, “Automatic control through computer of a volumetric screw dosing system destined for agro-foods bulk solids”, JOURNAL of ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY (J.E.P.E.)Vol. 9, No 1, 2008, pag.200-210.

Lucrări publicate în străinătate:

Lucrări publicate în proceeding-uri cotate ISI:

- Cristea L., Baritz M., Manescu M., Cotoros D., Repanovici A., “Researches Concerning the Data Processing used in Feeding and Dosing Systems Optimization”, Proceedings of the 8th WSEAS Int. Conf. on ARTIFICIAL INTELLIGENCE, KNOWLEDGE ENGINEERING & DATA BASES (AIKED '09) Cambridge 2009, ISSN: 1790-5109, ISBN: 978-960-474-051-2, pag. 518-522
- Mănescu, M., Cristea, L., Cotoros, D., Repanovici, A., Baritz, M., Infrared Data Transmission for Mechatronic System Control, DAAAM International Scientific Book 2009, 2009 ISBN 978-3-901509-71-1, p1132.
- Cristea, L., Baritz, M., Manescu, M., Repanovici, A., Cotoros, D., Mechatronic Conception of Feeding and Dosing Systems Used in Automat Inspection Systems, DAAAM International Scientific Book 2009, 2009 ISBN 978-3-901509-71-1.
- Mănescu, M., Cristea, L., Intelligent Vibrating Dosing System Using Automation Through Microcontroller, Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Signal Processing, Computational Geometry and Artificial Vision 2008, ISSN 1790-5109, ISBN 978-960-6766-95-4, pp136-140.
- Cristea, L., Mănescu, M., Intelligent Modular Design of Automatic Dimensional Inspection Systems, WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics Issue 7, Volume 3, July 2008, ISSN: 1991-8747
- Ola D., Manescu M., Gaceu L., “Software Technique for Performance Evaluation of a Volumetric Screw Dosing System for Agro-Foods Bulk Solids” In International Joint

Conferences on Computer, Information and Systems Sciences and Engineering (CIS2E 07), Bridgeport, USA, 3 - 12th December, 2007.

Lucrări prezentate și publicate în proceeding-uri ale conferințelor internaționale cu comitet de program

- Ola D., Popescu S., Manescu M., Fuerll C., “Influence of work procedure in the performance of a screw dosing system for heating systems that use wood chips” In 13th Workshop on Energy and Environment (EE'07), Gödöllő, Hungary, 5 – 6 November 2007.
- Mănescu, M., Ola, D., Development of an experimental stand for dosing screw feeders destined for determination of the dosing precision and flow characteristics of agro-food bulk solids, in 1st International Conference “Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences” 6 – 8 June 2007, Lozenec, Bulgaria, Vol.II, pp. 137 – 142, ISBN 978-954-91147-3-7.
- Mănescu, M., Ola, D. “Automatic Control of Volumetric Screw Dosing System Destined for Agro-Foods Bulk Solids” In: Proceedings of the Union of Scientists - Energy Efficiency and Agricultural Engineering, Rousse (Bulgaria), 2006, vol. 3, pp.33-40, ISSN 1311-9974.

Lucrări publicate în țară:

Lucrare publicată în ISI Journal;

- M. Manescu, D. Ola, “Automatic control through computer of a volumetric screw dosing system destined for agro-foods bulk solids”, JOURNAL of ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY (J.E.P.E.)Vol. 9, No 1, 2008, pag.200-210.

Lucrări prezentate și publicate în proceeding-uri ale conferințelor naționale cu comitet de program

- Mănescu, M., “Transmisia datelor prin infraroșu pentru comanda sistemelor mecatronice”, Colocviul AGIR 2009, Universitatea Transilvania, Brașov, 2009
- Cristea, L., Mănescu, M., Repanovici, A., “Concepția mecatronică a sistemelor de alimentare”, Colocviul AGIR 2009, Universitatea Transilvania, Brasov, 2009
- Manescu, M., OLA, D., “Intelligent Automation Of The Vibrating Dosing Machine By Proportional Integral Derivative (Pid) Algorithm”, Journal of EcoAgroTurism, ISSN 1841-642X, Transilvania University of Brasov, Brasov, 2008
- Ola D., Manescu M., Popescu S., Sarbu S., “Study of Working Parameters for the Self Adjusting Automation System for the Vibrating Dosing Stand” In Simpozionul cu participare internațională „Agricultura Durabilă – Agricultura Viitorului” Craiova 22 - 23 November 2007.
- Manescu M., Ola D., “Optimization of the Automatic Control for Volumetric Screw Dosing Systems”, In The 8th International Conference on Mechatronics and Precision Engineering 8 – 10 Iunie 2006, Cluj-Napoca.
- Ola, D., Manescu, M., Popescu, S., Sârbu, S., Study of Working Parameters for the Self Adjusting Automation System for the Vibrating Dosing Stand, In Annales of the University of Craiova, Vol.XXXVII/B-2007, pp. 257-262, ISSN 1841-8317.
- Manescu, M., Ola, D., Improvement of the vibrating dosing machine used for agro-foods bulk solids by intelligent automation through microcontroller, in Buletinul Universitatii Transilvania din Brasov, vol.13(48), 2006, ISSN 1223-9631.
- Manescu, M., Ola, D., “Automatic Control of Volumetric Screw Dosing System Destined for Agro-Foods Bulk Solids” In International Workshop on Quality on Food and Beverages in the Frame of EU Standards, Bucuresti, 23-24 Februarie, 2006.
- Cristea, L. Manescu, M., Costasi C., Transmission Data Study trough Infra-Red interface with optometry application, Optometry and Medical Engineering Conference, Brasov, 5.05.2006

Contracte de cercetare:

- Contract de cercetare CEEEX nr. 91/31.07.2006: „Sistem robotic miniatural cu abilități de reconfigurare și automultiplicare”, coordonator partener prof. univ. dr. ing. Luciana CRISTEA;

- Contract de cercetare CEEEX nr. 120/2006, „Cercetări structurale geometrice, cinematice și dinamice avansate privind conceperea unui simulator deschis de zbor adaptat la cerințe speciale”, coordonator partener prof. univ. dr. ing. Adrian DUMITRIU;
- Contract de cercetare CEEEX, nr. 71-129/2007, „Sisteme mecatronice de acționare realizate cu noi tipuri de actuatori pentru aplicații în robotica și în alte domenii”, SMANAR, coordonator partener prof. dr. fiz. Sorin ZAMFIRA;
- Proiect IDEI nr. 722/01.01.2009, „Tehnica de investigare pe baza unui sistem computerizat interconectat a performanțelor bio-comportamentale umane”, 2009, director contract prof. univ. dr. ing. Mihaela BARITZ;
- Contract de cercetare CNCSIS nr. 1109 tip A, „Perfecționarea structurală și funcțională a sistemelor automate destinate inspecției microdimensionale a microrulmenților”, 2005 – 2007, director de proiect prof. univ. dr. ing. Luciana CRISTEA;
- Contract de cercetare CAPACITATI nr. 114/2007 “Bază de cercetare multidisciplinară pentru managementul modelării, proiectării și fabricației sistemelor mecatronice cu aplicații în industrie și medicină” director de proiect prof. univ. dr. ing. Luciana CRISTEA;
- Platforma de cercetare ”Sisteme avansate pentru autovehicule și transport rutier” director platformă prof. univ. dr. ing. Anghel CHIRU, coordonator „Divizia de concepție analiză-testare produse și asigurare a calității” (CATEPAC) prof. univ. dr. ing. Luciana CRISTEA

### 6.1.8 Direcții viitoare de cercetare

Rezultatele teoretice și experimentale ale cercetărilor dezvoltate în prezenta teză de doctorat deschid noi orizonturi de cercetare în dezvoltarea sistemelor automate de dozare și în general în sisteme de control inteligent. Dintre numeroasele cercetări ce vor fi abordate în viitor se pot menționa:

- Elaborarea unor soluții combinate între studiul existent și tehnologia multihead, care să satisfacă atât criteriul performanță cât și preț;
- Implementarea rezultatelor pozitive obținute în acest studiu în soluții industriale;
- Optimizarea timpului de răspuns al sistemului de control, ceea ce duce la necesitatea obținerii unei rezoluții mai ridicate;
- Utilizarea algoritmilor folosiți în studiu și în alte sisteme de dozare care funcționează pe alte principii (sisteme de dozare cu melc sau cu bandă transportoare).

## Bibliografie selectivă

1. **Adolph, U.**, Vorausberechnung der Funktion und der Schlaggrenze selbsttatiger Flachsitzventile von Kolbenpumpen bei reiner Flüssigkeitsstromung, Dissertation TU Dresden, 1967;
2. **Alehnovici, I.V.**, Teoria mehanizov i mašin-sbornik kontrolnih rabot i kursovih proektov, Izd. Vîšeiaia Škola, Minsk, 1970;
3. **Andreucuț, M.**, Introducere în analiza structurală a sistemelor dezordonate, Editura Clusium, Cluj-Napoca, 1996.
4. **Asch G.**, Les capteurs en instrumentation industrielle, Dunod, 1999;
5. **Babuția, I., Dragomir, T.L., Mureșan, I., Proștean, O.**, Conducerea automată a proceselor, Editura Facla, Timișoara, 1985.
6. **Bailly, C., Challine, J.F., Ferri, H.C., Geoss, P.Y.**, Les langages orientés objets, Cepadues, Toulouse, 1987.
7. **Balabaniian N., Bickart, Th.**, Teoria modernă a circuitelor, Editura Tehnică, București, 1994.
8. **Belețkii, V.L.**, Mașinî avtomatî i avtomaticeskie linii pișcevoi promîšlennosti, osnovî teorii i rasceta, Izd. Nauka, Kiev, 1967;
9. **Bejinaru-Mihoc, Gh., Lache, S., Olaru, I.**, Tehnologia producției Microsistemelor-fundamente teoretice, Editura Universității Transilvania Brașov, Brașov, 1997.
10. **Benchimol, G., Levine, P., Pomerol, J. Ch.**, Sisteme expert, Editura Tehnică, București, 1993.
11. **Bronstein, I., N., Semandjajew, K., A.**, Taschenbuch der Mathematik, 22. Auflage (Hrsg. G. Gosche, V. Ziegler, D. Ziegler), Harri Rentsch, Thun und Frankfurt/Main, 1985;
12. **Biebel, J.**, Continuous weighing and feeding in process automation. Automatisierungstechnische Praxis. 4/88.
13. **Boose, J.H.**, Expertise Transfer for expert system design, Elsevier, Amsterdam, 1988.

14. **Buium, Gh. F.**, Cercetari privind mecanismele din structura sistemelor de dozare. Ed. Universitatii Tehnice "Gh. Asachii" Iasi, 1999.
15. **Burleai, I.V., Suhoi, L.A.**, Sovremennoe oborudovanie dlea upakovki pişcevîh produktov, Izd. Pişcevaia Promîşlennosti, Moskova, 1978;
16. **Busch, E., and Horak, J.**, Schubkurhelgetriebe. VEB Fachbuchverlag. Leipzig. 1976.
17. **Călin, S., Petrescu, G., Tăbuş, I.**, Sisteme automate numerice, Editura Ştiinţifică și Enciclopedică, Bucureşti, 1984.
18. **Călin, S., Dumitrache, I., Nițu, C., Munteanu, F., Iorga, V., Dumitru, S.**, Reglarea numerică a proceselor tehnologice, Editura Tehnică, Bucureşti, 1984.
19. **Cox, S.W.R.**, Farm electronics, BSP Professional Books, Chatam, Kent, 1988;
20. **Cristea, L.**, „Tehnologii și sisteme de control dimensional”, – Edit INFOMARKET Brasov, ISBN: 973 - 99827 - 5 – 1, Braşov, 2000, 154pag.
21. **Cristea, L., Ionescu E., Olteanu C.**, „Automate de control în industrie”, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti –ISBN 973-30-5047-4- 1998, 232 pag., 1998.
22. **Cristea, L.**, „Automate de control și de servire”, Universitatea “Transilvania” Brasov 1995.
23. **Cristea, L., Manescu, M.**, Intelligent Modular Design of Automatic Dimensional Inspection Systems, WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics Issue 7, Volume 3, July 2008, ISSN: 1991-8747
24. **Cristea, L., Manescu, M., Repanovici, A.**, “Concepția mecatronică a sistemelor de alimentare”, Colocviul AGIR 2009, Universitatea Transilvania, Brasov, 2009
25. **Cristea, L. Manescu, M., Costasi C.**, Transmission Data Study trough Infra-Red interface with optometry application, Optometry and Medical Engineering Conference, Brasov, 5.05.2006;
26. **Daşenko, A.,I., Belous, A., P.**, Proektirovanie avtomaticheskikh linii, , Izd. Vîşeişaia Şkola, Moskova, 1983;
27. **Demian, T.**, Micromotoare pneumatice liniare și rotative, Editura Tehnică, Bucureşti, 1984;
28. **Drescher, H.**, Zur Auslegung von Vibrationsdosiergeräten für faserige Schüttgüter bei kleinen Dosierströmen. Dissertation Universität Erlangen - Nürnberg (1994).
29. **Dry, R. J., Judd, M. R., and Shingles, T.**, Two – phase theory and fine powders, Powder Technol., 1983, 34, 213 – 223.
30. **Dumitrache, I., Călin, S., Botan, C., Nițu, C.**, Automatizări și echipamente electronice, Editura Didactică și Pedagogică, Bucureşti, 1982.
31. **Eberhard, N.**, Zellenradschleusen für die Schüttgutdosierung und den Transport, Wägen + Dosieren 3 (1996), 22-31.
32. **Enstad, G.G., Fürll, Ch., Hjortaas, T.G.**, Full Scale Silo Tests of Vertical Loads on "Cone in Cone" in Hoppers. Proceed. of World Particle Congress on Particle Technology. Brighton, 06.-09.07. 1998, S.168.
33. **Fanghänel, E., Höhne, D., and Schünemann, U.**, Charakterisierung der Wandreibungsvorgänge bei Schüttgütern und Einflußgrößen auf die Wandreibung, Aufbereitungs – Technik, 1989, 30, H. 3, S. 130 – 137.
34. **Fehlauer, M.**, Berechnungsvorschrift für Schneckenförderer zur Senkrechtförderung landwirtschaftlicher Schütt-und Halmgüter. Agrartechnik 30 (1980), Heft 1.
35. **Gebhard, H.**, Scherversuche an leichverdichteten Schüttgütern unter besonderer Berücksichtigung des Verformungsverhaltens, Fortschr. – Bericht, VDI-Z., Reihe 3, Nr. 68.
36. **Gericke, H.**, Systemtechnik der Schüttgutdosierung. Wägen + Dosieren 23, No. 3, 1992.
37. **Gomaa,H.**, A Software Design Method for Real-Time Systems, Communications of the ACM. Vol. 27, no. 9, Sep. 1984.
38. **Grigoriu, I., Badea, L.**, Controlul și reglarea automată în tehnologiile chimice, Editura Tehnică Bucureşti, 1959;
39. **Goldacker, E. and Rautenbach, R.**, Zur Theorie der Pulverförderung gegen Druck in Extrudern. Chem.-Ing.-Tech., 1972, 44, (6), S. 405-410.
40. **Hagen, K.**, Volumenverhältnisse, Wirkungsgrade und Druckschwankungen in Zahnradpumpen, Diss. T.H. Stuttgart, 1958.
41. **Halvica, K.**, Gravimetrische Dosierung mit Differentialdosierwaagen. Seminar Verfahrenstechnik für Schüttguten. Technische Akademie Wuppertal, 1991.
42. **Hemmi, P.**, Statische Meßfehler., In: *Handbuch der Meßtechnik* (Hrsg. P. Profos), Vulkan – Verlag, Essen, 1974;



43. **Hunaeus, B.**, Continuous Bulk Unloading of Barges. *Bulk Solids Handling* Vol. 7, Nr. 5, Oktober 1987; S. 627-630.
44. **Ian McFarlane** Automatic control of food manufacturing processes, Blackie Academic&Professional;
45. **Ionescu, G., Dobrescu, R.**, ș.a. *Traductoare pentru automatizări industriale*, vol. I, Editura Tehnică, București, 1985 ;
46. **Iordache P., Roșca I.**, *Măsurarea și metrologia mărimilor mecanice*, Editura Universității Transilvania din Brașov, 2004;
47. **Janssen, H. A.**, Versuche über Getreidedruck in Silozellen. *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure* 39, 1895 H.35.
48. **Jenike, A. W.**, Storage and flow of solids. *Bulletin of the Univ. of Utah*, No. 123, 1967.
49. **Jenike, A. W.**, Das Fliesen und Lagern schwerfließender Schüttgüter-Ein Überblick. *Aufbereitungstechnik*, 1982, H. 8, S. 41 1-422.
50. **Jinescu, V.**, *Utilaj tehnologic pentru industrii de proces*, vol I, Editura Tehnică București, 1983;
51. **Kammler, R. R.**, Verfahren zur Schnellbestimmung der Fließeigenschaften von Schüttgütern. *Aufbereitungs-Technik*, 1985, 26, H.3. S. 136-141.
52. **Kohn, H.**, and **Gonell, H. W.**, Schüttungskenngrößen staubförmiger (dispenser) Stoffe und ihre Messung. *Staub*, 1950. 23. S. 420 ff.
53. **Kozler, J.**, and **Novosad, J.**, A method for testing the flowability of fertilyers, *Bulk Solids Handl.*, 1989, 9, H. 1, S. 43 – 48.
54. **Manescu, M., Cristea, L.**, Intelligent Vibrating Dosing System Using Automation Through Microcontroller, *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Signal Processing, Computational Geometry and Artificial Vision 2008*, ISSN 1790-5109, ISBN 978-960-6766-95-4, pp136-140.
55. **Manescu, M., Ola, D.**, Development of an experimental stand for dosing screw feeders destined for determination of the dosing precision and flow characteristics of agro-food bulk solids, in 1st International Conference “Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences” 6 – 8 June 2007, Lozenec, Bulgaria, Vol.II, pp. 137 – 142, ISBN 978-954-91147-3-7.
56. **Manescu, M., Ola, D.** “Automatic Control of Volumetric Screw Dosing System Destined for Agro-Foods Bulk Solids” In: *Proceedings of the Union of Scientists - Energy Efficiency and Agricultural Engineering*, Rousse (Bulgaria), 2006, vol. 3, pp.33-40, ISSN 1311-9974.
57. **Manescu, M.**, “Transmisia datelor prin infraroșu pentru comanda sistemelor mecatronice”, *Colocviul AGIR 2009*, Universitatea Transilvania, Brasov, 2009
58. **Manescu, M., Ola, D.**, “Intelligent Automation Of The Vibrating Dosing Machine By Proportional Integral Derivative (Pid) Algorithm”, *Journal of EcoAgroTurism*, ISSN 1841-642X, Transilvania University of Brasov, Brasov, 2008
59. **Manescu M., Ola D.**, “Optimization of the Automatic Control for Volumetric Screw Dosing Systems”, In *The 8th International Conference on Mechatronics and Precision Engineering* 8 – 10 Iunie 2006, Cluj-Napoca.
60. **Manescu, M. , Ola, D.**, Improvement of the vibrating dosing machine used for agro-foods bulk solids by intelligent automation through microcontroller, in *Buletinul Universitatii Transilvania din Brasov*, vol.13(48), 2006, ISSN 1223-9631.
61. **Manescu, M., Ola, D.**, “Automatic control through computer of a volumetric screw dosing system destined for agro-foods bulk solids”, *JOURNAL of ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY (J.E.P.E.)* Vol. 9, No 1, 2008, pag.200-210.
62. **Manescu, M., Ola, D.**, “Automatic Control of Volumetric Screw Dosing System Destined for Agro-Foods Bulk Solids” In *International Workshop on Quality on Food and Beverages in the Frame of EU Standards*, Bucuresti, 23-24 Februarie, 2006.
63. **Merticaru, V.**, *Ambalaje și mecanisme de ambalat*. Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Constructoare de Mașini, București, 1997.
64. **Mihoc, D., Ilescu, S.Șt.**, *Teoria și elementele sistemelor de reglare automată*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984.
65. **Moșit H., M., Vasilescu A.**, *Debitmetrie industrială*, Editura tehnică, București, 1988;
66. **Moore, C.A.**, *Automation in the food industry*, Blackie, 1991;
67. **Murfitt, P.G.** and **Brasbz, P. L.**, Dearation of powders in hoppers. *Powder Technol.*, 1980, 27, 149 – 162.

68. **Pereira, M.**, Total Bulk Handling Capability. A Company Profile of Simon-Solitec Ltd. Bulk Solids Handling Vol. 6, Nr. 1, Februar 1986, S. 181-183.
69. **Peschl, I.**, A.S.Z. Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der messtechnischen Erfassung der Schüttguteigenschaften und ihre Anwendung bei der Planung der Anlagen, Vortrag auf dem European Symposium Particle Technology vom 3. bis 5. Juni in Amsterdam.
70. **Schavilje, R.**, Auslegungskriterien für eine kontinuierliche, gravimetrische Dosier- und Mischanlage. Verfahrenstechnik, 24, No. 6, 1980.
71. **Schmidt, H.**, Systeme multiprocesor, Elektronik, mai, 1982.
72. **Schumacher, W.**, Zum Förderverhalten von Bunkerabzugsschnecken mit Vollblattwendeln. Dissertation RWTH Aachen, 1987.
73. **Schuricht, Th., Füll, Ch., Enstad, G.G.**, Numerical simulations with extension of the bulk material model and full scale silo tests for optimisation of the "cone in cone" concept, Proceeding of the World Congress on Particle Technology 4, WCPT 4, 21.-25.07. 2002 in Sydney, Australia, 8 S.
74. **Schwedes, J.**, Vergleichende Betrachtung zum Einsatz von Schergeräten zur Messung von Schüttguteigenschaften. Freib.-Forsch.-H., 1980. A634. H. 35.
75. **Schwedes, J.**, Entwicklung der Schüttguttechnik seit 1974. Aufbereitungstechnik, 1982. 23, H. 8, S. 403-410.
76. **Schwedes, J., and Schulze, D.**, Measurement of flow properties of bulk solids, Powder Technol., 1990, 61, S. 59 – 68.
77. **Svarovsky, L.**, Powder Testing Guide-Methods of Measuring the Physical Properties of Bulk Powders. Elsevier Applied Science. London. 1987.
78. **Vetter, G.**, Systematik und Dosiergenauigkeit der Dosierverfahren für Stoffkomponenten, Wägen + Dosieren Nr. 6 (1990), 7 – 19 and Nr. 7 (1991), 2 – 13.
79. **Vetter, G., and Stark, B.**, Die Modellierung von Stopfschnecken zur Förderung kompressibler Schüttgüter gegen Druck, Schüttgut 2 (1996) Nr. 4, 539-547.
80. **Vetter, G., and Wincek, M.**, Performance prediction of twin screw pumps for twophase gas/liquid flow, FED-Vol 154, Pumping Machinery ASME 1993, 331-340.
81. **Voicu, Gh.**, Sisteme de dozare și ambalare, Editura BREN, Bucuresti, 2001;
82. **Whitty, R.W. ș.a.**, Structured Programming. A Tutorial Guide, Software&Mycrosystems, Vol. 3, no. 3, June 1984.
83. **Worthing, A.G., Geffner, J.**, Prelucrarea datelor experimentale, traducere din limba engleză. Editura Tehnică, București, 1989.
84. **XXX** Modern Packaging Enciclopedia, vol.41, nr.7A, Mc-Graw Hill Inc., New York, 1970;
85. **XXX NN.** BURDOSA Dosiertechnik. Vollpneumatisch angetriebene Dosierpumpen 02.906.010.1: 7.78;
86. **XXX** Eichordnung Ausgabe 1975. Deutscher Eichverlag, Braunschweig. accesat la 03.1.2006.
87. **XXX** Zweites Gesetz zur Änderung des Eichgesetzes. 20.1.76, BGBl I. 141, accesat la 23.4.2008.
88. **XXX** DIN 1319, Grundbegriffe der Messtechnik, accesat la 8.12.2008.
89. **XXX** DIN 19229, Übertragungsverhalten dynamischer Systeme, Begriffe, accesat la 5.8.2007.
90. **XXX** FEM 2125. Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung der horizontalen und leicht geneigten Schneckenförderer (bis etwa 20). 1989, accesat la 14.2.2009.
91. **XXX** FEM 2127. Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung von Schwingrinnen, 1989.
92. **XXX** FEM 2181. Spezifische Schüttguteigenschaften bei der mechanischen Förderung, 1989, accesat la 25.3.2009.
93. **XXX** FEM 2321. Einfluss der Schüttguteigenschaften auf die Planung und Auslegung von Silos. Mai 1989, accesat la 3.02.2009.
94. **XXX** FEM 2381. Spezifische Schüttguteigenschaften der Schüttgüter in Bezug auf die Silolagerung, Ermittlung und Darstellung der Flieseigenschaften. Februar 1986. accesat la 9.5.2007.
95. **XXX** DIN ISO 3435. Stetigförderer – Klassifizierung und Symbolisierung von Schüttgütern, February 1979, accesat la 10.8.2007.
96. **XXX** N.N.: Moderne Schiffsentlader: Vielseitig, leistungsstark und umweltschonend. Fördern und Heben 35 (1985) Nr. 11, S. 856-859, accesat la 23.05.2009.
97. **XXX**, (2002) Analog Dialogue, Analog Devices, Norwood, 2000, Volume 34, pag. 33-37, accesat la 03.11.2007.

98. **XXX** (1999), [www.analog.com](http://www.analog.com), Bridge Trnsducer ADC, Analog Devices, Rev.A, pag. 16-41, accesat la 08.05.2006.
99. **XXX**, (2002), PICmicro MID-Range MCU Family data sheet, Microchip Technology Inc, Chandler, AZ USA 1997, accesat la 16.03.2008.
100. **XXX** (2001), [www.atmel.com](http://www.atmel.com) Atmega8535 data sheet, accesat la 28.10.2007.

## Cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea funcționării sistemelor de dozare

În contextul dezvoltării accelerate a cercetării în domeniul automatizării liniilor de fabricație, o direcție reprezentativă se referă la optimizarea sistemelor de dozare.

Lucrarea de doctorat "Cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea funcționării sistemelor de dozare" se înscrie în această direcție, având ca obiectiv principal optimizarea atât a sistemului hardware cât și a structurii de comandă, elemente de bază aflate în componența sistemelor moderne de dozare.

Din analizele efectuate a rezultat necesitatea utilizării unui control în buclă închisă care să asigure autoreglarea în funcție de erorile pe care factorii perturbatori le introduc în sistem.

Optimizarea procesului de dozare a urmărit două aspecte: optimizarea sistemului hardware față de cele standard și implementarea unui sistem inteligent de comandă. Optimizarea părții hardware a constat în introducerea, în structura standului realizat, a două mecanisme: mecanismul de modificare a înclinației jgheabului vibrator pe parcursul procesului de dozare și clapeta de obturare rapidă a secțiunii de curgere la finalul dozării pentru înlăturarea erorilor provocate de inerția materialului și a elementului vibrator. Optimizarea părții software a constat în implementarea unui sistem inteligent de comandă care să cuprindă: elaborarea și implementarea unui algoritm de control automat în buclă închisă folosind teoria algoritmilor PID (regulator de debit), elaborarea și implementarea unui algoritm PID de tip P (numai parametrul proporțional este luat în calcul) pentru modificarea debitului de material în funcție de cantitatea de material rămasă de dozat (acest algoritm asigură o viteză mare de dozare la începutul procesului, urmând ca spre sfârșit să scadă viteza de dozare în favoarea unei precizii ridicate).

Scopul final al tezei de doctorat a fost realizarea standului experimental și testarea anumitor metode de optimizare având ca țintă depășirea performanțelor existente. Materializarea lui atestă faptul că această teză de doctorat este o lucrare interdisciplinară, aflată la frontiera dintre ingineria mecanică, inginerie electronică și inginerie informatică. Tehnicile utilizate cuprind un domeniu extins, de la sisteme clasice, la algoritmi complecși care implementează controlul automat în buclă închisă (PID) din domeniul sistemelor de reglare automată.

## Theoretical and experimental researches regarding the optimization of dosing systems

In the context of accelerated research growth in the field of manufacturing automation lines, a representative direction refers to optimization of dosing system.

The thesis "Theoretical and experimental research on functioning optimization of dosing" aims in this direction, with the main objective of optimization of the hardware system and as well as the command structure, the basic elements found in modern dosing systems.

The previous studies carried out a need to use a closed loop control to ensure a self-regulation based on the errors that introduce some disturbing factors in the system.

The optimization of the dosing process has two aspects: hardware system optimization versus the standard ones and the implementation of an intelligent control system. The optimization of the hardware system was introduced in the structure of the experimental stand by of two mechanisms: the change of the angle mechanism of the vibrating chute and the mechanism for the rapid stopping of the flow at the end of the dosing process. The optimization of the software contains the implementation of an intelligent command that has the following parts: designing and implementation of an automat control algorithm with feedback response using PID theory algorithm (debit regulator), designing and implementation of an automat control algorithm PID (just P argument) that modifies the debit according to the rest of the material flow which remains to be dosed to fulfill the desired dose (this algorithm assures a high dosing speed at the beginning of the process, so that, at the end of the process to reduce speed in favor of the high dosing precision).

The main goal of the thesis was to build an experimental stand and to test some optimization methods targeting a better performance than those existing. The shaping of this idea proofs that this thesis is an interdisciplinary work that is found at the border of mechanical engineering, electronics engineering and informatics technology. The techniques used contain a large field from classic systems, complex algorithms that implement the automatic feedback control (PID) from the field of the automation control systems.

**Nume: MĂNESCU MIHAI**

**Data nașterii:** 11.07.1982

**Locul nașterii:** Iași, Romania

**Adresa:** Str. Colinei, nr.7, Brașov, Romania

**Tel:** 0727/307093

**E-mail:** memanescu@yahoo.ro

**Sex:** Masculin

**Nationalitate:** Român

**Starea civilă:** Căsătorit

**Carnet de șofer:** A și B



#### **EDUCAȚIE:**

- 01.10.2008 - prezent Universitatea Transilvania, studii de doctorat fără frecvență, Facultatea de Inginerie Mecanică;
- 01.10.2005-01.10.2008 Universitatea Transilvania, studii de doctorat cu frecvență, Facultatea de Inginerie Mecanică;
- 2005-2006 Universitatea Transilvania, studii de master, Facultatea de informatică și matematică, specializarea Algoritmi și Produse Software;
- 2000-2005 Universitatea Transilvania, student la Facultatea de Inginerie Mecanică, specializarea Mecatronică;
- 1996-2000 Liceul teoretic „Nicolae Titulescu“, Brașov.

#### **EXPERIENȚĂ PROFESIONALĂ:**

- 01.07.2002 - 01.07.2003 CASADI S.R.L din Romania, Brasov Descriere: vectorizarea de hărți în AutoCAD.
- 01.10.2005 - Prezent Universitatea Transilvania, Facultatea de Inginerie Mecanică, Catedra de Mecanică Fină și Mecatronică, Descriere: activitate cadru asociat.

#### **ACTIVITATE ȘTIINȚIFICĂ**

- Articole publicate: 18 dintre care 5 cotate ISI.
- Participare la contracte de cercetare: 7 contracte de cercetare.
- Premiul I „Premierea rezultatelor cercetării” CNCSIS pentru lucrarea: D. Ola, M. Mănescu “Automatic control through computer of a volumetric screw dosing system destined for agro-foods bulk solids”, JOURNAL of ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY (J.E.P.E.)Vol. 9, No 1, 2008, pag.200-210.

#### **PROIECTE ȘI CONTRACTE DE CERCETARE:**

- Proiectarea și fabricația de sisteme dinamice de afișaj;
- Comanda unui sistem complex pentru obținerea imaginii fotografice stroboscopice a unor obiecte în mișcare pentru determinarea exactă a traiectoriilor de mișcare;
- Proiectarea și realizarea unei mașini CNC cu două axe pentru fabricarea de repere din polistiren;
- Dezvoltarea unui dispozitiv cu ultrasunete pentru înlăturarea rozătoarelor;
- Proiectarea și realizarea unui sistem de numărare pe 16 canale în comunicație cu o rețea de afișaje cu 7 segmente;
- Realizarea unui dispozitiv complex pentru monitorizarea stării aparatelor de sudură;
- Contract de cercetare CEEX, 71-129/2007, “Sisteme mecatronice de acționare realizate cu noi tipuri de actuatori pentru aplicații în robotică și în alte domenii”, SMANAR, coordonator partener prof. dr. fiz. Sorin ZAMFIRA;
- Contract de cercetare CEEX, 91/31.07.2006: “Sistem robotic miniatural cu abilități de reconfigurare și automultiplicare”, coordonator partener prof. univ. dr. ing. Luciana CRISTEA;
- Contract de cercetare CEEX, 120/2006, „Cercetări structurale geometrice, cinematice și dinamice avansate privind conceperea unui simulator deschis de zbor adaptat la cerințe speciale”, coordonator partener prof. dr. ing. Adrian DUMITRIU;
- Proiect IDEI 722/01.01.2009, „Tehnica de investigare, pe baza unui sistem computerizat interconectat, a performanțelor bio-comportamentale umane”, 2009, director proiect prof. dr. ing. Mihaela BARITZ;
- Contract de cercetare CNCSIS 1109, „Perfecționarea structurală și funcțională a sistemelor automate destinate inspecției microdimensionale a microrulmenților”, 2005 – 2007, proiect tip A, director proiect prof. dr. ing. Luciana CRISTEA;
- Contract de cercetare CAPACITATI 114/2007-“Bază de cercetare multidisciplinară pentru managementul modelării, proiectării și fabricației sistemelor mecatronice cu aplicații în industrie și medicină” director de proiect prof. dr. ing. Luciana CRISTEA;
- Platforma de cercetare “Sisteme avansate pentru autovehicule și transport rutier”, director platformă prof. dr. ing. Anghel CHIRU, coordonator divizia de “Conceptie analiză testare produse și asigurarea calității” prof. dr. ing. Luciana CRISTEA.

**Limbi straine:** Engleza – nivel mediu.

**Name:** MANESCU MIHAI  
**Birth Date:** 11.07.1982  
**Birth Place:** Iasi, Romania  
**Address:** Str. Colinei, nr.7, Brasov, Romania  
**Handy:**0727/307093  
**E-mail:** memanescu@yahoo.ro  
**Gender:** Male  
**Nationality:** Romanian  
**Marital Status:** Married  
**Driving License:** Yes



#### **EDUCATION:**

- 01.10.2008 Currently Transilvania University, PhD studies without frequency, Faculty of Mechanical Engineering;
- 01.10.2005-01.10.2008 Transilvania University, PhD studies with frequency, Faculty of Mechanical Engineering;
- 2005- 2006 Transilvania University, Masters Degrees, Faculty of Computer Science and Mathematics, Algorithms and Software specialization;
- 2000-2005 Transilvania University, Faculty of Mechanical Engineering, Mechatronics specialization;
- 1996-2000 Lyceum "Nicolae Titulescu", Brasov

#### **WORK EXPERIENCE:**

- 01.07.2002- 01.07.2003 CASADI S.R.L from Romania, Brasov ;Comments: I made maps in AutoCAD;
- 01.10.2005 - Currently Transilvania University Mechanical Faculty, Brasov in position of Research/Development;

#### **SCIENTIFIC ACTIVITY:**

- Published articles: 18 of which 5 are ISI
- Participation in research contracts: 7
- I Prize "Awarding research results" CNCSIS, for article: D Ola, M. Manescu " Automatic control through computer of a volumetric screw dosing system destined for agro-foods bulk solids ", JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY (J.E.P.E.)Vol. 9, No 1, 2008, pag.200-210.

#### **RESEARCH PROJECTS AND CONTRACTS**

- Design and manufacture of dynamic display system;
- Control a complex system for obtaining stroboscopic photographic images of moving objects to determine the exact trajectory of motion
- Designing and making a two-axis CNC machines to manufacture parts of polystyrene;
- Development of an ultrasonic device to remove rodents;
- Design and development of a system of counting on 16 channels in communication with a network of 7-segment displays.
- Making a complex device for welding equipment condition monitoring;
- CEEEX Research contract number 71-129/2007, "Mechatronic drive systems made with new types of actuators for applications in robotics and other areas", acronym SMANAR, director partner Prof. PhD. Fiz. Sorin ZAMFIR;
- Research contract CEEEX. 91/31.07.2006: "Miniature robot system with the ability to reconfigure and automultiplicare" Coordinating partner Prof. PhD. Eng. Luciana Cristea;
- Research contract CEEEX 120/2006, "Structural Advanced Research on geometry, kinematics and dynamics regarding the design of an advanced opened flight simulator", adapted to special requirements, coordinator Prof. PhD. Eng. Adrian DUMITRIU;
- Project IDEI 722/01.01.2009, "Investigative technique using a computerized interconnected system of bio-behavioral human performance", 2009, Director Mihaela BARITZ;
- Research contract CNCSIS 1109, "Structural and functional improvement of automated systems for micro-dimensional inspection of micro-bearing", from 2005 to 2007, Program type A, Project Director Ms. Prof. PhD. Eng. Luciana Cristea;
- Research contract CAPACITATI 114/2007- "Multidisciplinary research base for modeling management, design and manufacture mechatronic systems with applications in industry and medicine", project director Prof. PhD.Eng. Luciana Cristea;
- Research Platform "Advanced systems for motor vehicles and road transport" Anghel CHIRU-Director platform, Luciana Cristea- Coordinator Division design-test analysis products and quality (CATEPAC).

**LANGUAGES:** English - average