

## **CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND AUTOMATIZAREA ȘI COMPUTERIZAREA PROCESELOR DE PRELUCRARE A FURAJELOR ÎN BUCĂTĂRII FURAJERE, FNC-URI ȘI MICRO FNC-URI**

### **REZUMAT**

Lucrarea, structurată pe 7 capitole, prezintă un studiu despre automatizarea și computerizarea proceselor de prelucrare a furajelor în bucătării furajere, FNC-uri și micro FNC-uri din România.

Scopul cercetării constă în analiza teoretică și experimentală a procesului de prelucrare automată a furajelor, în două FNC-uri foarte cunoscute din țara noastră, SC DIDFARM SRL Sânnicolau Mare și SC VIPROMAX Craiova, pentru obținerea rezultatelor optime în condițiile utilizării raționale a combustibililor, cu respectarea normelor de siguranță alimentară și a regulilor de bune practici privind producerea nutrețurilor combinate.

Pornind de la considerentele expuse anterior, s-a stabilit obiectivul principal al lucrării de doctorat, care constă în: cercetarea posibilităților de control automatizat a funcționării trenului de benzi transportoare și de optimizare a regimului de prelucrare automată a furajelor prin reglarea automată a procesului de lucru, în funcție de temperatura, umiditatea și presiunea aburului, cu respectarea normelor Europene privind protecția mediului, și reducerea consumului de combustibil.

Rezolvarea obiectivelor propuse în cadrul temei de cercetare s-a canalizat pe două direcții, una teoretică și una practic-aplicativă.

Direcția de cercetare teoretică vizează următoarele aspecte:

- Efectuarea unei sinteze privind necesitatea producerii și utilizării eficiente a furajelor și nutrețurilor combinate pentru hrana animalelor;
- Stadiul actual al cunoașterii privind cercetarea teoretică a instalațiilor de producere a furajelor;
- Structura și stadiul actual al cunoașterii în domeniul instalațiilor de producere a furajelor;
- Necesitatea utilizării sistemelor de automatizare și computerizare într-o instalație de măcinare a cerealelor destinate obținerii nutrețurilor combinate;
- Identificarea problemele specifice procesului de măcinare a cerealelor boabe în vederea reducerii costurilor de producție cu respectarea normelor de siguranță alimentară și reducerii consumurilor energetice;
- Monitorizarea și controlul parametrilor (cantitățile de materii prime, temperaturilor agentului termic, emisiilor de noxe și praf) pe timpul procesului tehnologic;
- Prezentarea fluxului tehnologic privind producerea nutrețurilor combinate;

Direcția de cercetare practic-aplicativă vizează următoarele aspecte:

- Cercetări experimentale și contribuții teoretice privind automatizarea și computerizarea proceselor de prelucrare a furajelor într-un FNC;
- Analiza factorilor constructivi, funcționali și de lucru ai instalației de prelucrare a furajelor;

- Determinarea paramerilor tehnico-funcționali ai senzorilor magnetici de turație și proximitate, utilizați în cadrul sistemului de monitorizare automatizată a benzilor de transport;
- Determinarea directă, prin măsurare în timpul procesului de producere a furajelor a parametrilor termodinamici ai agentului termic și ai mediului ambiant;
- Determinarea emisiilor poluante din gazele de ardere ale agentului de uscare;
- Măsurători privind funcționarea automată a instalației pe timpul producerii furajelor pentru pui rasa Broiler (faza starter, creștere, finisare);
- Măsurători privind funcționarea automată a instalației pe timpul producerii furajelor pentru găini ouătoare, vaci lapte și iepuri;
- Verificarea modelelor matematice elaborate în cercetarea teoretică.

Lucrarea este structurată pe 7 capitole, în care sunt incluse 160 de figuri și grafice, 59 de tabele, 86 relații matematice și 135 referințe bibliografice.

Capitolul 1 „Necesitatea producerii și utilizării nutrețurilor combinate pentru hrana animalelor“, prezintă o scurtă caracterizare a preocupărilor privind dinamica industriei de producere a nutrețurilor combinate pe plan național și mondial precum și situația actuală pe plan mondial privind construcția instalațiilor de obținere a făinurilor furajere din amestecuri de cereale.

În acest capitol au fost prezentate succesiv instalațiile existente în țară și străinătate în cadrul fabricilor de obținere a furajelor combinate. Astfel, avînd în vedere operațiile desfășurate pe parcursul fluxului tehnologic din FNC-uri, au fost prezentate o gamă largă de echipamente de măcinat cereale (mori), uscătoare de cereale și amestecătoare de furaje, conform figurilor și anexelor prezentate. De asemenea au fost enumerate și alte instalații și mașini ce efectuează operații importante în cadrul unui FNC: mașini pentru curățirea cerealelor, mașini pentru granularea produselor obținute, instalații pentru transportul și depozitarea cerealelor și produselor finite.

Una dintre operațiile importante dintr-un FNC este măcinarea cerealelor boabe, care reprezintă materia primă pentru obținerea rețetelor dorite de furaje combinate. Mașinile care execută măcinarea furajelor se numesc mori și pot fi de mai multe tipuri: cu pietre sau discuri metalice, cu valț și cu ciocane. Dintre acestea cea mai largă răspândire în dotarea FNC-urilor o au morile cu ciocane.

Tabelul 1

*Caracteristicile principale ale unor mori cu ciocane (Similar cu tabelul 2.1 din text)*

Tipul mori	$k = D/L$	Capacitatea de lucru, kg/h	Debitul specific $kg/hxm^2$	Energia specifică, kWh/t
MC-3	1,6	2500-2800	$(14,2-18,2)10^3$	11-8,7
MCE-2	3,2	800-1000	$(10,4-13)10^3$	
MCU-2,3	3,8	4500-4600	$(14,5-100)10^3$	5.6-5
MCF-5	1,2	4500-5000	$(15-16,5)10^3$	
MCU-3B	1,1	1000-1200	$(14,7-17,6)10^3$	9,6-5,2
MCMC-16	4,5	$10^4-14x10^3$	$(25,2-35,3)10^3$	

Așa cum aminteam anterior, în fluxul tehnologic de producere a făinurilor furajere, sunt incluse și amestecătoarele. Prin amestecare se urmărește omogenizarea și distribuția uniformă a particulelor fiecărui component în masa amestecului de boabe.

Amestecătoarele pot fi, după modul de lucru, cu funcționare continuă și cu funcționare periodică, iar din punct de vedere constructiv pot fi orizontale și verticale.

Tabelul 2

Caracteristicile tehnice ale unor tipuri de amestecătoare (Similar cu Tabelul 2.2 din text)

Caracteristica	UM	Tipul amestecătorului						
		AF 500	AF 1000	AF 1500	AF 500M	AF 750M	AF 1000M	AF 1500M
Capacitate utilaj	m <sup>3</sup>	0,96	1,7	2,5	0,96	1,25	1,7	2,5
Productivitate	kg/h	450÷500	900÷1000	1400÷1600	450÷550	750÷850	900÷1000	1400÷1600
Putere instalată	kW	1,5	4	5,5	1,5	2,2	4	5,5
Tensiunea de alimentare	V	380	380	380	380	380	380	380
Turația motorului	rot/min	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Timp de amestecare	min.	7-20	7-20	7-20	15	20	20	20

În cadrul documentării au fost studiate o serie de prospecte pentru mori cu ciocane, omogenizatoare și instalații pentru făinuri furajere realizate de SKIOLD (Danemarca), RAKO (Germania) și ECO - RENE TOY (Franța), conform Anexelor.

Capitolul 2 „Necesitatea utilizării echipamentelor de automatizare într-o instalație destinată obținerii nutrețurilor combinate“, prezintă câteva aspecte și considerații teoretice privind procesul de măcinare a cerealelor precum și procesul tehnologic de producere a nutrețurilor combinate, corelate cu problemele specifice procesului de măcinare a cerealelor boabe, reducerea costurilor de producție, controlul temperaturilor pe timpul procesului tehnologic, controlul emisiilor de praf și al zgomotelor pentru o soluție constructivă a unei instalații automatizate de măcinare a cerealelor.

S-a evidențiat faptul că principalele faze ale procesului tehnologic de producere a nutrețurilor combinate sunt:

- ◆ recepția și depozitarea materiilor prime
- ◆ transportul materiilor prime și a produselor obținute
- ◆ măcinarea materiilor prime
- ◆ dozarea conform rețetei
- ◆ omogenizarea furajului combinat
- ◆ granularea (pentru fabricile la care este prevăzută și această fază tehnologică)
- ◆ ambalarea și livrarea produsului finit

O atenție deosebită s-a acordat considerațiilor teoretice privind procesul de măcinare a cerealelor boabe, fiind prezentată în acest sens funcționarea unei mori cu ciocane. Procesul de măcinare a boabelor de cereale durează până când particulele ajung la o mărime suficient de mică pentru a putea trece prin găurile sitei din dotarea morii cu ciocane. În acest context au fost prezentate ecuațiile matematice care permit studierea indicatorilor tehnici caracteristici procesului de măcinare: gradul de mărunțire, granulozitatea, finețea măciniișului, consumul specific de energie și indicele consumului de energie.

De asemenea, în acest capitol s-au prezentat problemele specifice care pot să apară în procesul de măcinare a cerealelor boabe, precum și indicii de calitate ai cerealelor. Având în vedere calitatea produsului final oferit către beneficiarii din domeniul zootehniei, toți

procesorii de cereale, inclusiv cei care produc nutrețuri combinate, trebuie să urmărească în mod constant următoarele obiective, dacă vor să-și mențină poziția pe piața de profil:

- ◆ reducerea costurilor de producție ale produsului finit;
- ◆ menținerea calității produsului conform normelor sau cerințelor clienților;
- ◆ respectarea reglementărilor în vigoare referitoare la securitate și la protecția mediului;
- ◆ diminuarea nivelului de zgomot produs de ventilatoarele ce asigură filtrarea prafului din instalațiile de măcinat.

Tot aici se prezintă aspecte importante privind legislația în vigoare, referitoare la metodele, standardele, criteriile și formulele matematice utilizate de specialiști pentru aprecierea calității cerealelor.

Având în vedere toate aceste cerințe, în finalul capitolului 3 se prezintă o soluție constructivă a unei instalații automatizate de măcinare a cerealelor.

Capitolul 3 „Oportunitatea și obiectivele tezei de doctorat” prezintă evoluția tehnologiilor de prelucrare a furajelor din cele mai vechi timpuri și dinamica principalelor culturi și suprafețele semămate în contextul sporirii interesului pentru utilizarea în tot mai multe domenii a produselor cerealiere și importanța acestora pentru omenire.

Capitolul 4 „Contribuții la conceperea, proiectarea și realizarea unor module automatizate de control asupra liniilor de transport în procesele de prelucrare a furajelor dintr-un FNC”, caracterizează partea fundamentală teoretică a procesului de automatizare privind obținerea furajelor combinate.

În partea de început a acestui capitol se face o scurtă prezentare a activităților din cele două FNC-uri ce au reprezentat obiectul de studiu în elaborarea acestei lucrări: SC DIDFARM SRL Sânnicolau Mare și SC VIPROMAX Craiova, aici fiind de fapt locul unde s-au desfășurat și analizele experimentale practice.

Sunt amintite apoi etapele fluxului tehnologic privind producerea nutrețurilor combinate, făcând o trecere în revistă a principalelor operații ce se efectuează și a instalațiilor utilizate. Pentru a se asigura o activitate optimă în cadrul FNC-urilor, se analizează principalele deficiențe ce pot să apară în timpul procesului de producere a furajelor combinate.

În continuare se prezintă proiectarea sistemului de control automatizat al transportului de materii prime, funcționarea schemei electrice a modulului de control proiectat, precum și proiectarea sistemului de monitorizare automatizată a încărcării pentru un elevator. Schemele electrice ale sistemului automatizat de control a benzilor transportoare sunt prezentate în detaliu, iar funcționarea lor este descrisă și cu ajutorul unor funcții de control, cu 5 variabile de comandă, ce se bazează pe logica algebrei booleene. După explicarea modului de funcționare se prezintă și o simulare computerizată a funcționării sistemului automatizat de control a trenului de benzi transportoare din FNC.

De asemenea, în acest capitol este prezentată și proiectarea modulului de monitorizare computerizată a încărcării buncărelor, care permite urmărirea nivelului de umplere cu materii prime. Pentru scrierea programului de lucru s-a utilizat limbajul de programare C++, iar pentru achiziția și stocarea datelor s-a utilizat Microsoft Excel.

În capitolul 5 „Cercetări experimentale privind automatizarea proceselor de prelucrare a furajelor în bucătării furajere și FNC-uri”, se prezintă în mod detaliat care au fost pașii privind alegerea metodicii experimentale, echipamentele de măsură utilizate pe timpul cercetărilor, precum și câteva aspecte teoretice ale caracteristicilor, modului de utilizare și performanțelor de lucru ale echipamentelor în punctele de măsurare stabilite, conform metodicii experimentale.

Tabelul 3

Caracteristicile aparatelor de măsură (Similar cu tabelul 5.1 din text)

Nr. crt.	Aparat	Principiul de măsurare	Observații
1	TESTO 350 M/XL	Analiza continuă a gazelor de ardere electrochimică (principiul Peltier)	Dispozitiv calibrat de către INM
2	STROHLEIN STE 4	Determinarea concentrațiilor de praf, prin prelevarea isocinetică continuă in site	Dispozitiv calibrat de către INM
3	Placa de achiziție de date NI-PCI 6224	Măsurarea analogică continua canalelor de achiziție de date cu frecvență mare (250 ks/s)	
4	Convertor analogic – digital PIXSYS ATR 243 ABC	Măsurarea intensității tensiunii date de către termocuplu (mV).	
5	Senzori de temperatură termocuple tip K	Transmiterea unui semnal electric [mV], direct proporțional cu temperatura, la convertorul analogic digital	
6	Tachometru electronic EBRO DT/2236	Determinarea electronică a numărului de rotații. Dispune de memorie internă	

De asemenea, sunt prezentate posibilitățile de efectuare a analizelor practice și pregătirea instalațiilor și aparatelor de măsură pentru lucru (figura 1).



Figura 1 – Pregătirea instalațiilor și a aparatelor de măsură pentru determinările practice

Astfel, s-au prezentat echipamentele pentru determinarea parametrilor de lucru ai senzorilor magnetici, pentru măsurarea emisiilor poluante din gazele de ardere, pentru determinarea conținutului de praf din gazele de ardere și pentru măsurarea temperaturilor aburului, precum și modul de pregătire pentru lucru și efectuarea măsurătorilor în punctele de măsurare. În ultima parte a capitolului este prezentat sistemul de achiziție de date, format din: senzori de măsurare a temperaturii, convertor analogic digital și placa de achiziție de date.

Capitolul 6 „Rezultatele experimentale obținute pe timpul funcționării automate a procesului de fabricație a furajelor și nutrețurilor combinate“, prezintă rezultatele obținute în urma efectuării măsurătorilor la cele patru puncte de măsurare: la trenul de transportoare, la generatorul de aburi, la instalația de granulare și la instalația de răcire. Se prezintă apoi analiza și interpretarea rezultatelor cercetării pentru cele două campanii de măsurare și pentru fiecare

sortiment de furaj analizat, în scopul obținerii furajelor și nutrețurilor combinate cu un consum minim de combustibil, cu respectarea normelor de poluare și de siguranță alimentară.

Cercetările experimentale făcute la benzile transportoare orizontale, în punctul 1 de măsurare (PM1), au avut ca scop determinarea parametrilor tehnico-funcționali ai senzorilor magnetici de turație și de proximitate, care intră în componența instalației de monitorizare automatizată a trenului de transportoare.

Cercetările experimentale, realizate pe instalația de procesare a furajelor și nutrețurilor combinate au fost realizate în vederea evaluării din punct de vedere al impactului asupra mediului și a optimizării procesului de producție a furajelor. Pentru a se evidenția sugestiv comportamentul instalației de procesare în funcționare, inițial s-a conceput un plan de măsurători. Planul de măsurători elaborat pentru instalația de proces, a fost realizat în strânsă concordanță cu specificațiile producătorului. Măsurătorile s-au efectuat în două campanii.

**În prima campanie**, s-a vizat procedeul de fabricație a furajelor pentru puii de găină rasa Broiler, astfel:

- Pui Broiler, faza starter;
- Pui Broiler, faza creștere;
- Pui Broiler, faza finisare.

**Cea de-a doua campanie** a vizat procedeul de fabricație al furajelor pentru:

- Găini ouătoare;
- Vaci lapte;
- Iepuri.

Conform diagramei privind metodică experimentală, ieșirea din cazanul de abur a constituit punctul 2 de măsurători (notat PM 2). În acest punct s-au efectuat următoarele măsurători:

- emisiile, cu ajutorul analizorului de gaze TESTO 350 M/XL [120],
- temperaturile punctelor critice ale instalației, cu ajutorul sistemului de achiziție de date National Instruments.

La intrarea în matriță ajunge produsul omogenizat. Acest punct reprezintă punctul 3 de măsurători (PM 3) și aici s-au măsurat parametrii termodinamici ai instalației cu ajutorul sistemului de achiziție de date proiectat.

Această temperatură crescută rezultă în urma presării materialului prin canalele matriței, datorită compresiunii și frecării la care acesta este supus, dar și datorită temperaturii aburului ce participă la igienizarea produsului finit, rezultând punctul 4 de măsurare, PM 4, unde se măsoară următoarele:

- parametrii termodinamici ai instalației,
- concentrația de praf a efluentului ce se evacuează în atmosferă.

Principiul de funcționare la răcire este bazat pe fluxul de aer care intersectează traiectoria fluxului tehnologic al granulelor de furaj. Prin aceasta deplasare aerul poate prelua mai multă umiditate și, în consecință, granulele de furaje vor pierde din umiditate.

Capitolul 7 prezintă principalele concluzii referitoare la studiile realizate și rezultatele obținute pe parcursul celor două campanii de măsurători referitoare la diferite tipuri de furaje combinate produse și la problemele ce pot apărea pe traseul benzilor transportoare. Prezenta cercetare a fost realizată în două etape, iar acest considerent a fost adoptat pornind de la varietatea cererilor de produse finite din partea crescătorilor de animale. Astfel, s-au realizat două campanii de măsurători, pentru șase tipuri de nutrețuri combinate.

Prima campanie de măsurători, a vizat monitorizarea parametrilor termodinamici ai instalației de procesare, atunci când aceasta a produs, sortimente de nutrețuri pentru hrana

puilor de găină rasa Broiler. Nutrețurile combinate analizate din aceste considerente au fost: Broiler - faza starter, Broiler - faza creștere și Broiler - faza finisare. În a doua campanie s-au analizat nutrețurile combinate produse pentru găinile ouătoare, vacile de lapte și iepuri.

Producerea acestor furaje a fost analizată din mai multe puncte de vedere. Un deosebit considerent din care s-a studiat procesul de fabricare al nutrețurilor combinate a fost impactul asupra mediului ambiant. S-au analizat emisiile poluante ale instalației la producerea acestor tipuri de furaje și emisiile de praf (figura 2).



Figura 2 - Evaluarea concentrațiilor de CO, CO<sub>2</sub> și NO<sub>x</sub> în urma măsurătorilor efectuate cu TESTO 350 M/XL (Similară cu figura 7.1 din text)

Un alt considerent din care s-a analizat procesul de fabricație al furajelor a fost monitorizarea temperaturilor din punctele critice ale instalației, pentru a putea evalua sistemul integrat de automatizare, care monitorizează și reglează parametrii termodinamici ai instalației.

Analizând rezultatele obținute în urma celor două campanii de măsurători se pot trage următoarele concluzii:

➤ instalația de control automatizat a celor două benzi orizontale de transport și a elevatorului vertical asigură o funcționare bună, eliminând pericolul blocării benzilor datorită existenței unor cantități prea mari de materii prime și elimină posibilitățile de amestecare nedorită a diferitelor sortimente de materii prime, fapt ce ar afecta producerea rețetelor dorite de furaje concentrate;

➤ Analizând rezultatele culese la emisiile de CO în cele două campanii de măsurare, se poate trage concluzia că toate tipurile de furaje se pot obține fără a se produce un impact major asupra mediului, din punct de vedere al emisiei de CO;

➤ În ceea ce privește emisia de NO<sub>x</sub> în timpul producerii acestor furaje s-au obținut valori medii de 24.46 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>, 20.84 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub> și 15.58 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>, iar conform Ordinului 492/1993, limita impusă la emisia de NO<sub>x</sub> este de 35 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>. Valorile înregistrate nu depășesc pragul limită, ceea ce dovedește încă o dată buna funcționare a sistemului automatizat de control al instalației de procesare a furajelor;

➤ La Emisia de CO<sub>2</sub> se observă că valorile medii obținute în cele două campanii de măsurare nu au diferențe mari, fiind situate între 200-220 g/m<sup>3</sup><sub>N</sub>, ceea ce arată capacitatea sistemului de automatizare al generatorului de abur de a reproduce de fiecare dată aceleași condiții ori de câte ori este necesar;

- Analiza concentrațiilor emisiilor de praf, situate între 1,5-2,1 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>, a arătat faptul că în nici un caz studiat nu s-au înregistrat depășiri ale limitei impusă prin Ordinul 492 /1993, care este de 5 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>;
- Temperaturile gazelor de ardere sunt în strânsă legătură cu temperaturile agentului de lucru (aburul). Valorile temperaturilor citite pe durata măsurătorilor sunt aproximativ egale, cu valori cuprinse între 260–315°C, oferindu-i sistemului de automatizare un plus de încredere.

### **Contribuții personale privind funcționarea automată a procesului de fabricație a furajelor și nutrețuri combinate**

#### ***Contribuții teoretice:***

1. Efectuarea unei analize de sinteză asupra stadiului actual al cercetărilor în domeniu, prin consultarea unei bibliografii vaste și de actualitate, din care rezultă preocupările la nivel mondial pentru perfecționarea tehnologiilor și mijloacelor de fabricație a furajelor și nutrețurilor concentrate, dar și complexitatea proceselor aferente, cu mențiunea că literatura română este destul de săracă pentru domeniul cercetat, astfel fiind necesară o valorificare a numeroaselor surse web, pentru completarea informației disponibile considerate clasice.
2. Stabilirea și respectarea unui program de experimente care să permită studiul influențelor unor parametri esențiali asupra performanțelor instalației de fabricație a furajelor și nutrețurilor combinate.
3. Fundamentarea și realizarea analizei sistemice a comenzilor cu identificarea funcțiilor de lucru ale diferitelor echipamente tehnice din fluxul tehnologic (transportoarele orizontale Tr1, Tr2 și elevatorul Ev) în scopul proiectării unei scheme de acționare simplificate și optimizate pentru realizarea cinematicii programate.
4. Conceperea unor metode teoretice, bazate pe formule de control logic atașate unor scheme electrice, care să permită implementarea unor module automatizate de control pentru benzile transportoare dintr-un FNC.
5. Fundamentarea matematică a monitorizării înălțimii estimate a încărcării buncărelor cu materii prime.
6. Realizarea unei modelări matematice privind funcționarea automatizată a instalațiilor de lucru dintr-un FNC.
7. Stabilirea unei metode teoretice de determinare a influenței temperaturii aburului asupra procesului de granulare pentru sortimentele de furaje analizate conform metodicii experimentale.
8. Realizarea unei sinteze asupra recomandărilor privitoare la regimul termic optim în generatorul de abur în vederea optimizării consumurilor energetice și obținerii unor produse de calitate conform rețetei de fabricație.
9. Conceperea unor algoritmi care permit calculul rapid al caracteristicilor parametrilor termodinamici și de funcționare în regim automat a sistemului integrat de fabricație a furajelor și nutrețurilor combinate.
10. Elaborarea unei tehnologii de bune practici pentru monitorizarea cazanului de abur pe timpul funcționării automate a procesului de fabricație a furajelor și nutrețurilor combinate.
11. Proiectarea unui sistem original de gestiune a datelor (culegere, transmitere, stocare, prelucrare).
12. Sistematizarea datelor experimentale și generalizarea spre concluzii corecte legate de efectele automatizării proceselor de fabricație a furajelor și nutrețurilor combinate.



**Contribuții experimentale:**

1. Construirea unei platforme experimentale care să permită studierea parametrilor tehnico-funcționali ai senzorilor magnetici de turație și de proximitate, care pot fi utilizați la implementarea instalației de control automatizat a benzilor transportoare din FNC.

2. Proiectarea unei scheme de monitorizare a turației tamburului unui motor de antrenare a benzilor transportoare, cu ajutorul unui senzor magnetic de rotație.

3. Proiectarea unui sistem de supraveghere electronică a încărcării benzilor transportoare ce oprește, în caz de avarie, funcționarea transportoarelor în amonte, permițând astfel protejarea elevatoarelor și a benzilor trenului de transport. Acest sistem automatizat de monitorizare a funcționării trenului de transport oprește funcționarea benzilor într-o ordine foarte bine stabilită: întâi primul transportor situat lângă silozul de unde se preiau materiile prime, apoi transportorul intermediar și în final se face oprirea elevatorului vertical. Această ordine de oprire a trenului transportoarelor este determinată, pe de-o parte, de condiția să nu apară cantități de materii prime care să se strângă în locurile de îmbinare a benzilor transportoare și să nu blocheze astfel funcționarea normală acestor benzi, iar pe de altă parte să nu se amestece ingredientele diferitelor tipuri de rețete de nutrețuri combinate.

4. Simularea computerizată, printr-o aplicație construită cu programul ZelioSoft, a funcționării instalației de monitorizare automatizată a trenului de transport format din două benzi orizontale și un elevator vertical.

5. Elaborarea unui program informatic care să permită monitorizarea computerizată a încărcării buncărelor cu materii prime.

6. Stocarea electronică pe hard-disk-ul calculatorului ce monitorizează fluxul tehnologic, într-un fișier de tip bază de date, a rezultatelor măsurătorilor privind înălțimile estimative ale nivelurilor de încărcare a buncărelor.

7. Efectuarea unui volum mare de măsurători, în două campanii distincte, care pot reprezenta un algoritm foarte bogat pentru beneficiarii instalației de la Sannicolau Mare, pentru procesele de granulare, în deplină concordanță cu specificațiile producătorului echipamentului.

8. Prin setul de măsurători efectuate asupra compușilor gazelor de ardere, am reușit obținerea unor rezultate care au permis interpretarea rezultatelor procesului tehnologic de granulare și fabricare a nutrețurilor combinate, cu respectarea normelor de poluare, fapt ce a confirmat încă o dată că activitățile din cadrul SC Didfarm SRL, se desfășoară în deplină concordanță cu legislația de mediu privind emisia de noxe la coș.

9. Proiectarea sistemului de control automatizat al transportului de materii prime majoritare, a permis efectuarea unor studii deosebit de importante care s-au materializat prin finalizarea unei baze bogate de date ce au permis confirmarea în practică a tuturor cunoștințelor și teoriilor existente în momentul de față.

10. Realizarea unui sistem de achiziție de date, în timp real și continuu, cu frecvență de citire foarte ridicată, folosind platforma de programare grafică National Instruments PCI 6224 – LABWIEV 8.5.

11. Concluziile reieșite în urma campaniilor de măsurători confirmă cerințele tehnico-funcționale ale producătorului de echipamente.

12. Analiza și interpretarea rezultatelor obținute în urma cercetărilor teoretice și experimentale au permis elaborarea unor recomandări utile în vederea proiectării, utilizării și funcționării cu un randament maxim a instalațiilor de fabricație a furajelor și nutrețurilor combinate.

### **Direcții viitoare de cercetare**

În urma efectuării cercetărilor teoretice și experimentale privind automatizarea proceselor de prelucrare a furajelor în FNC-uri a reieșit foarte clar existența și potențialul mare al domeniului, fapt ce permite extinderea domeniului de cercetare prin identificarea de noi direcții și căi de continuare a cercetărilor, astfel:

1. Extinderea studiului conceptului de automatizare a proceselor de fabricație pentru alte tipuri de rețete pentru furaje și nutrețuri combinate.

2. Extinderea studiilor proceselor de fabricație pentru alte sectoare ale industriei alimentare, procese tehnologice de fabricație, în condițiile respectării siguranței alimentare.

3. Studiarea și diversificarea metodelor de optimizare a funcționării instalațiilor automatizate de fabricare a nutrețurilor combinate sau a altor produse alimentare, urmărindu-se atât eficientizarea parametrilor de lucru, cât și respectarea normelor europene de protecție a mediului înconjurător.

4. Aprofundarea posibilităților de monitorizare și control automatizat a activităților desfășurate în timpul proceselor tehnologice de fabricare a diferitelor rețete de nutrețuri combinate sau a altor produse alimentare.