

## RESEARCHES ON AUTOMATION OF WEIGHING AND SACKING PROCESS OF FINISHED AGRICULTURAL PRODUCTS

### CERCETĂRI PRIVIND AUTOMATIZAREA PROCESULUI DE CÂNTĂRIRE ȘI AMBALARE ÎN SACI A PRODUSELOR AGRICOLE FINITE

Eng. Milea D.<sup>1)</sup>, Ph.D.Stud.Eng. Matache M.<sup>1)</sup>, Ph.D.Eng. Brăcăcescu C.<sup>1)</sup>, Ph.D.Eng. Păun A.<sup>1)</sup>,  
PhD. Eng. Żelaziński T.<sup>2)</sup>, Prof. PhD.Eng. Csatos C.<sup>3)</sup>, Eng. Găgeanu I.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>INMA Bucharest / Romania; <sup>2)</sup>Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Production Engineering / Poland

<sup>3)</sup>Transilvania University of Braşov

Tel: +40 740.485.717/137; E-mail: mileadumitru57@yahoo.com

**Abstract:** Researches whose results are presented in this paper are on the topic of optimizing the dosing and sacking process in small and medium capacity productive units.

Using automatic weighing and dosing methods and technologies in small and medium capacity productive units brings an increased economic efficiency, leading to increased quantity of bagged products and weighing accuracy.

The technological equipment for weighing and automated management EWAM, developed at INMA Bucharest has a direct applicability in small and medium capacity milling units in the technological processes of packaging of finished products (flour and bran) in open bags, performing simultaneously two very important operations: automated bag weighing of the programmed quantity of product with a precision that fits within the prescribed limits and automated management of the quantities of sacked finished products on an indefinite period of time.

In this paper there are presented the experimental investigations for this equipment, work quality indices determined with highlighting the advantages of using the product in the flow of small and medium capacity milling units.

**Keywords:** weighing, dosing, automated management, dosing auger, PLC

#### INTRODUCTION

The field of systems and equipment for weighing, dosing and packaging agrifood 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 [2, 5].

Weighing, dosing and automated management are processes that eliminate, totally or partially, human intervention in the actual operations. Modern weighing, dosing and automated sacking devices represent ingenious technical solutions that comprise fields from both the mechanics and electronics, being characterized by a high precision and sensitivity [3].

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 [1].

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 [4].

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

Utilizarea metodelor și tehnologiilor de cântărire și dozare automată în unitățile productive de mică și medie capacitate aduce cu sine o creștere a eficienței economice a acestora, conducând la creșterea cantității produselor ambalate în saci și a preciziei de cântărire.

Echipamentul tehnologic pentru cântărire și gestionare automată ECGA conceput la INMA București are aplicativitate directă în cadrul unităților de morărit de mică și medie capacitate în cadrul proceselor tehnologice de ambalare în saci deschiși a produselor finite (făină și țărâță) unde realizează simultan două operații foarte importante: cântărirea automată în saci a cantității de produs programată cu o precizie care să se încadreze în anumite limite prescrise și gestionarea automată a cantităților de produse finite ambalate în saci pe perioade nedeterminate.

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

**Cuvinte cheie:** cântărire, dozare, gestionare automată, melc dozare, 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 [2, 5].

Cântărirea, dozarea și gestionarea automată sunt procese prin care se elimină total sau parțial intervenția umană din operațiile propriu-zise. Dispozitivele moderne de cântărire, dozare și însăcuire automată sunt soluții tehnice ingenioase ce cuprind domenii atât din mecanică cât și din electronică fiind caracterizate printr-o precizie și sensibilitate înaltă [3].

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 [1].

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 [4].

According to the most modern equipment in the field and encompassing innovative constructive solutions, the *technological equipment for weighing and automated management EWAM* (fig. 1), developed at INMA Bucharest has a direct applicability in small and medium capacity milling units in the technological processes of packaging finished products in open bags, performing two very important operations:

- automated bag weighing of the programmed quantity of product with a precision that fits within the prescribed limits;
- automated management of the quantities of sacked finished products on an indefinite period of time.

The equipment can also be successfully integrated in the technological flows of units producing concentrated fodder or in other specific units that practice packaging granular or powdered product in bags.

Aliniat celor mai moderne utilaje din domeniu și înglobând soluții constructive inovatoare, *echipamentul tehnologic pentru cântărire și gestionare automată ECGA* (fig.1) conceput la INMA București, are aplicativitate directă în cadrul unităților de morărit de mică și medie capacitate în cadrul proceselor tehnologice de ambalare în saci deschiși a produselor finite unde realizează două operații foarte importante:

- cântărirea automată în saci a cantității de produs programată cu o precizie care să se încadreze în anumite limite prescrise;
- gestionarea automată a cantităților de produse finite ambalate în saci pe perioade nedeterminate.

Echipamentul se poate integra cu succes și în fluxurile tehnologice din unitățile pentru obținerea nutrețurilor concentrate sau alte unități specifice care practică ambalarea produselor granulare sau pulverulente în saci.



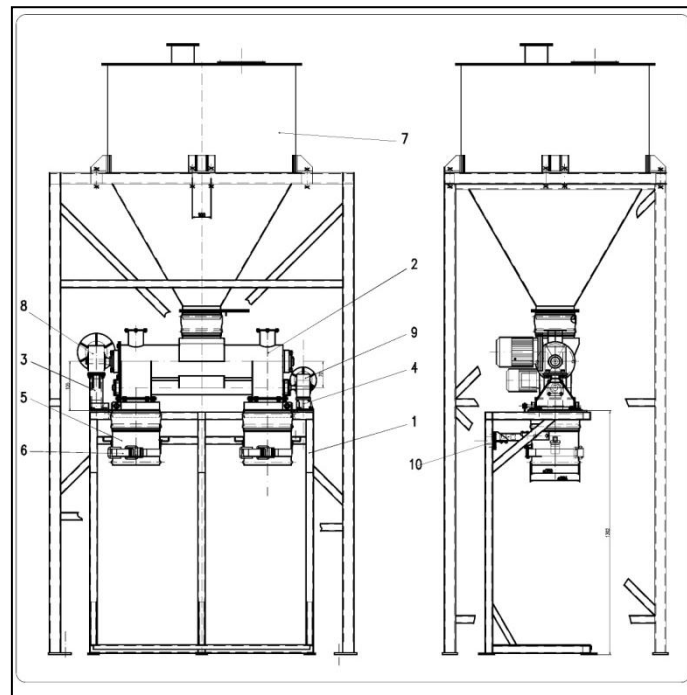
Fig. 1. – Equipment for weighing and automated management– EWAM - Overview /  
*Echipament pentru cântărire și gestionare automată ECGA - vedere generală*

#### MATERIAL AND METHOD

In figure 2 is presented the constructive scheme for *technological equipment for weighing and automated management EWAM*.

#### MATERIAL ȘI METODĂ

În figura 2 este prezentată schema constructivă a *echipamentului tehnologic pentru cântărire și gestionare automată ECGA*.

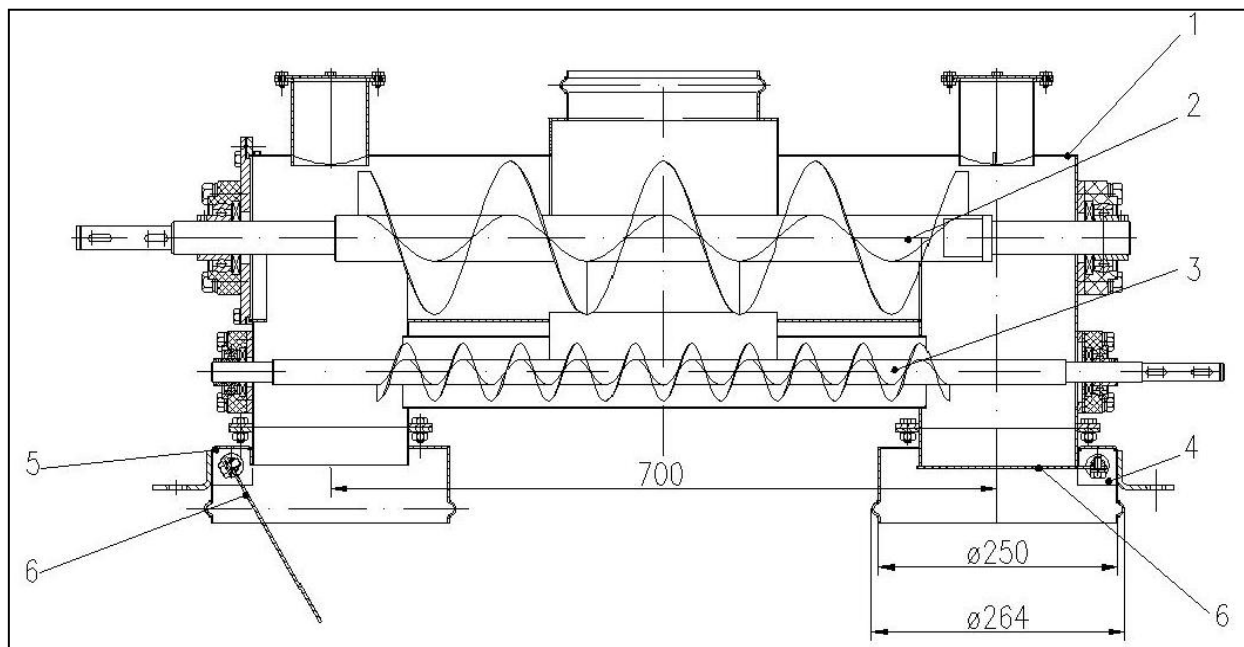


**Fig.2** - Constructive scheme for the *Technological Equipment for Weighing and Automated Management EWAM / Schema constructivă a Echipamentului tehnologic pentru cântărire și gestionare automată ECGA*

1. Support frame / *Cadru suport*; 2- Dosing group / *Grup dozare*; 3- Gearmotor holder 1 / *Suport motoreductor 1*; 4- Gearmotor holder 2 / *Suport motoreductor 2*; 5- Filling spout / *Gură de sac*; 6- Bag fixing strap / *Chingă fixare sac*; 7- Bunker / *Buncăr*; 8- Gearmotor 1 / *Motoreductor 1*; 9- Gearmotor 2 / *Motoreductor 2*; 10- Tensometric dose / *Doză tensometrică*

The dosing group (fig. 3) is the subassembly that performs the dosage of products that will be sacked. The augers (pos. 2, 3) are mounted in the framework (pos. 1) through some bearings with oscillating ball bearings that ensure a good sealing against any type of dust.

Grupul dozare (fig. 3) este subansamblul care realizează dozarea produselor ce urmează a fi înșăcuite. Melcii (poz. 2, 3) se montează în carcasă (poz.1) prin intermediul unor lagăre cu rulmenți oscilanți care asigură o bună etanșare împotriva prafului de orice natură.



**Fig. 3** - Constructive scheme for the *Dosing group / Schema constructivă a Grupului de dozare*

1- Framework / *Carcasă*; 2- Auger for coarse dosing / *Melc dozare grosieră*; 3- Auger for fine dosing / *Melc dozare fină*; 4- Evacuation 1 / *Gură evacuare 1*; 5- Evacuation 2 / *Gură evacuare 2*; 6- Flap / *Clapetă*

The command and control of the dosing operations, weighing and recording the work parameters is made by the automation installation.

In figure 4, the block scheme for the automation installation is presented.

Comanda, controlul operațiilor de dozare, cântărire și înregistrare a parametrilor de lucru se realizează de către instalația de automatizare.

În figura 4 este prezentată schema bloc a instalației de automatizare.

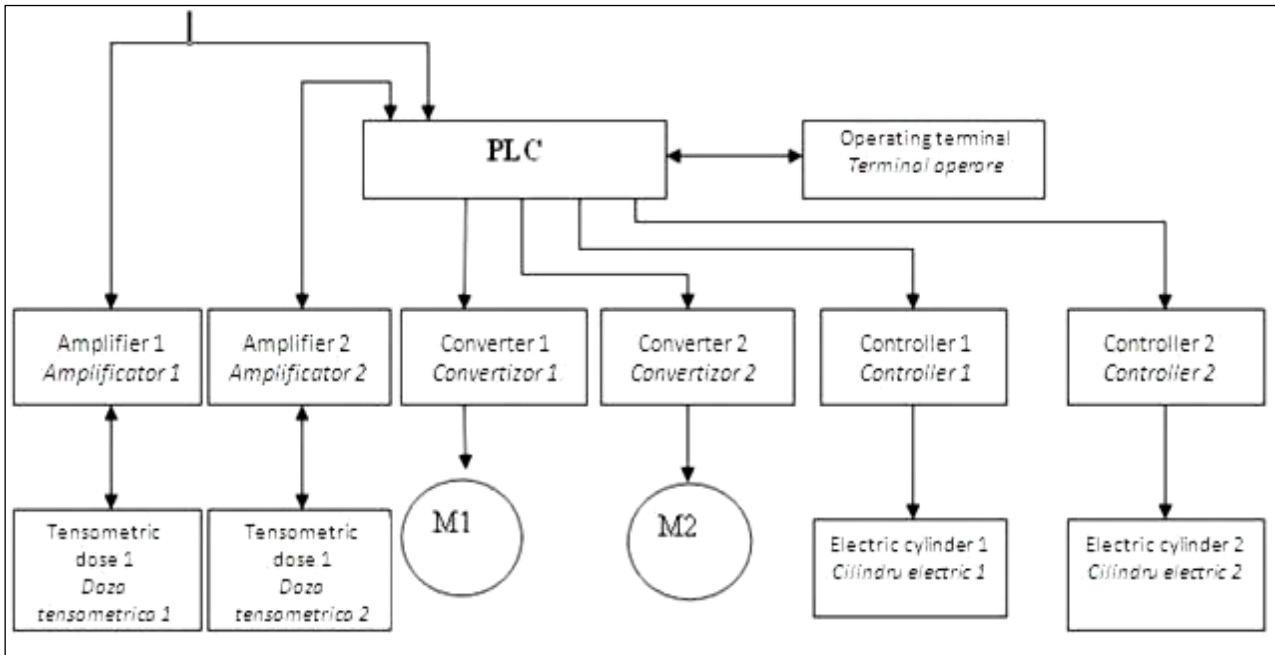


Fig. 4 - Block scheme for the automation installation / Schema bloc a instalației de automatizare

The software component of EWAM is formed by two independent programs installed on the operating terminal and on the installation's PLC.

The program loaded on the operating terminal acts as a graphic interface for the user and was developed with the GT Designer 3 graphic programming software. This program has three visualizing windows: Start Page, Parameter Settings and Weighing.

In the Settings Page the work parameters of EWAM are established and management data are visualized: number of bags and the quantity of sacked material on each working station.

Componenta software a ECGA este formată din două programe interdependente instalate pe Terminalul de operare și pe PLC-ul instalației.

Programul încărcat pe terminalul de operare are rolul de interfață grafică cu utilizatorul și a fost dezvoltat sub mediu de programare grafică GT Designer 3. Acest program este alcătuit din trei ferestre de vizualizare: Pagina Start, Setare Parametri și Cântărire.

În pagina de Setări se stabilesc parametrii de lucru ai ECGA și se vizualizează datele de gestiune: număr de saci și cantitatea de material însăcuia pe fiecare post de lucru în parte.

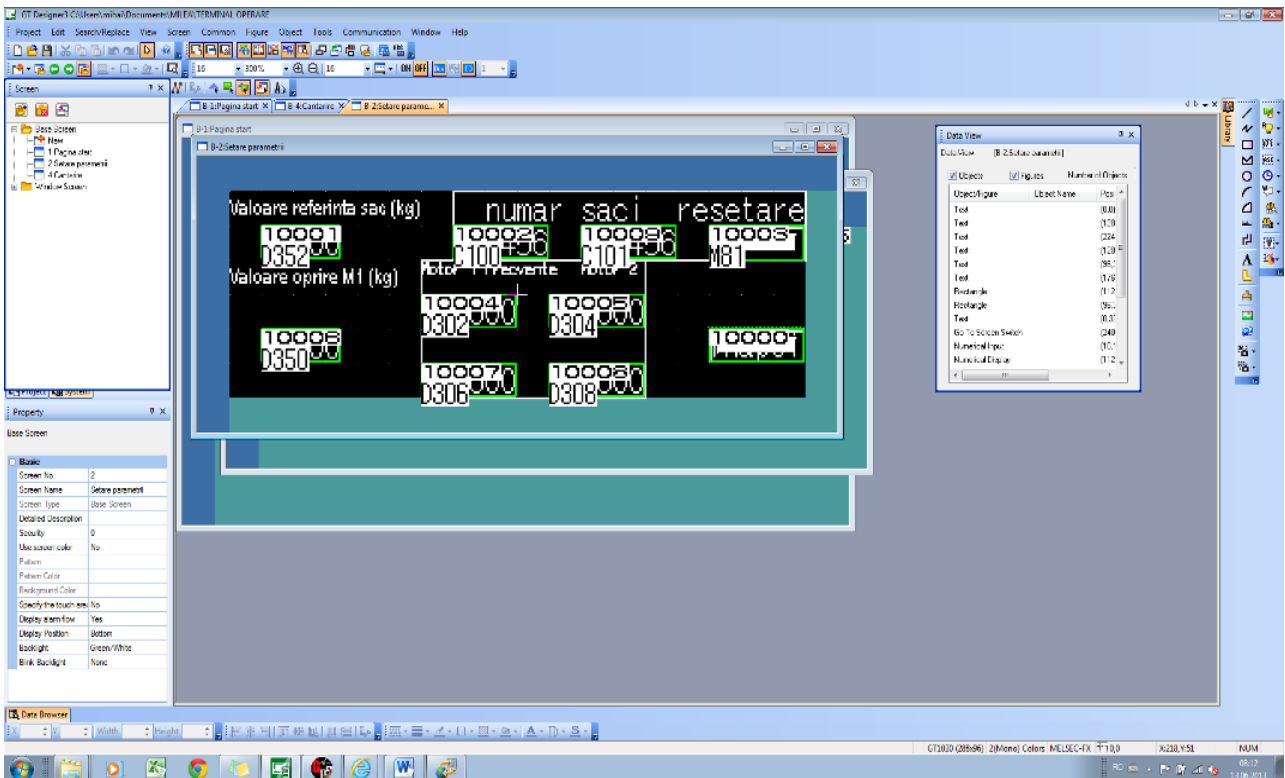


Fig. 5 - Parameter Settings Page / Pagina de Setare Parametri

The program loaded in the PLC of the automation installation is developed with the GXDeveloper software program, being structured in the form of logic instructions presented as a ladder diagram, and the transmission of signals to and from the PLC is made both analogically and digitally.

The weighing and automated management equipment has the following constructive and functional characteristics:

- overall dimensions, mm:

	without bunker	with bunker
- length	1300	1640
- width	560	1200
- height	1739	3000
- dosing auger speed, rot/min		60...560
- coarse dosing auger gearmotor drive power, kw		0.75
- fine dosing auger gearmotor drive power, kw		0.37
- productivity, no. bags /min		3-4
- weighing precision, %		$\pm 0,1$
- dosed quantity, kg		15 -60

The testing of the EWAM 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, two types of combined fodder and 650 type flour were used. The active power consumed by every motor was determined using the following relation:

$$P = \sqrt{3} U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

where:

P - active power consumed;  
 U - tension of electric power;  
 I - intensity of electric power;  
 $\cos \varphi$  – power factor for the electric motor ( can be read on motor label).

The total consumed power will be calculated summing the active electric powers for each motor and the power of the stabilized tension source inside the electric control panel.

The weighing precision was determined with the relation [4]:

$$P = [(m_c - m_p) / m_p] \% \quad (2)$$

where:

P - weighing precision (deviation from the programmed value);  
 $m_c$  – product quantity introduced in the bag determined by weighing;  
 $m_p$  – product quantity programmed and recorded in the system.

## RESULTS

The results obtained after testing the equipment in operating conditions are shown in table 1 and 2 and their graphic representation in figures 6 and 7 .

Programul încărcat în PLC-ul instalației de automatizare este dezvoltat sub mediul de programare GXDeveloper, fiind structurat sub formă de instrucțiuni logice prezentate ca diagrama ladder, iar transmiterea semnalelor la și de la PLC se face atât analogic cât și digital.

Echipamentul pentru cântărire și gestionare automată are următoarele caracteristici constructive și funcționale:

- dimensiuni de gabarit, mm

	fără buncăr	cu buncăr
- lungime	1300	1640
- lățime	560	1200
- înălțime	1739	3000
- turația melcilor de dozare, rot/min		60...560
- putere motoreductor acționare melc dozare grosieră, kw		0,75
- putere motoreductor acționare melc dozare fină, kw		0,37
- productivitatea, nr. saci/min		3-4
- precizia de cântărire, %		$\pm 0,1$
- cantitatea dozată, kg		15 - 60

Încercarea modelului experimental al echipamentului ECGA 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 două tipuri de nutreț combinat și făină de grâu tip 650. Puterea activă consumată de fiecare motor s-a determinat cu relația:

unde:

P - puterea activă consumată  
 U - tensiunea curentului electric  
 I - intensitatea curentului electric  
 $\cos \varphi$  – factorul de putere al motorului electric (se citește de pe eticheta motorului ).

Puterea totală activă consumată se va calcula prin însumarea puterilor electrice active calculate pentru fiecare motor în parte și a puterii sursei stabilizate de tensiune din interiorul panoului electric de control.

Precizia de cântărire s-a determinat cu următoarea relație [4]:

unde:

P - precizia de cântărire (abaterea față de valoarea programată);  
 $m_c$  – cantitatea de produs introdusă în sac determinată prin cântărire;  
 $m_p$  – cantitatea de produs programată și înregistrată de sistem.

## REZULTATE

Rezultatele obținute în urma încercărilor în condiții de exploatare a echipamentului sunt trecute în tabelele 1 și 2, iar reprezentarea lor grafică în figurile 6 și 7.

Table 1 / Tabelul 1

## Operating indices / Indicii de exploatare

		$m_{\text{bag prog.}} / m_{\text{sac prog.}}$ (kg)	Motor loading frequency <i>Frecvență alimentare motoare</i> (Hz)	Noise <i>Zgomot A</i> (db)	Auger speed <i>Turație melci n</i> (rot/min)	Tension <i>Tensiune U<sub>I</sub></i> (V)	Power <i>Curent I<sub>I</sub></i> (A)	Tension <i>Tensiune U<sub>II</sub></i> (V)	Power <i>Curent I<sub>II</sub></i>	$P_{\text{post I}}$ (W)	$P_{\text{post II}}$ (W)
Without load / <i>Mers în gol</i>	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>	-	5	64	54.7	35	2.8	35	2.6	137.32	127.51
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				51.3	34	1.36	34.8	1.26	61.59	58.40
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		10	67.2	138.2	55	2.34	55.3	2.35	180.34	182.10
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				105.3	55	1.32	55.3	1.32	96.710	97.237
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		15	69.1	170.4	75	2.36	75	2.37	248.03	249.08
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				167.4	75	1.34	75	1.33	133.87	132.87
With load / <i>Mers în sarcină</i>	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>	25	5	65.7	54.9	35	2.8	35	2.6	137.32	127.51
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				51.3	34	1.36	34.8	1.26	61.59	58.40
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		10	69.4	138	55	2.34	55.3	2.35	180.34	182.10
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				105.6	55	1.32	55.3	1.32	96.710	97.23
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		15	70.1	170.6	75	2.36	75	2.37	248.03	249.08
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				167.3	75	1.34	75	1.33	133.87	132.87
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>	30	5	65.2	54.5	34	2.34	34	2.33	111.48	111.01
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				51.2	34	1.34	34	1.39	60.69	62.95
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		10	67.8	138.2	54	2.4	55	2.4	181.60	184.97
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				105.6	54	1.33	55	1.33	95.67	97.44
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		15	69.5	170.3	74	2.37	74	2.37	245.76	245.76
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				167.1	74	1.33	74	1.33	131.10	131.10
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>	35	5	65.2	54.8	34	2.8	34	2.8	133.40	133.40
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>				51.2	34	1.37	34	1.37	62.04	62.04

Auger<sub>M</sub> –big auger (coarse dosing auger) / Melc<sub>M</sub> –melc mare (melc dozare grosieră )Melc<sub>m</sub> –small auger (fine dosing auger) / Melc<sub>m</sub> –melc mic (melc dozare fină )

Table 2 / Tabelul 2

## Functional and energetic parameters / Parametri funcționali și energetic

		$m_{\text{bag prog.}} / m_{\text{sac prog.}}$ (kg)	$m_{\text{weighed}}$ <i>m<sub>cântărită</sub></i>		Motor loading frequency <i>Frecvență alimentare motoare</i> [Hz]	Filling time / <i>Timp umplere</i> [s]		No. bags/min <i>Nr. sac/min</i> [pcs/buc]		Weighing precision / <i>Precizia de cântărire</i> [%]	
			$m_{\text{weig. bag I}} / m_{\text{cant sac}}$ [kg]	$m_{\text{weig. bag II}} / m_{\text{cant sac II}}$ [kg]		$t_I$	$t_{II}$	PI	PII	PI	PII
With load / <i>Mers în sarcină</i>	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>	25	25.02	25.01	5	14	12	4	4	+0.08	+0.04
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>					12	13	4	4	+0.08	+0.04
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		25.01	25.02	10	15	12	4	4	+0.04	+0.08
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>					13	16	4	3	+0.08	+0.08
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		25.02	25.01	15	12	13	4	4	+0.08	+0.04
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>					12	12	4	4	+0.08	+0.08
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>	35	30.03	30.02	5	17	16	3	4	+0.1	+0.07
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>					15	16	3	3	+0.1	+0.03
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		30.00	30.03	10	14	17	4	3	0	+0.1
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>					14	16	4	3	+0.07	+0.1
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>		30.02	30.02	15	16	15	3	4	+0.07	+0.07
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>					17	17	3	3	+0.03	+0.1
	Auger <sub>M</sub> /Melc <sub>M</sub>	35	35.01	35.03	5	19	19	3	3	+0.03	+0.08
	Auger <sub>m</sub> /Melc <sub>m</sub>					19	18	3	3	+0.08	+0.06

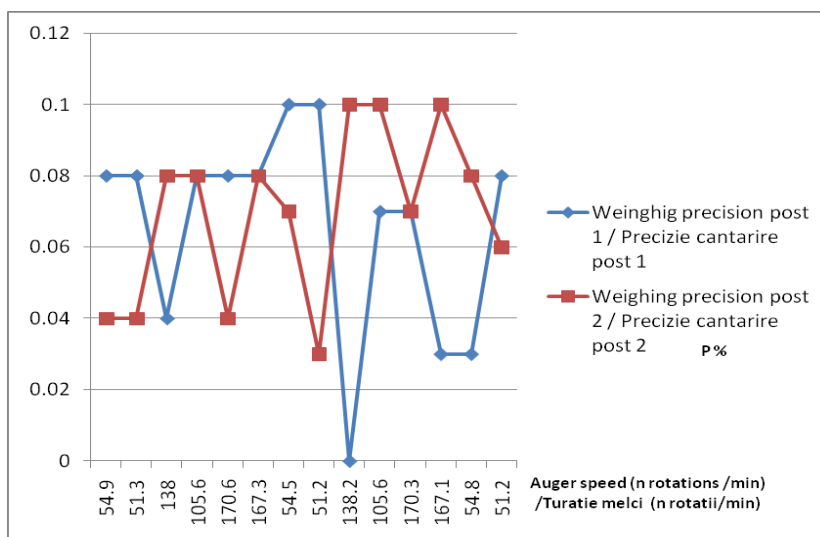


Fig. 6 - Variation of weighing precision depending on auger speed / Variația preciziei de cântărire în funcție de turația melcului

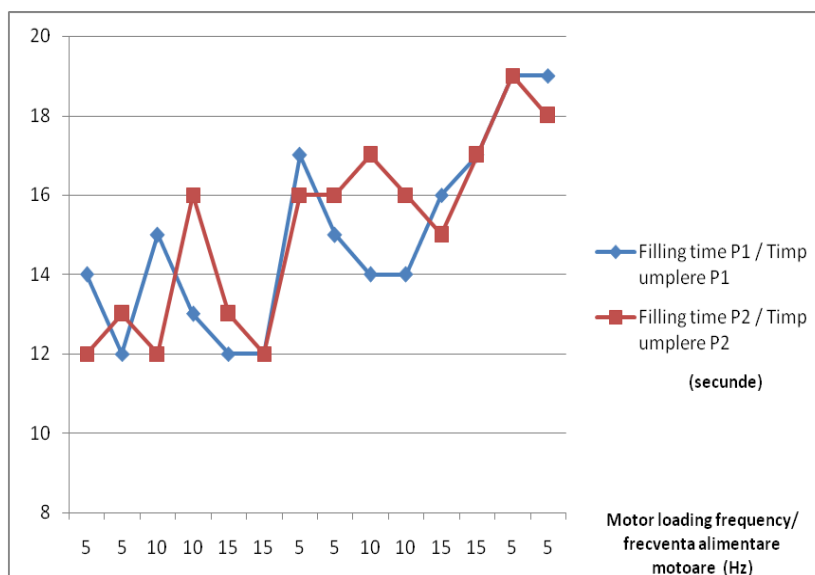


Fig. 7– Variation of filling time depending on the motor loading frequency / Variația timpului de umplere în funcție de frecvența de alimentare motoare

## CONCLUSIONS

Through the constructive and functional solutions adopted after the experimental investigations it was found that the Technological equipment for weighing and automated management– EWAM ensures:

- increased productivity due to reduced service time by overlapping some activities in the packaging process, which is made possible by the fact that the machine is equipped with two workstations served by a single operator;
- easy and fast management of quantities of finished agricultural products resulted from the manufacturing process;
- safe storage in the memory of the equipment for a certain period of time of the data regarding sacked product quantities, data that can be made available to interested parties;
- securing the packaging process by the fact that the programming and work parameter modifications, as well as the system configuration, can only be made by authorized persons based on access passwords only known by those persons;
- increasing operator's yield due to the reduction of supplementary physical effort.

## CONCLUZII

Prin soluțiile constructive și funcționale adoptate în urma investigărilor experimentale s-a constatat că Echipamentul tehnologic pentru cântărire și gestionare automată ECGA asigură:

- creșterea productivității muncii ca urmare a reducerii timpului de deservire prin suprapunerea unor activități din procesul de ambalare, lucru posibil prin faptul că echipamentul este prevăzut cu două posturi de lucru deservite de un singur operator;
- gestionarea rapidă și ușoară a cantităților de produse agricole finite rezultate din procesul de fabricație;
- stocarea în siguranță în memoria echipamentului pe o anumită perioadă, a datelor privind cantitățile de produse înșăcuite, date ce pot fi puse la dispoziția persoanelor interesate;
- securizarea procesului de ambalare prin faptul că programarea și modificarea parametrilor de lucru precum și configurarea sistemului, se pot face numai de persoane autorizate pe baza unor parole de acces știute doar de acestea;
- creșterea randamentului operatorului ca urmare a reducerii efortului fizic suplimentar.

Therefore, we can conclude that the usage of methods and technologies for weighing and automated dosage brings a growth in the economic efficiency and has an immediate impact on the evidence of supplied materials, also leading to the growth in the quantity of products packed in bags and in the weighing precision [2].

#### REFERENCES

- [1]. Merticaru V (1997) – *Packings and packaging mechanisms*. The Office for Documented Informing for the Machine Building Industry, Bucharest;
- [2]. Manea D, Cârdei P. (2011) - *Optimization of the distribution process of straw cereal sowing machines with centralized measuring*, INMATEH – AGRICULTURAL ENGINEERING, Vol.34, No. 2/2011, pp.13-23;
- [3]. Ola D (2005) - *Experimental Researches Upon the Dosing Accuracy of Screw and Vibration Dosing Systems designed to Agro-Foods Bulk Solids*, The Bulletin of University Transilvania from Brasov, vol 12(47);
- [4] Popescu S.(2005) - *Influence of functional parameters of the gravimetric dosing process of granular agro-food material*, Buletin of The Transilvania University of Brasov, serie A, vol II (47), pg. 169-176;
- [5]. Rus F., Mărginean T.F.( 2008) - *Selection criteria of solid-fluid systems separation method*, INMATEH – AGRICULTURAL ENGINEERING, Vol.24, No.1/2008, pp.156-161.

Putem concluziona deci, că utilizarea metodelor și tehnologiilor de cântărire și dozare automată aduce cu sine o creștere a eficienței economice și are un impact imediat asupra evidenței materialelor livrate, conducând totodată la creșterea cantității produselor ambalate în saci și a preciziei de cântărire.[2]

#### BIBLIOGRAFIE

- [1]. Merticaru V (1997) - *Ambalaje și mecanisme de ambalat*. Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Constructoare de Mașini, București;
- [2]. Manea D, Cârdei P. (2011) - *Optimizarea procesului de distribuție al semănătorilor de cereale păioase cu dozare centralizată*, INMATEH – AGRICULTURAL ENGINEERING, vol. 34, nr. 2/2011, pag.13-23;
- [3]. Ola D (2005) – *Cercetari experimentale privind acuratetea de dozare a melcului si sistemelor de dozare cu vibratii pentru produsele solide alimentare in vrac*, Buletinul Universitatii Transilvania din Brasov, vol 12(47);
- [4] Popescu S.(2005) – *Influenta parametrilor functionali ai procesului de dozare gravimetrica a materialului alimentar granulat*, Buletinul Universitatii Transilvania din Brasov, seria A, vol II (47), pag. 169-176;
- [5]. Rus F., Mărginean T.F.( 2008) - *Criterii de alegere a metodei de separare a sistemelor solid – fluid*, AGRICULTURAL ENGINEERING, vol. 24, nr. 1/2008, pag. 156-161.