

EXPERIMENTAL RESEARCHES UPON THE DOSING ACCURACY OF TECHNICAL DOSAGE EQUIPMENT DESTINED FOR AGRIFOOD PRODUCTS

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND ACURATETEA DOZARII PENTRU ECHIPAMENTUL TEHNIC DE DOZARE DESTINAT PRODUSELOR AGROALIMENTARE

Ph.D. Eng. Brăcăcescu C., Ph.D. Eng. Păun A., Eng. Milea D.,
Ph.D. Stud Eng. Ivancu B., Eng. Bunduchi G.

INMA Bucharest / Romania

Tel: 031.805.32.13; E-mail: carmenbraca@yahoo.com

Abstract: The researches which results are herein presented, tackle the dosage process optimization in small and medium-sized enterprises.

The dosing technical equipment DTE performs two main functions:

- automated setting of product flow rate for a programmed value and maintaining this value within certain pre-set limits, by respecting the regulations in force concerning the dosage precision imposed for this equipment type;
- automated control of quantities of products passing through the dosage equipment in a certain period of time.

In this paper, are presented this equipment experimental tests, the working qualitative indexes determined, by emphasizing the advantages of using this equipment type in small and medium-sized milling enterprises, in rural area.

Keywords: dosage, agricultural products, milling units, automated control, PLC.

INTRODUCTION

The field of systems and equipment for weighing, dosing and packaging agri food products is one of the fields with a high economic impact in Romania (especially in the last years), but also in the industrially developed countries.

Modern weighing and automated dosing devices represent ingenious technical solutions that comprise fields from both the mechanics and electronics, being characterized by a high precision and sensitivity according to several papers from the specialty literature. [1, 2, 3, 4, 8].

Usually, operations involving direct action on the processed material are exclusively done by mechanical mechanisms or components, but also the command and dosage adjustment operations are frequently done by mechanical systems, the electronic systems having a surveillance and fine adjustment role as described in the paper [5, 9].

Technological operations of weighing and dosing are not independent in the manufacturing process of products, but are integrated into various technological processes, so that the result of the operation does not emerge distinctively, but cumulated in the resulted final product, and as a result, the quality of the dosage/weighing directly influencing the quality of the final product. [6,7].

In the milling process in different points of the mill's technological flow, technical equipment used for weighing the grains that enter the processing and the finished products and by-products are provided.

Aligned with the most modern equipment in the field and encompassing innovative constructive solutions, the *Dosing Technical Equipment DTE* (fig. 1), developed at INMA Bucharest has a direct applicability in small and medium capacity milling units, and can be interleaved in their technological flow in several points of processing quantitative information, but also in combined fodder

Rezumat: Cercetările ale căror rezultate sunt prezentate în acest articol au ca subiect optimizarea procesului de dozare în unitățile productive de mică și medie capacitate.

Echipamentul tehnic de dozare ETD realizează două funcții principale:

- reglarea automată a debitului de produs la o valoare programată și menținerea acestei valori între anumite limite prescrise, cu respectarea normativelor referitoare la precizia de dozare pentru aceste tipuri de echipamente;
- gestionarea automată a cantităților de produse ce trec prin echipamentul de dozare într-un anumit timp.

În această lucrare sunt prezentate investigațiile experimentale ale acestui echipament, indicii calitativi de lucru determinați cu evidențierea avantajelor utilizării acestui tip de echipament tehnic în fluxul unităților de morărit sătești de mică și medie capacitate.

Cuvinte cheie: dozare, produse agricole, unități de morărit, control automat, PLC

INTRODUCERE

Domeniul sistemelor și echipamentelor de cântărire, dozare și ambalare pentru produsele agroalimentare este unul din domeniile de mare impact economic în România (mai ales în ultimii ani), dar și în țările dezvoltate din punct de vedere industrial.

Dispozitivele moderne de cântărire și dozare automată sunt soluții tehnice ingenioase ce cuprind domenii atât din mecanică cât și din electronică fiind caracterizate printr-o precizie și sensibilitate înaltă conform mai multor lucrări din literatura de specialitate [1, 2, 3, 4, 8].

De regulă, operațiile ce presupun acțiunea directă asupra materialului prelucrat sunt efectuate în exclusivitate de mecanisme sau componente mecanice, însă și operațiile de comandă și reglaj al dozării sunt efectuate de multe ori de sisteme mecanice, cele electronice având rolul de supraveghere și reglaj fin după cum se arată în lucrarea [5, 9].

Operațiile tehnologice de cântărire și dozare nu sunt independente 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, iar ca urmare, calitatea dozării / cântării influențând direct calitatea produsului final. [6, 7] În cadrul procesului de măcinare în diferite puncte ale fluxului tehnologic din mori sunt prevăzute echipamente tehnice pentru cântărirea cerealelor ce intră în procesul de prelucrare, precum și a produselor finite și a subproduselor obținute.

Aliniat celor mai moderne utilaje din domeniu și înglobând soluții constructive inovatoare, *Echipamentul tehnic de dozare ETD* (fig.1) conceput la INMA București, are aplicativitate directă în cadrul unităților de morărit de mică și medie capacitate putând fi intercalat în fluxul tehnologic al acestora în diverse puncte de prelucrare a informației cantitative, cât și în cadrul unor fabrici de

factories, where several dosing technical equipment can be connected and through a central computer, several recipes can be achieved.

MATERIAL AND METHOD

In a technological flow, the Dosing Technical Equipment DTE performs two main functions:

- automatic adjustment of the flow of product to a programmed value and maintaining that value within certain preset limits, in compliance with regulation on dosing precision for this type of equipment;
- automatic management of the quantities of products that pass through the dosing equipment in a certain time.

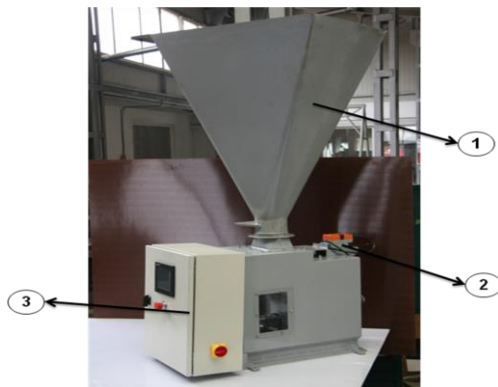


Fig.1 – Dosing Technical Equipment - overview [...]
1 - bunker; 2 – dosing system; 3 – control panel

nutrețuri combinate, în care caz se pot cupla mai multe echipamente tehnice de dozare și prin intermediul unui calculator central se pot realiza diferite rețete.

MATERIAL ȘI METODĂ

În cadrul unui flux tehnologic, echipamentul tehnic de dozare ETD (fig.1) realizează două funcții principale:

- reglarea automată a debitului de produs la o valoare programată și menținerea acestei valori între anumite limite prescrise, cu respectarea normativelor referitoare la precizia de dozare pentru aceste tipuri de echipamente;
- gestionarea automată a cantităților de produse ce trec prin echipamentul de dozare într-un anumit timp.

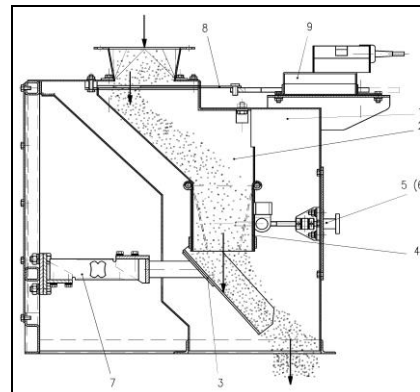


Fig.2 – Technological scheme of DTE
1 - frame; 2 – guidance funnel; 3 – impact plan; 4 - mobile wall;
5(6) - actuating mechanism; 7 - tensometric dose; 8 - flap;
9 - electric actuator

Mainly, the work process is carried out this way (fig.2):

- the dosed product flows through a pipe (pos. 2) provided at the end with a mobile flap actuated by using an electric command by an electric actuator (pos. 9);
- the product stream dimensioned by the flap falls from a certain height directed through a channel on an inclined plate (pos. 3);
- the inclined plate constitutes the end of a lever that transmits the impact force to a tensometric dose (pos. 7);
- the tensometric dose transforms the impact force into material flow, sending an impulse to the automation system;
- the electric impulse is processed and based on the programming, the automation system makes the comparison, recording and displaying of measured flow and managed values;
- the mobile flap, depending on the command it receives, increases or decreases the product flow in order to stabilize it.

În principal, procesul de lucru se desfășoară astfel (fig. 2):

- produsul de dozat afluează printr-o pâlnie de dirijare (poz. 2) prevăzută la capăt cu o clapetă mobilă (poz. 8) acționată prin comandă electrică de către un actuator electric (poz. 9);
- jetul de produs dimensionat de clapetă, cade de la o anumită înălțime dirijat printr-un canal pe o plan de impact (poz.3);
- planul de impact constituie capătul unei pârghii care transmite forța de impact unei doze tensiometrice (poz. 7);
- doza tensiometrică transformă forța de impact în debit de material, transmițând un impuls instalației de automatizare;
- în instalația de automatizare se prelucrează impulsul electric și în funcție de programare se efectuează compararea, înregistrarea și afișare debitului măsurat și a valorilor gestionate;
- clapeta mobilă, în funcție de comanda ce o primește mărește sau micșorează fluxul de produs pentru stabilizarea lui.

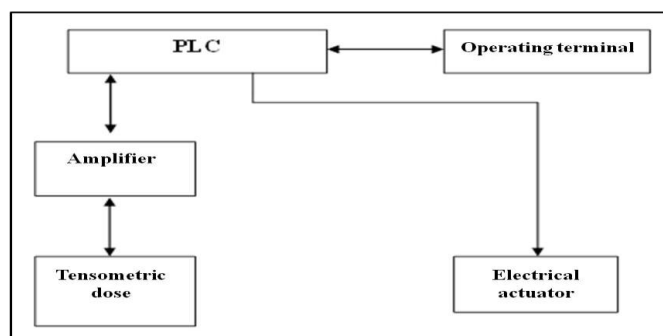


Fig.3 - Block scheme for automation installation

The operating terminal (seen in fig.3 acts as graphical user interface. It communicates with the installation's PLC on a dedicated RS422 serial communication interface.

Using the settings, the working parameters for DTE are set (reference flow, weight counter) and product management data are viewed (total amount of material and measured current flow).

The analyzed dosing equipment constitutes an application of dynamics postulates. Thus, it is known that a particle's mass impulse "m" and speed "v" is:

$$\vec{H} = m \bullet \vec{v} \quad (1)$$

and that the \vec{H} vector is tied to the \vec{P} vector of the resultant forces applied to the mobile point, through the equation:

$$\frac{d\vec{H}}{dt} = \vec{P} \quad (2)$$

Also, the impulse of a points system is written:

$\vec{H} = \sum_i H_i = \sum m_i \vec{v}_i$; this vector \vec{H} can be regarded as the impulse of a fictive point with the mass $M = \sum_i m_i$, and the speed equal with the speed of the center of mass (weight). Thus, we have the impulse variation in the time interval (t_A , t_B):

$$M_B \vec{v}_C(t_B) - M_A \vec{v}_C(t_A) = \vec{S} = \int_{t_A}^{t_B} \sum s_i dt \quad (3)$$

$$\sum m_{i_B} \bullet \vec{v}_C(t_B) - \sum m_{i_A} \bullet \vec{v}_C(t_A) = \vec{S} \quad (4)$$

It results that if the impulse is zero, the exterior forces will have a constant value and vice versa.

Therefore, we are constructively and functionally looking to achieve the solution $\vec{S} = 0$.

In order to achieve that, it was constructively imposed that H – vertical particle falling height H = constant, resulting that v = constant because $v = \sqrt{2gH}$ for any particle ($v_1 = const.$). It results:

$$\sum m_{i_B} \bullet (V_C)(t_B) - \sum m_{i_A} \bullet (V_C)(t_A) \quad (5)$$

$$V_C(t_A) = V_C(t_B) \quad (6)$$

$$\sum m_{i_B} = \sum m_{i_A} \quad (7)$$

It results that for this, $M_B = M_A$ therefore it is ultimately constant with the flow.

Functionally, it was searched that the instant value taken by the tensometric dose and sent to the PLC, compared with a reference value – resulted from calibration and related adjustments – to be constant. If not, by comparing it to the reference value, actions will be taken through the electric actuator on the mobile flap to adjust the flow.

Taking into consideration that the equipment should only take the impulse and the material has to flow as smoothly as possible, an inclined plan was built to serve as an impact receptor (pos.3, fig. 2).

The inclination value α has to be bigger than the

Terminalul de operare (vezi fig.3) îndeplinește funcția de interfață grafică cu utilizatorul. Acesta comunică cu PLC-ul instalației pe o interfață dedicată de comunicație serială RS422.

Prin setări se stabilesc parametrii de lucru ai ETD (debit de referință, contor de masă) și se vizualizează datele de gestiune (cantitate totală de material și debit curent măsurat).

Echipamentul tehnic de dozare supus analizei constituie o aplicație a unor postulate ale dinamicii. Astfel, se știe că impulsul unei particule de masă „m” și viteză „v” este:

și că vectorul \vec{H} este legat de vectorul \vec{P} al rezultantei forțelor aplicate punctului mobil, prin ecuația:

De asemenea, impulsul unui sistem de puncte se scrie: $\vec{H} = \sum_i H_i = \sum m_i \vec{v}_i$; acest vector \vec{H} poate fi privit ca impulsul unui punct fictiv cu masa $M = \sum_i m_i$ și viteza egală cu viteza centrului de masă (de greutate). Astfel, vom avea variația impulsului în intervalul de timp (t_A , t_B):

Rezultă că dacă varianta de impuls este zero, forțele exterioare vor avea o valoare constantă și invers. Astfel, s-a căutat constructiv și funcțional să se realizeze soluția $\vec{S} = 0$.

Pentru aceasta, constructiv s-a impus H – înălțimea de cădere a particulelor pe verticală H=const. rezultând v=const. pentru că $v = \sqrt{2gH}$ pentru orice particulă ($v_1 = const.$). Rezultă:

Rezultă că pentru aceasta $M_B = M_A$ deci constanta debitului în ultimă instanță.

Funcțional s-a căutat ca valoarea instantanee preluată de doza tensiometrică și transmisă PLC-ului, unde, comparată cu o valoare de referință – rezultat al etalonării și a reglajelor aferente – să fie constantă. Dacă nu, prin compararea față de valoarea de referință se va acționa prin intermediul actuatorului electric asupra clapetei mobile de reglare a debitului.

Având în vedere că echipamentul de dozare trebuie să preia doar impulsul, iar materialul trebuie să se scurgă cât mai rapid, s-a construit un plan înclinat ca receptor de impact (poz.3, fig.2).

Valoarea α de înclinare a planului trebuie să fie mai

fall limit α , the α_{min} when the products start to roll $\alpha_{min} < \alpha$.

mare decât α limită de cădere, α la care produsele încep să se rostogolească $\alpha_{min} < \alpha$.

This value α_{min} is determined from the transport speed formula where the kinetic energy variation is equaled with the mechanical work of the forces acting on the material.

Therefore, we have the formula:

Această valoare α_{min} se determină din formula vitezei de transport unde variația energiei cinetice o egalăm cu lucrul mecanic al forțelor ce acționează asupra materialului.

Astfel avem formula:

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{(v - v_0)^2}{2} = GH - G \cos \alpha \frac{h}{\sin \alpha} \cdot f \quad (8)$$

where:

G = material weight, kgf.;
g = gravity acceleration, m/s²;
v = transport speed, m/s;
h = falling height, m
 α = falling angle, degrees;
f = $\tan \rho$ - friction coefficient, depending on the

friction angle of the material on the inclined plan.

When $v_0 = 0$ it results:

unde:

G = greutatea mat. în kgf.;
g = accelerația gravitațională 9,81 m/s²;
v = viteza de transport, în m/s;
h = înălțimea de cădere, în m
 α = unghiul de cădere, în grade;

f = $\tan \rho$ - coeficient de frecare, în funcție de

unghiul de frecare al materialului pe planul înclinat.

Când $v_0 = 0$ se obține:

$$\frac{v^2}{2g} = h(1 - fg \alpha) \quad (9)$$

$$v = \sqrt{2gh(1 - ctg \alpha tg \rho)} \quad (10)$$

at limit $v=0$ for $tg \alpha = tg \rho$

RESULTS

The testing of the experimental model of DTE equipment was made at INMA, in laboratory and exploiting conditions, using its own experimental methods, carrying out the following activities: preliminary checks, initial technical expertise, experimenting operating without load, calibrating the weighing system, checking the functioning of the automation installation in simulated mode, experimenting operating under load.

For the experiments in working conditions were used agricultural products such wheat seeds and bran.

The dosing error (ε_d) was determined with the following relation [3]:

REZULTATE

Încercarea modelului experimental al echipamentului tehnic de dozare s-a realizat în cadrul INMA în condiții de laborator și de exploatare, utilizând o metodică de experimentare proprie fiind efectuate următoarele tipuri de activități: verificări preliminare, expertiza tehnică inițială, experimentări de funcționare în gol; calibrarea sistemului de cântărire, verificarea funcționării instalației de automatizare în regim simulat, experimentări de funcționare în sarcină.

Pentru experimentări în condiții de exploatare s-au folosit ca materie primă produse agricole precum semințe de grâu și târâță.

Eroarea de dozare (ε_d) s-a determinat cu relația [3]:

$$\varepsilon = \frac{|Q_p - Q_c|}{Q_p} \cdot 100 [\%] \quad (11)$$

where: Q_p - programmed flow, t/h;

Q_c - calculated flow, t/h.

The calculation formula for Q_c is:

unde : Q_p - debit programat, t/h;

Q_c - debit calculate, t/h.

Formula de calcul pentru Q_c este:

$$Q_c = \frac{M_p}{T_p} \cdot 3600 \text{ [t/h]} \quad (12)$$

where: M_p - sample weight, kg;

T_p - sample duration s.

unde : M_p - masa probei, kg;

T_p - durata probei, s.

Table 1

Results of test taken in operating conditions [1]

Sample	Programmed flow (Q_p) [t/h]	Sample duration (t_p) [s]	Sample weight (M_p) [kg]	Calculated flow (Q_c) [t/h]	Dosing error (ε_d) [%]
I	1	60	17,200	1,032	3,20
II		60	17,100	1,026	2,60
III		60	17,250	1,035	3,50
Average		60	17,183	1,031	3,10

Sample	Programmed flow (Q_p) [t/h]	Sample duration (t_p) [s]	Sample weight (M_p) [kg]	Calculated flow (Q_c) [t/h]	Dosing error (ϵ_d) [%]
I	2	60	34,300	2,058	2,90
II		60	34,400	2,064	3,20
III		60	32,900	1,974	1,30
Average		60	33,866	2,032	1,60
I	3	30	25,500	3,064	2,13
II		30	25,200	3,024	0,80
III		30	25,700	3,082	2,70
Average		30	25,466	3,056	1,86
I	4	30	34,300	4,116	2,90
II		30	34,100	4,092	2,30
III		30	33,900	4,068	1,70
Average		30	34,100	4,092	2,30
I	5	30	42,700	5,124	2,48
II		30	42,400	5,088	1,76
III		30	42,600	5,104	2,08
Average		30	42,566	5,108	2,16

Figure 4 shows the dosing error variation depending on the sample weight on sample duration of 30 seconds.

În figura 4 este arătată variația erorii de dozare în funcție de masa probei la o durată de probei de 30 sw secunde.

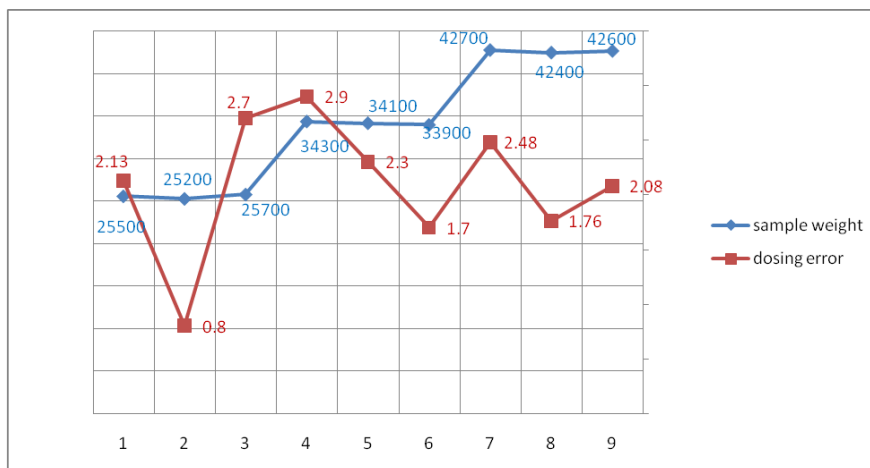


Fig. 4 - Variations of dosing error depending on the sample weight

CONCLUSIONS

Continuous flow dosage of finished agricultural products is a complex and important operation for the destination and future processing of those products. This operation is made using the Dosing Technical Equipment DTE integrated in different technological flows in small and medium capacity milling units and also in unit making concentrated fodder, in several points of processing the quantitative information, according to the programming of the electronic unit [1].

Through the constructive and functional solutions adopted following the experimental tests, it was found that the Dosing Technical Equipment DTE offers a series of advantages such as:

- high dosing precision;
- adjusting the product flow to a programmed value;
- automated management of product quantities throughout the whole technological flow;
- easy maintenance and exploiting;
- visualizing the product feed through the transparent tube of the feeding funnel;
- hermetic connection to the piping of the technological installation where it is integrated;
- modern design;
- reduced specific material and energy consumption.

We can therefore conclude that the use of automated

CONCLUZII

Dozarea în flux continuu a produselor agricole finite este o operație tehnologică complexă și important pentru destinația ulterioară a acestor produse. Această operație se realizează utilizând echipamentul tehnic de dozare ce poate fi integrat în fluxul tehnologic al unităților de morărit de mică și medie capacitate cât și în cadrul unor fabrici de nutrețuri combinate în diverse puncte de prelucrare a informației cantitative, în concordanță cu unitatea electronică de programare [1].

Prin soluțiile constructive și funcționale adoptate în urma investigărilor experimentale s-a constatat că Echipamentul tehnic de dozare ETD prezintă următoarele avantaje:

- precizie de dozare ridicată;
- reglarea debitului de produs la o valoare programată;
- gestionarea automată a cantităților de produs pe întregul parcurs al fluxului tehnologic;
- întreținere și exploatare facile;
- vizualizarea alimentării cu produs prin tubul transparent al pâlniei de alimentare;
- racordarea etanșă la tubulatura instalației tehnologice în care se integrează;
- design modern;
- consumuri specifice de materiale și energie reduse.

weighing and dosing technological operation bring a growth in the economical efficiency of the productive unit and have an immediate impact on the management of the processed product.

ACKNOWLEDGEMENT

The experimental model of Dosing Technical Equipment DTE was achieved in the NUCLEU Program.

REFERENCES

- [1]. Brăcăcescu C., Milea D., Păun A., Ganea I., Găgeanu I. (2013) – *Researches on automation of dosing and sacking process of finished agricultural products*, Annals of the University of Craiova – Agriculture Mountainology - Cadastre Vol. XLIII 2/2013, pg. 37-44;
- [2]. Buium Gh. F. (1999) – *Researches on mechanisms in the structure of dosing systems*, Gh. Asachii" Technical University Publishing, Iași;
- [3]. Merticaru V. (1997) – *Packing and packaging mechanisms*, Documentary Information Office for the engineering industry, Bucharest;
- [4]. Ortega-Rivas Enrique, Juliano Pablo, Yan Hong (2005) – *Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality*, 2005, XVI, pg. 272-287;
- [5]. Ola D., Popescu S. (2006) – *Functional particularities of the gravimetric dosing systems used in agriculture and food industry*, Scientific Papers (INMATEH), vol.18 no.3/2006, pg. 261-268;
- [6]. Păun A., Cojocaru I. (2007) – *Optimization of homogenization process in concentrated fodder installation-IONC*, Scientific Papers (INMATEH), vol.21 no.3/2007, pg. 21-29;
- [7]. Popescu S. (2005) – *Influence of functional parameters of the gravimetric dosing process of granular agro-food material*, Buletin of The Transilvania University of Brasov, series A, vol II (47), pg. 169-176;
- [8]. Rhodes M. (1998) – *Mixing and segregation*. In Introduction to Particle Technology, John Wiley & Sons, West Sussex, England, pg. 224–240;
- [9]. Vetter G. (1998) – *The Dosing Handbook*, Vulkan-Verlag, Essen., Elsevier Science, pg. 670 -710

Putem concluziona deci, că utilizarea tehnologiilor de cântărire și dozare automată aduc cu sine o creștere a eficienței economice și au un impact imediat asupra managementului produselor procesate.

MULȚUMIRI

Modelul experimental al Echipamentului tehnologic pentru cântărire și gestionare automată ECGA a fost realizat în cadrul Programului NUCLEU.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Brăcăcescu C., Milea D., Păun A., Ganea I., Găgeanu I. (2013) – *Cercetări privind automatizarea dozării și însăcuirii produselor agricole finite*, Analele Universității din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru Vol. XLIII 2/2013, p. 37-44;
- [2]. Buium GH. F. (1999) – *Cercetări privind mecanismele din structura sistemelor de dozare*, Ed. Universității Tehnice "Gh. Asachii" Iași;
- [3]. Merticaru V. (1997) – *Ambalaje și mecanisme de ambalat*, Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Constructoare de Mașini, București;
- [4]. Ortega-Rivas Enrique, Juliano Pablo, Yan Hong (2005) – *Prafuri alimentare: Proprietati fizice, procesare si functionalitate*, 2005, XVI, pag. 272-287;
- [5]. Ola D., Popescu S. (2006) – *Particularitățile funcționale ale sistemelor de dozare gravimetrică utilizate în agricultură și industria alimentară*, Lucrări Științifice (INMATEH), vol.18 nr.3/2006, pag. 261-268;
- [6]. Păun A., Cojocaru I. (2007) - *Optimizarea procesului de omogenizare in instalatiile pentru obtinerea nutreturilor concentrate – IONC*, Lucrări Științifice (INMATEH), vol.21 nr.3/2007, pag. 21-29;
- [7]. Popescu S. (2005) – *Influenta parametrilor functional ai procesului de dozare gravimetric a materialului agro-industrial granulat*, Buletinul Universitatii Transilvania Brasov, seria A, vol II (47), pag. 169-176;
- [8]. Rhodes M. (1998) – *Amestecare si separare*. Introducere in tehnologia particulelor, John Wiley & Sons, West Sussex, Anglia, pag. 224–240;
- [9]. Vetter G. (1998) – *Manualul dozării*, Elsevier Science, pag. 670 -710.