

RESEARCH OF THE GRIST DIMENSIONAL CHARACTERISTICS OF THE SECOND-MATTER GRINDING IN AN INDUSTRIAL WHEAT MILL

CERCETAREA CARACTERISTICILOR DIMENSIONALE ALE MĂCINIȘULUI CELUI DE-AL DOILEA ȘROT ÎNTR-O MOARĂ DE GRĂU INDUSTRIALĂ

Ass. PhD. Stud. Eng. Constantin G.A., Prof. Ph.D. Eng. Voicu Gh., Ass. Ph.D. Stud. Eng. Ștefan M.E.,
Prof. Ph.D. Eng. Paraschiv G.

P.U. Bucharest / Romania
Tel: 0727651064; E-mail: gabriel_alex99@yahoo.com

Abstract: In the paper it is presented the flow diagram of the wheat breakage phase in a milling plant with the capacity of 4.2 t/h, as well as the experimental results of the granulometric analysis of the grist from the plane sifter compartment of the Second Break. It is presented the particle size distribution of the grist that comes from the grinding rolls, but also the five grist fractions in which it is divided into plane sifter compartment of respective passage.

Experimental data obtained for the particle size distributions of grist fractions were tested by computer regression analysis, with known distribution laws: Schuhman, Rosin-Rammler, Gauss and log-normal, determining the values for the equations coefficient and the correlation coefficient R^2 .

Keywords: wheat roller mill, plane sifter compartment, mean diameter, particle size distribution, cumulative distribution function, grist, specific surface, breakage.

INTRODUCTION

In the specialty literature the wheat seeds are described as biological, anisotropic and irregular materials both physically and chemically [3, 4].

During the manufacturing process, seeds and intermediate products of grist gradually pass through several passages to extract a percentage as high as possible of endosperm and for a less pronounced grinding of the shell (of the bran).

A certain influence on the effort of grinding the material has the differential speed of grinding rollers, the best ratio of the two rollers grinding speed being 2.5, in comparison with the reports 2 and 3 [9], in the breakage phase.

For purposes of processing the material subjected to grinding, by the pairs of grinding rollers, as homogeneous as possible and with uniform particles, after every breakage passage, the grist products are subjected to a sorting operation in a plane sifter compartment, operation completed with cleansing of semolina at semolina machines and / or processing in a bran finisher.

Size distribution of the grist processed at every technological passage is very varied due to adopted working regime at every pair of grinding rollers and depending on the physical characteristics of the wheat seeds. Therefore, the grinding conditions, the type of grinding machine, speed of working bodies, can affect this size distribution of the grist [6].

Furthermore, KeShun Liu, in 2009 [8], and T. Allen, in 2003 [1], consider that, from the multitude of factors which influence the efficiency and performance of sifting process, the most important are the size and shape of grist particles, the sieve characteristics, quantity of grist that reaches the mesh surface, rotation speed of the machine and the relative movement of the material on mesh surface.

He arrived at the same conclusion as F.M. Sultanbawa, in 2001 [11], and N. Standish, in 1985 [10], which considers that although the process of

Rezumat: În lucrare se prezintă diagrama fazei tehnologice de șrotare dintr-o moară de grâu cu capacitatea de 4,2 t/h, precum și rezultatele experimentale ale analizei granulometrice a măcinișului din compartimentul de sită plană al pasajului Șrotului 2. Se prezintă distribuția după dimensiuni a măcinișului care iese de la valțul de moară, dar și a celor cinci fracții de măciniș în care acesta este divizat în compartimentul de sită plană al pasajului respectiv

Datele experimentale obținute pentru distribuția după dimensiuni a particulelor fracțiilor de măciniș au fost testate, prin analiză de regresie pe calculator, cu legi de distribuție cunoscute: Schuhman, Rosin-Rammler, Gauss și log-normală, determinându-se valorile coeficienților ecuațiilor și coeficientului de corelație R^2 .

Cuvinte cheie: cilindri de măcinare, compartiment de sită plană, diametru mediu, distribuție granulometrică, funcție de distribuție granulometrică, măciniș, suprafață specifică, șrotare.

INTRODUCERE

În literatura de specialitate, semințele de grâu sunt descrise ca fiind materiale biologice anizotrope și neomogene atât din punct de vedere fizic cât și chimic [3, 4].

În timpul procesului de prelucrare, semințele și produsele intermediare de măciniș trec treptat prin mai multe pasaje pentru extragerea unui procent cât mai ridicat de endosperm și pentru o mărunțire cât mai puțin pronunțată a învelișului (tărăței).

O anumită influență asupra efortului de mărunțire a materialului o are viteza diferențială a cilindrilor de măcinare, cel mai bun raport al turațiilor celor doi cilindri de măcinare fiind 2,5, în comparație cu rapoartele 2 și 3 [9], în faza de șrotare.

În scopul prelucrării materialului supus măcinării, de perechile de cilindri de măcinare, cât mai omogen și cu particule cât mai uniforme, după fiecare pasaj de șrotare, produsele de măciniș sunt supuse unei operații de sortare într-un compartiment de sită plană, operație completată cu curățirea grișurilor la mașinile de griș și/sau prelucrarea în cadrul unui finisor de tărațe.

Repartiția după dimensiuni a măcinișului prelucrat la fiecare pasaj tehnologic este foarte variată datorită regimului de lucru adoptat la fiecare pereche de cilindri de măcinare, precum și în funcție de caracteristicile fizice ale semințelor de grâu. Astfel, condițiile de măcinare, tipul utilajului de mărunțire, viteza organelor de lucru, pot afecta această distribuție după dimensiuni a măcinișurilor [6].

De asemenea, KeShun Liu, în 2009 [8], și T. Allen, în 2003 [1], consideră că, din multitudinea de factori care influențează eficiența și performanța procesului de cernere, cei mai importanți sunt mărimea și forma particulelor de măciniș, caracteristicile sitei, cantitatea de măciniș care ajunge pe suprafața sitei, turația utilajului și mișcarea relativă a materialului pe suprafața sitei.

Acesta a ajuns la aceeași concluzie ca și F.M. Sultanbawa, în 2001 [11], și N. Standish, în 1985 [10], care consideră că deși procesul de cernere este foarte

sifting is very familiar and simple on one hand, on the other hand is very complex, having a series of variables that can lead to erroneous data in the analysis of the sifting process.

The mass of particles obtained by grinding contains particles of sizes located on a domain large enough. Both for estimating the weight fractions consisting of particles of a fixed domain (accordance with certain requirements - useful for separation equipment with sieves), and for estimation of quantities that enter mathematical models for calculating the energy required by grinding operation is useful to know the most suitable particle size distribution law for grinded product.

The choice of mesh (textile or metallic) as well as the mesh size for the sieves located inside the plane sifter compartments is made according to dimensional characteristics of grist particles that arrive on sifting surfaces.

Furthermore, even a certain fraction obtained from a sifting package, in the plane sifter compartment presents a different size distribution with particles having sizes between the dimension of mesh that sifted them and of mesh that passed over (on which they remained unseparated).

Determination of the size distribution is made, usually, with special sieve shakers provided with overlapping sieves. Choice of sieves is made, from top to bottom, depending on particle size of the analyzed mixture, so that on the top sieve remains a percentage of material of about 5 to 10%. The following sieves are chosen from the range of sieve shaker, so that their apertures dimensions be in a geometric progression with ratio $\sqrt{2}$.

Appreciation of particle size distribution of the mixture analyzed is based on cumulative weights of the fractions passing through the sieve apertures of the sieve shaker or they are passing over the sieves.

The mathematical expression of the particle size distribution on a granular mixture is based on distribution laws taken from mathematical statistics.

Thus, Voicu and others in 2010 [13], use the cumulative distribution functions Schuhman, Rosin-Rammler and the logistic function with two parameters to characterize the distribution by size of materials entering and leaving the process of grinding the wheat using pairs of rollers mill, all the three law presenting a very good correlation with the experimental data.

For the appreciation of the particle size distribution of a batch of wheat seeds, Voicu and others, in 2011 [14], used the distribution laws of normal, gamma, generalized gamma, delayed gamma and Weibull type, estimating by regression analysis with experimental data that the best correlation is given by the normal and gamma functions which presented a correlation coefficient values $R^2 \geq 0.916$.

MATERIAL AND METHOD

The flow diagram for the breakage phase of the wheat in an industrial mill with the capacity 4.2 t/h is presented in figure 1.

In this phase the flow diagram contains six technological passages, out of which five are provided with grinding equipment (a pair of grinding rollers on the equipment), and one is for the classification of grist fractions (sorting).

The flow diagram also includes two semolina machines for cleaning and classifying fractions with a high content of endosperm, and three bran finishers for the recovery of flour from fractions with high content of shell.

familiar și foarte simplu pe de o parte, pe de altă parte este foarte complex, având o serie de variabile care pot conduce la date eronate în analiza asupra procesului de cernere.

Masa de particule obținută prin mărunțire conține particule de dimensiuni situate într-un domeniu destul de larg. Atât pentru estimarea ponderii fracțiilor formate din particule cu dimensiuni într-un domeniu fixat (conform anumitor cerințe – utile în cazul utilajelor de separare cu site), cât și pentru estimarea valorilor mărimilor care intră în modelele matematice de calcul a energiei necesare operației de mărunțire este utilă cunoașterea celei mai adecvate legi a distribuției granulometrice pentru produsul mărunțit.

Alegerea tipului de țesătură (textilă sau metalică) precum și a dimensiunilor ochiurilor țesăturii pentru sitele aflate în interiorul compartimentelor de sită plană se face în funcție de caracteristicile dimensionale ale particulelor de măcinăș ce ajung pe suprafețele de cernere.

De asemenea, chiar o anumită fracție obținută la un pachet de site de cernere, în compartimentul de sită plană prezintă o distribuție granulometrică diferită cu dimensiuni ale particulelor între dimensiunile ochiurilor sitei prin care au fost cernute și cele ale sitei care le-a refuzat (pe care au rămas neseperate).

Determinarea distribuției după dimensiuni se realizează, de obicei, cu clasificatoare speciale prevăzute cu site suprapuse. Alegerea sitelor făcându-se, de sus în jos, în funcție de mărimea particulelor amestecului de analizat, astfel încât pe sita de sus să rămână un procent de material de circa 5 – 10 %. Următoarele site se aleg din gama de site a clasificatorului, astfel încât dimensiunile orificiilor lor să fie într-o progresie geometrică cu rația $\sqrt{2}$.

Aprecierea distribuției granulometrice a amestecului analizat se efectuează pe baza ponderilor cumulative ale fracțiilor care trec prin orificiile sitelor clasificatorului sau care sunt refuzate de acestea.

Exprimarea matematică a distribuției după dimensiuni a particulelor unui amestec granular are la bază legi de distribuție preluate din statistica matematică.

Astfel, Voicu ș.a. în 2010 [13], utilizează funcțiile de distribuție de tip cumulativ Schuhman, Rosin-Rammler și funcția logistică cu doi parametri pentru caracterizarea distribuției după dimensiuni a materialelor care intră și ies din procesul de mărunțire a grâului cu ajutorul perechilor de cilindri de măcinare dintr-o moară de grâu, toate cele trei legi prezentând o foarte bună corelație cu datele experimentale.

Pentru aprecierea distribuției după dimensiuni a semintelor unui lot de grâu, Voicu ș.a., în 2011 [14], utilizează legile de distribuție normală de tip gamma, gamma generalizat, gamma întârziat și Weibull, estimând, prin analiză de regresie cu datele experimentale, că cea mai bună corelație o dau funcțiile normală și gamma care au prezentat valori ale coeficientului de corelație $R^2 \geq 0,916$.

MATERIAL ȘI METODĂ

Diagrama fluxului tehnologic pentru faza de șrotare a grâului într-o moară cu capacitatea de 4,2 t/h este prezentată în figura 1.

În această fază, diagrama de șrotare cuprinde șase pasaje tehnologice, din care cinci sunt prevăzute cu utilaje de mărunțire (câte o pereche de cilindri de măcinare pe utilaj), iar unul este numai pentru clasificarea fracțiilor de măcinăș (divizare).

Diagrama mai cuprinde două mașini de griș pentru curățirea și clasificarea fracțiilor cu un conținut ridicat de endosperm, precum și trei finisoare de tărățe pentru recuperarea făinii din fracțiile cu conținut ridicat de înveliș.

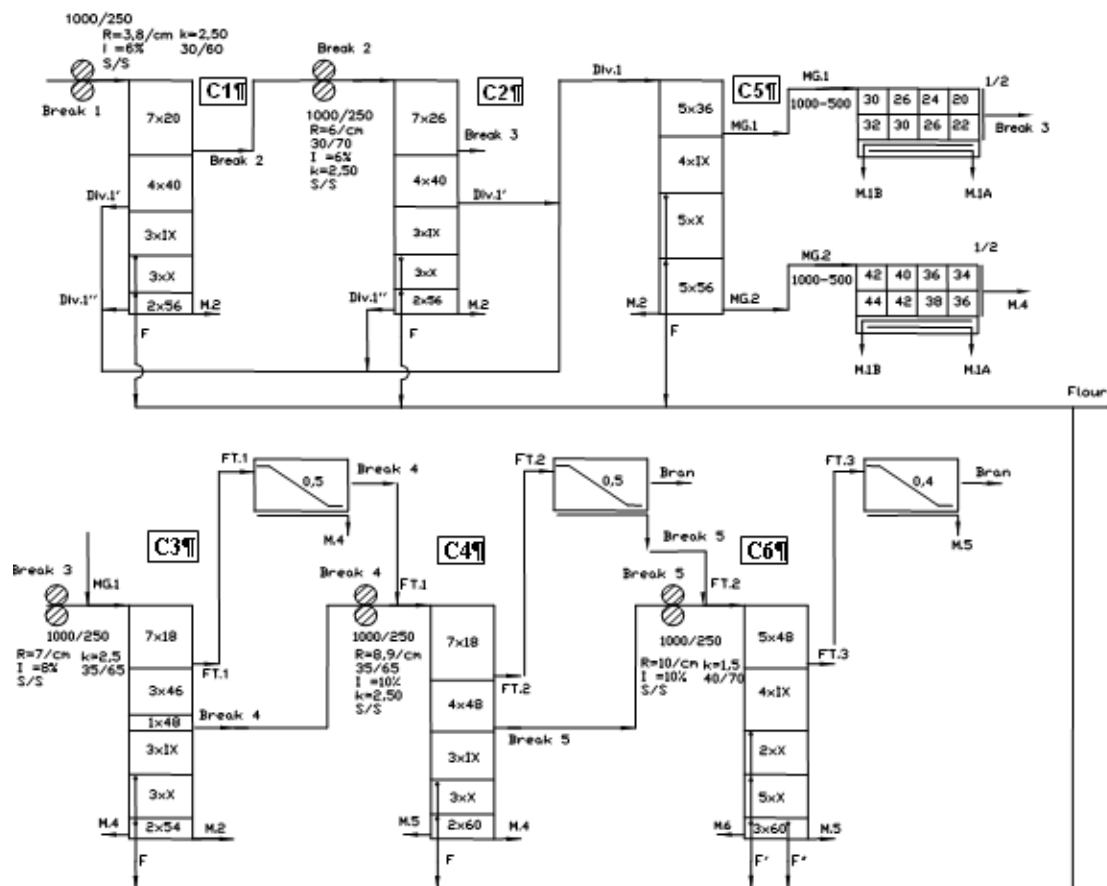


Fig. 1 - The flow diagram of the wheat breakage phase in a milling plant with the capacity of 4.2 t/h /

Diagrama tehnologică a fazei de șrotare a grâului la o moară de 4,2 t/h

C1–C6 – plane sifter compartments / compartimente de sită plană; Break 1–5 – break rolls / pasaje tehnologice de șrotare; DIV1 – divizor (sorting compartment) / divizor - sortator; MG1, MG2 – semolina machines / mașini de gris; FT1–FT3 – bran finishers / finisare tărâțe; M1A, M1B, M2–M6 – reduction rolls / pasaje tehnologice de măcinătoare; F, F', F'' – flour / făină [13]

The plane sifter compartment C2 of the mill has at top part a package of sieve with metallic fabric with large aperture (7 x 26), in correlation with the distance between the roller mills of the passage. Metallic sieves are used in case of sifting the particles that pass over the sieve in order not to wear out and deteriorate very quickly.

The sifted material of the first package reaches surface of the second sieve package (4 x 40), the refuse of this package being directed to Break 3 where is subjected to a new grinding (figure 1).

The sieve package II consists of four metal sieves number 40 (4 x 40). The particles that pass over the sieve of this package are directed to compartment C5 of division – sorting and the particles that pass through the apertures of it reach the surface of package III.

The middle packages III and IV have sieves which are intended for sifting flour. The refuse of package III (3 x IX) reaches the surface of the first frame of package IV (3 x X) and the sifted material constitutes the second quality flour. From the grist that reaches package IV a part is sifted as flour F2 and another part is refused and reaches the first frame of package V.

The last package of frames (2 x 56) consists of two frames with large number of threads per inch which separates and extracts the particles of relatively small endosperm (dust). This are directed to grinding passage M2. Refuse of package V reaches compartment C5 of division – sorting, of the plane sifter.

Lately, textile fabrics were replaced by plastic fabrics. For the flow diagram of the analyzed mill, equivalence between the number of sieve and mesh size, as they are specified in the flow diagram, is presented in table 1.

Compartimentul de sită plană C2 al morii are la partea de sus un pachet de site cu țesătură metalică cu orificii mari (7 x 26), în corelație cu distanța dintre cilindrii de măcinare ai pasajului. Sitele metalice se utilizează în cazul cernerii refuzurilor pentru a nu se uza și deteriora foarte repede

Cernutul primului pachet ajunge pe suprafața sitelor celui de-al doilea pachet (4 x 40), refuzul acestuia fiind direcționat către Șrotul 3 (Break 3), unde este supus unei noi mărunțiri (figura 1).

Pachetul de site II este format din 4 site metalice numărul 40 (4 x 40). Refuzul acestui pachet este direcționat către compartimentul 5 de divizare – sortare, iar cernutul ajunge pe suprafața pachetului III.

Pachetele din mijloc III și IV au site care sunt destinate cernerii făinii. Refuzul pachetului III (3 x IX) ajunge pe suprafața primei rame a pachetului IV (3 x X) iar cernutul acestui pachet constituie făina de calitate a doua. Din măcinișul ce ajunge pe pachetul IV o parte este cernut sub formă de făină F2 iar o parte este refuzat și ajunge pe prima ramă a pachetului V.

Ultimul pachet de rame (2 x 56) are în componență două rame cu număr mare de fire pe inch care separă și extrag particulele de endosperm de dimensiuni relativ reduse (dunsturi) care sunt dirijate către pasajul măcinător M2. Refuzul pachetului V ajunge în compartimentul 5 de divizare – sortare, al sitei plane.

În ultimul timp, țesăturile textile au fost înlocuite cu țesături din material plastic. Pentru diagrama tehnologică a morii analizate, echivalența dintre numărul sitei și dimensiunea ochiurilor acesteia, așa cum sunt ele precizate în diagramă, este prezentată în tabelul 1.

Table 1 / Tabelul 1

Equivalence between the mesh number and mesh size / Echivalența dintre numărul sitei și dimensiunile ochiurilor acesteia

Mesh number / Număr sită	18	20	26	36	40	46	48	50	54	56	60	VIII	IX	X	XI
Mesh size / Dimensiune ochiuri [mm]	1.17 / 1,17	1.05 / 1,05	0.78 / 0,78	0.52 / 0,52	0.47 / 0,47	0.39 / 0,39	0.37 / 0,37	0.35 / 0,35	0.32 / 0,32	0.31 / 0,31	0.28 / 0,28	0.18 / 0,18	0.17 / 0,17	0.15 / 0,15	0.13 / 0,13

Particle size distribution of the grist was achieved with a sieve shaker ANALYSETTE 3 SPARTAN according to common working methodology, for an amplitude adjusted to 2 mm, for 3 minutes. T. Căsândroi and others, in 2002 [2], and Gh. Voicu and others, in 2003 [12], present in detail the working methodology used in this paper.

Based on results from particle size distribution for the cumulative percentage of material separated by sieve aperture the variation curves were plotted through nonlinear regression analysis on computer in program Microcal Origin vers. 7.0, for the distribution laws Rosin-Rammler, Schuhman, Gauss and log-normal.

The four types of distribution laws applied in the regression analysis are based on mathematical statistical method of small particles for ground biological materials [5, 7]:

- Schuhman type distribution is defined by the relation:

$$T(x) = 100 \cdot \left(\frac{x}{\alpha} \right)^{\beta} \quad (1)$$

where $T(x)$ – represents mass percentage share of the fraction with particles smaller than x (passed through the sieve with size x); x - apertures size sieve by which particles have passed; α and β – experimental coefficients.

- Distribution of type Rosin - Rammler is expressed by the equation:

$$T(x) = 100 \cdot \left(1 - e^{-\alpha \cdot x^{\beta}} \right) \quad (2)$$

where $T(x)$ and x have the signification from equation (1), and α and β are own coefficients to the ground material.

- Gaussian distribution according to the relationship

$$T(x) = y_0 + A \cdot e^{-\frac{(x-x_c)^2}{2w^2}} \quad (3)$$

where x_c , y_0 , A and w are coefficients.

- Log-normal distribution is described by the relation

$$T(x) = \frac{\alpha}{x} \cdot e^{-\beta(\ln x - \gamma)^2} \quad (4)$$

where α , γ and β are own coefficients to the ground material, determined experimentally.

According to specialty literature, grist fineness is assessed by the average diameter d_m of ground particles, calculated as the weighted average of the average size fractions resulting from sifting:

$$d_m = \frac{\sum p_i \cdot d_i}{\sum p_i} \text{ [mm]} \quad (5)$$

where p_i represents the percentage of material on the sieve of the sieve shaker ($i = 0, 1, 2, \dots, 5$); $\sum p_i = 100$ – sum of the percentages of material on sieves; d_i – average particle size of each intermediate fractions, considered as an arithmetic mean of sieves size apertures surrounding the respective fraction $d_i = (l_i + l_{i+1})/2$. For top sieve of the device is considered theoretically that above it would be a sieve with the side of apertures $\sqrt{2} \cdot l_5$.

Knowing the average diameter of newly formed particles, their specific external surface $S_{e,m}$ can be evaluated with relationship:

Analiza granulometrică a măcinăturilor a fost realizată cu un clasificator cu site ANALYSETTE 3 SPARTAN, conform metodologiei de lucru obișnuite, pentru o amplitudine reglată la 2 mm, timp de 3 minute. Căsândroi ș.a. în 2002 [2] și Voicu ș.a. în 2003 [12], prezintă în detaliu metodologia de lucru, utilizată și în această lucrare.

Pe baza rezultatelor obținute la analizele granulometrice pentru procentul cumulativ de material separate prin orificiile sitelor au fost trasate curbele de variație prin analiză de regresie neliniară pe calculator în programul Microcal Origin vers. 7.0, pentru legile de distribuție Rosin-Rammler, Schuhman, Gauss și log-normală.

Cele patru tipuri de legi de distribuție granulometrică aplicate în analiza de regresie sunt bazate pe metoda statistică matematică a particulelor mici pentru materiale biologice mărunțite [5, 7]:

- Distribuția de tip Schuhman este definită prin relația:

unde $T(x)$ - reprezintă ponderea procentuală masică a fracției cu particule cu dimensiuni mai mici decât x (trecute prin sita cu dimensiunea x); x – dimensiunea orificiilor sitei prin care au trecut particulele; α și β – coeficienți experimentali.

- Distribuția de tip Rosin – Rammler se exprimă prin relația:

unde $T(x)$ și x au semnificația de la relația (1), iar α și β sunt coeficienții proprii materialului mărunțit.

- Distribuția Gauss (normală) potrivit relației:

unde x_c , y_0 , A și w sunt coeficienți.

- Distribuția log-normală este descrisă de relația:

unde α , γ și β sunt coeficienții proprii materialului mărunțit, determinați experimental.

Potrivit literaturii de specialitate, finețea măcinăturii se apreciază prin diametrul mediu d_m al particulelor mărunțite, calculat ca media ponderată a dimensiunilor medii ale fracțiilor rezultate la cernere:

unde: p_i reprezintă procentul de material pe sita i a clasificatorului ($i = 0, 1, 2, \dots, 5$); $\sum p_i = 100$ – suma procentelor de material de pe site; d_i – dimensiunea medie a particulelor fiecărei fracții intermediare, considerată ca medie aritmetică a dimensiunii orificiilor sitelor care încadrează fracția respectivă $d_i = (l_i + l_{i+1})/2$. Pentru sita de sus a aparatului se consideră teoretic că deasupra acesteia ar mai exista o sită cu latura orificiilor $\sqrt{2} \cdot l_5$.

Cunoscând diametrul mediu al particulelor nou formate, suprafața exterioară specifică $S_{e,m}$ a acestora se poate evalua cu relația:

$$S_{e.m} = \frac{6}{\rho \cdot d_m} \text{ [m}^2\text{/kg]} \tag{6}$$

where ρ is the density of the particle fraction analyzed, determined with the pycnometer.

In determining the density of material as liquid of working has been used xylene ($\rho_{xilen} = 825,44 \text{ kg / m}^3$).

RESULTS

Grist fractions sorted and separated on the sieves of the plane sifter compartment C2 consist of particles with sizes between a minimum and a maximum, within the mixture distribution by size being characterized by different laws of distribution. It should be noted that the grist particles have different mechanical properties and composition, being extracted from different parts of seeds (from outside to inside).

The dimensions of sieves used in measurements and weight fractions of material on each sieve for the separate material are presented in Table 2.

unde ρ este densitatea particulelor fracției analizate, determinată cu picnometru.

La determinarea densității materialului ca lichid de lucru a fost utilizat xilen ($\rho_{xilen} = 825,44 \text{ kg / m}^3$).

REZULTATE

Fracțiile de măcinș sortate și separate pe sitele compartimentului de sită plană C2 sunt alcătuite din particule cu dimensiuni între o valoare minimă și o valoare maximă, în interiorul amestecului distribuția după dimensiuni fiind caracterizată de diverse legi de distribuție. Este de menționat că particulele de măcinș prezintă caracteristici mecanice și compoziție diferită, fiind extrase din diferite zone ale semințelor (de la exterior spre interior).

Dimensiunile sitelor utilizate la determinări și ponderea fracțiilor de material pe fiecare sită pentru materialul separat sunt prezentate în tabelul 2.

Table 2 / Tabelul 2

Weighted values p_i (%) of the grist refused by the sieves of shaker, the mass percentage shares T (%), edge x (mm) of the aperture of sieves and mean diameter values at the entrance and five exits of plane sifter compartment C2 of analyzed mill / Valorile ponderilor p_i (%) ale măcinșului refuzat de sitele clasificatorului, a ponderilor procentuale masice T (%), latura x (mm) a ochiurilor sitelor și valorile diametrelor medii la intrarea și cele 5 ieșiri ale compartimentului de sită plană C2 a morii analizate

x [mm]	C2 Entrance / C2 Intrare		x [mm]	C2 Break3		x [mm]	C2 Div1'		x [mm]	C2 Div1''		x [mm]	C2 F		x [mm]	C2 M2	
	p [%]	T [%]		p [%]	T [%]		p [%]	T [%]		p [%]	T [%]		p [%]	T [%]		p [%]	T [%]
0.000 / 0,000	52.3 / 52,3	0.0 / 0,0	0.000 / 0,000	10.6 / 10,6	0.00 / 0,00	0.000 / 0,000	2.6 / 2,6	0.0 / 0,0	0.000 / 0,000	4.0 / 4,0	0.0 / 0,0	0.000 / 0,000	0.0 / 0,0	0.000 / 0,000	0.000 / 0,000	6.7 / 6,7	0.0 / 0,0
0.630 / 0,630	2.0 / 2,0	52.3 / 52,3	0.710 / 0,710	14.6 / 14,6	10.6 / 10,6	0.180 / 0,180	2.9 / 2,9	2.6 / 2,6	0.125 / 0,125	11.9 / 11,9	4.0 / 4,0	0.045 / 0,045	4.2 / 4,2	0.0 / 0,0	0.090 / 0,090	21.4 / 21,4	6.7 / 6,7
0.710 / 0,710	25.6 / 25,6	54.3 / 54,3	1.000 / 1,000	39.5 / 39,5	25.2 / 25,2	0.250 / 0,250	2.8 / 2,8	5.5 / 5,5	0.180 / 0,180	14.5 / 14,5	15.9 / 15,9	0.063 / 0,063	22.4 / 22,4	4.2 / 4,2	0.125 / 0,125	34.4 / 34,4	28.1 / 28,1
1.250 / 1,250	12.5 / 12,5	79.9 / 79,9	1.400 / 1,400	10.2 / 10,2	64.7 / 64,7	0.400 / 0,400	10.9 / 10,9	8.3 / 8,3	0.250 / 0,250	23.0 / 23,0	30.4 / 30,4	0.090 / 0,090	34.2 / 34,2	26.6 / 26,6	0.180 / 0,180	12.3 / 12,3	62.5 / 62,5
1.800 / 1,800	3.5 / 3,5	92.4 / 92,4	2.000 / 2,000	20.8 / 20,8	74.9 / 74,9	0.500 / 0,500	36.6 / 36,6	19.2 / 19,2	0.315 / 0,315	24.3 / 24,3	53.4 / 53,4	0.125 / 0,125	30.1 / 30,1	60.8 / 60,8	0.200 / 0,200	19.4 / 19,4	74.8 / 74,8
2.500 / 2,500	4.1 / 4,1	95.9 / 95,9	2.800 / 2,800	4.3 / 4,3	95.7 / 95,7	0.710 / 0,710	44.2 / 44,2	55.8 / 55,8	0.400 / 0,400	22.3 / 22,3	77.7 / 77,7	0.160 / 0,160	9.1 / 9,1	90.9 / 90,9	0.250 / 0,250	5.8 / 5,8	94.2 / 94,2
Mean diameter / Diametrul mediu [mm]	0.82 / 0,82		Mean diameter / Diametrul mediu [mm]	1.45 / 1,45		Mean diameter / Diametrul mediu [mm]	0.67 / 0,67		Mean diameter / Diametrul mediu [mm]	0.31 / 0,31		Mean diameter / Diametrul mediu [mm]	0.12 / 0,12		Mean diameter / Diametrul mediu [mm]	0.16 / 0,16	

The degree of correlation of tested laws with experimental data is assessed by values of coefficient R^2 , presented in Table 3, together with coefficients of equations (1-4) depending on the degree of grinding and the differential speed between the milling rollers.

Gradul de corelație a legilor testate cu datele experimentale se apreciază prin valorile coeficientului R^2 , prezentate în tabelul 3, împreună cu coeficienții ecuațiilor (1-4) care depind de gradul de mărunțire și de viteza diferențială dintre cilindrii de măcinare.

Table 3 / Tabelul 3

Values of coefficients α and β from equations 1, 2 and 4 and of coefficients y_0, x_c, w și A from equation 3 as well as the value of R^2 from the four equations / Valorile coeficienților α și β din ecuațiile 1, 2 și 4 și ale coeficienților y_0, x_c, w și A din ecuația 3 precum și ale lui R^2 din cele patru relații

Cumulative distribution law / Legea de distribuție cumulativă	Coefficients / Coeficienți	C2 Entrance / C2 Intrare	C2 Break3	C2 DIV1'	C2 F	C2 M2	C2 DIV 1''
Rosin-Rammler	α	1.23 / 1,23	0.35 / 0,35	2.89 / 2,89	$2.4 \cdot 10^3 / 2,4 \cdot 10^3$	265.69 / 265,69	21.18 / 21,18
	β	1.18 / 1,18	2.25 / 2,25	3.71 / 3,71	3.76 / 3,76	3.26 / 3,26	2.89 / 2,89
	R^2	0.999 / 0,999	0.970 / 0,970	0.991 / 0,991	0.997 / 0,997	0.998 / 0,998	0.998 / 0,998
Schuhman	α	2.44 / 2,44	2.76 / 2,76	0.86 / 0,86	0.16 / 0,16	0.25 / 0,25	0.45 / 0,45
	β	0.44 / 0,44	1.08 / 1,08	3.01 / 3,01	2.27 / 2,27	1.73 / 1,73	1.99 / 1,99
	R^2	0.984 / 0,984	0.926 / 0,926	0.993 / 0,993	0.980 / 0,980	0.969 / 0,969	0.992 / 0,992
Log-normală	α	$4.6 \cdot 10^{-6} / 4,6 \cdot 10^{-6}$	340.67 / 340,67	$12.1 \cdot 10^{-8} / 12,1 \cdot 10^{-8}$	$8.4 \cdot 10^{-12} / 8,4 \cdot 10^{-12}$	$7.2 \cdot 10^{-8} / 7,2 \cdot 10^{-8}$	$9.7 \cdot 10^{-6} / 9,7 \cdot 10^{-6}$
	β	-0.03 / -0,03	1.04 / 1,04	0.61 / 0,61	-0.1 / -0,1	-0.10 / -0,10	-0.16 / -0,16
	γ	-23.08 / -23,08	1.53 / 1,53	2.70 / 2,70	-18.72 / -18,72	-15.39 / -15,39	-10.57 / -10,57
	R^2	0.928 / 0,928	0.966 / 0,966	0.989 / 0,989	0.974 / 0,974	0.948 / 0,948	0.986 / 0,986
Gauss	y_0	97.31 / 97,31	92.46 / 92,46	102.9 / 102,9	93.57 / 93,57	108.9 / 108,9	143.8 / 143,8
	x_c	-1.36 / -1,36	0.24 / 0,24	-0.76 / -0,76	-0.06 / -0,06	0.04 / 0,04	0.04 / 0,04
	w	1.19 / 1,19	0.81 / 0,81	0.72 / 0,72	0.96 / 0,96	0.21 / 0,21	0.28 / 0,28
	A	-185.7 / -185,7	-97.05 / -97,05	-82.67 / -82,67	-102.7 / -102,7	-30.48 / -30,48	-145.4 / -145,4
	R^2	0.999 / 0,999	0.979 / 0,979	0.995 / 0,995	0.988 / 0,988	0.999 / 0,999	0.998 / 0,998

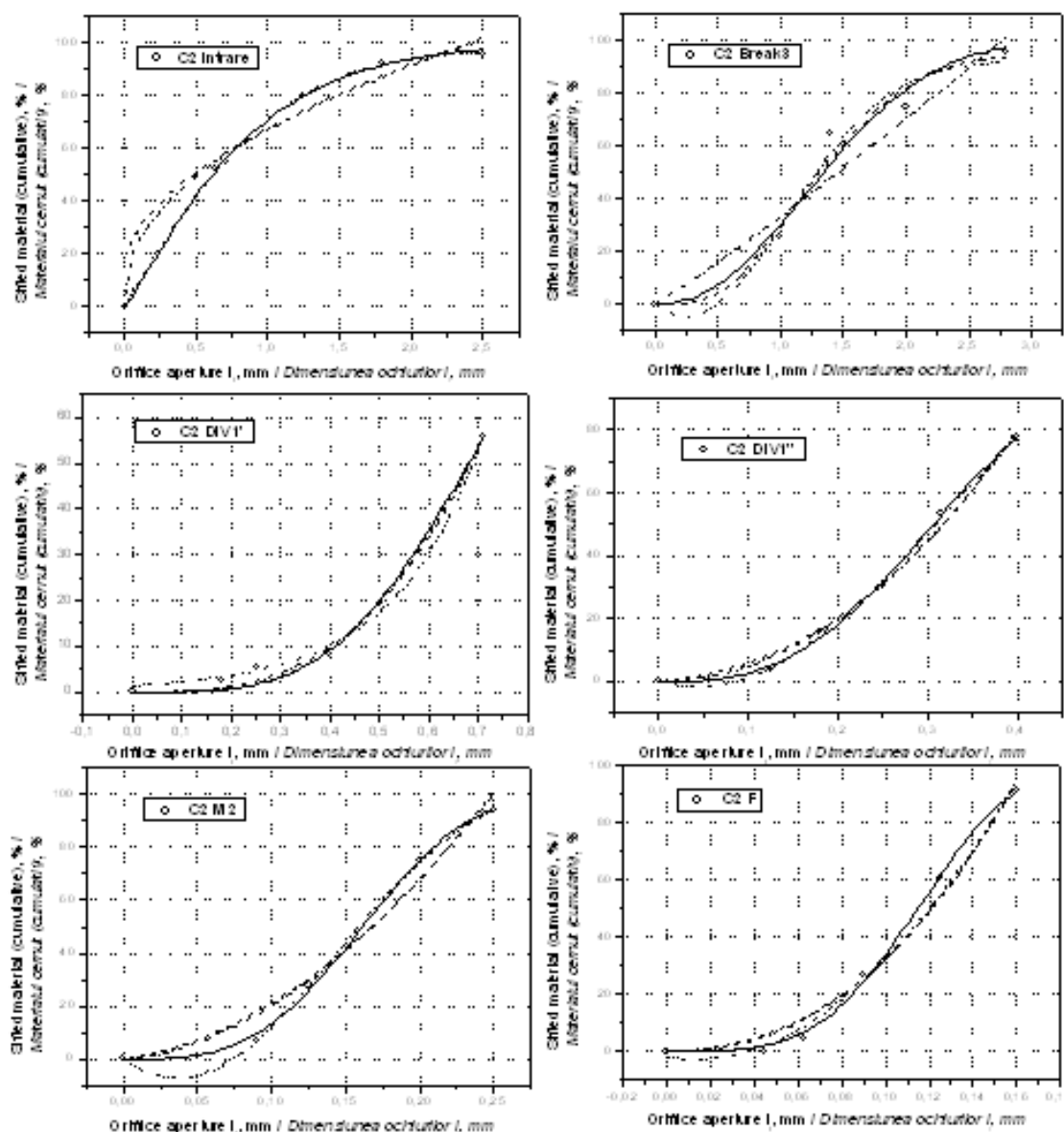


Fig. 2 - Size distribution curves given by equations (1 – 4) in correlation with experimental data for grist fractions from plane sifter compartment C2 at a 4.2 t/h industrial mill / *Curbele de distribuție granulometrică date de ecuațiile (1 – 4) în corelație cu datele experimentale pentru fracțiile de măcinș din compartimentul de sită plană C2 la o moară de 4,2 t/h;*
(— Rosin-Rammler; - - - - Schuhman; Log-normală; - · - · - Gauss)

As it seen from the graphs in Fig. 2, there are fractions that have majority of particles to the minimum size of the shaker sieve aperture, but there are components that have average particle sizes to the maximum size of the sieve aperture used in this determination.

The allure of regression curves is correlated with experimental data obtained, being concave or convex, or with central inflection point depending on the amount of material collected on each sieve of the sieve shaker.

Density and specific surface of the fractions from plane sifter compartment C2 of the mill are presented in Table 4. One can notice that dust (fraction C2 M2) as well as the flour (fraction C2 F) extracted from this compartment have high values of specific surface (30.020 m²/kg for dust and 44.496 m²/kg for flour) compared to first refusal of this compartment (C2 Break 3), composed, generally from parts of seeds which must be reintroduced in the process of grinding in passage Break 3 and which has a relatively small specific surface (3.591 m²/kg). According to equation 6, the specific surface of particles of material from a fraction depends primarily on the average diameter of particles of that fraction. In this context we can observe that flour (C2F)

Așa cum se observă din graficele din fig. 2, există fracții care au majoritatea particulelor cu dimensiuni către valoarea minimă a orificiilor sitelor clasificatorului, dar există și componente care au particule cu dimensiuni medii spre valoarea maximă a orificiilor sitelor utilizate în analiza granulometrică.

Alura curbelor de regresie este în corelație cu datele experimentale obținute, fiind ori concave ori convexe, sau cu punct de inflexiune central depinzând de cantitatea de material colectată pe fiecare sită a clasificatorului.

Densitatea și suprafața specifică a fracțiilor din compartimentul de sită plană C2 al morii sunt prezentate în tabelul 4. Se poate observa că dustul (fracția C2 M2), precum și făina (fracția C2 F) extrase din acest compartiment au valori mari ale suprafeței specifice (30,020 m²/kg pentru dust și 44,496 m²/kg pentru făină) față de primul refuz al acestui compartiment (C2 Break 3), alcătuit, în general din părți de semințe care trebuie reintroduse în procesul de mărunțire la pasajul Break 3 și care are o suprafață specifică destul de mică (3,591 m²/kg). Conform relației 6, suprafața specifică a particulelor de material dintr-o fracție depinde în primul rând de diametrul mediu al particulelor acelei fracții. În acest context putem observa că făina (C2F), având masa

having the lowest specific mass of all five outputs of the compartment C2 (only 1123.691 kg/m³) as well as a particle average diameter of 0.12 mm (see Table 2), will have a large specific surface.

specifică cea mai mică dintre toate cele 5 ieșiri ale compartimentului C2 (doar 1123,691 kg/m³) precum și un diametru mediu al particulelor de 0,12 mm (vezi tabelul 2), va avea o suprafață specifică mare.

Table 4 / Tabelul 4

Specific mass of grist fractions from plane sifter compartment C2 of analyzed mill and their specific surface calculated with equation 6 / Masa specifică a fracțiilor de măcinș din compartimentul de sită plană C2 a morii analizate precum și suprafața specifică a acestora, calculată cu ecuația 6

	C2 Entrance / C2 Intrare	C2 Break3	C2 Div1'	C2 DIV1''	C2M2	C2F
Density / Masa specifică [kg/m ³]	1040.094 / 1040,094	1152.305 / 1152,305	1203.104 / 1203,104	1238.443 / 1238,443	1249.161 / 1249,161	1123.691 / 1123,691
Specific surface / Suprafața specifică [m ² /kg]	7.035 / 7,035	3.591 / 3,591	7.443 / 7,443	15.628 / 15,628	30.020 / 30,020	44.496 / 44,496

CONCLUSIONS

From the analysis and interpretation of data obtained for the 6 samples, coming from the entry and the five outputs of the plane sifter compartment C2 (fig. 1), it has been observed:

- for the distribution law Schuhman, the correlation coefficient R^2 presents appropriate values to the Rosin-Rammler function, and the distribution law log-normal presents the smallest values of all four tested laws;
- coefficient β from equations 1, 2 and 4 is a coefficient which indicates the degree of unevenness of the grist fractions. It can be observed that its values fall within a fairly narrow distribution law for each part, which means that the fractions analyzed were fairly uniform, as particle size;

From the research presented it appears that, in the case of the second technological passage of break of an wheat mil size distribution can be described, in all cases, with the best results by Gauss law ($R^2 \geq 0,979$).

In addition, it stands out that can be used with good results the distribution law of Rosin-Rammler type, at which values of the correlation coefficient were largely above the $R^2 = 0,970$.

For all the plane sifter compartments of a mill, from phase of wheat breaking is important to know the average particle size of fractions separated, the particle size distribution and the physical composition because they are back into the grinding process, and the constructive characteristics of roller mill flute, as well as the functional parameters of the rollers have to be correlated with these fractions.

The distribution law used in the paper shows a good correlation with the experimental data regarding the particles size of fractions from the input and the five exits of the plane sifter compartment C2 from the breakage phase. Knowing the average dimension of the particles and the particle size distribution, as well as the other physical characteristics of the particles from the grist fractions are also requirements in the choice of fabric sieve frames of plane sifter compartments, from entry to exit into the compartment of each fraction of material.

At the analyzed mill the average dimension of the fraction particles from plane sifter compartments and the particle size distribution fall within the limits shown in other specialty papers.

The data presented may be important for all professionals workers in milling wheat in the first phase of the technological process, the breaking phase.

Aknowlegement

The work has been funded by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development 2007-2013 of the Romanian Ministry of Labour, Family and Social Protection through the Financial Agreement POSDRU/107/1.5/S/76903.

CONCLUZII

Din analiza și interpretarea datelor obținute pentru cele 6 probe, care provin de la intrarea și cele 5 ieșiri ale compartimentului de sită plana C2 (fig.1), se constată următoarele:

- pentru legea de distribuție Schuhman, coeficientul de corelație R^2 prezintă valori apropiate de cele obținute pentru funcția Rosin-Rammler, iar legea de distribuție log-normală prezintă valorile cele mai mici ale coeficienților dintre toate cele patru legi testate;
- coeficientul β din ecuațiile 1, 2 și 4 este un coeficient ce indică gradul de neuniformitate al fracțiilor de măcinș. Se poate observa că valorile acestuia se încadrează într-un interval destul de restrâns pentru fiecare de lege de distribuție în parte, ceea ce înseamnă că fracțiile analizate au fost destul de uniforme, ca mărime a particulelor.

Din cercetările prezentate se constată că, în cazul celui de-al doilea pasaj tehnologic de șrotare al unei mori de grâu distribuția granulometrică poate fi descrisă, în toate cazurile, cu cele mai bune rezultate de legea de tip Gauss, ($R^2 \geq 0,979$).

De asemenea, se evidențiază faptul că se poate folosi cu bune rezultate și legea de distribuție de tip Rosin-Rammler, la care valorile coeficientului de corelație au fost preponderent peste valoarea $R^2 = 0,970$.

Pentru toate compartimentele de sită plană ale unei mori, din faza de șrotare a grâului este important a se cunoaște dimensiunile medii ale particulelor fracțiilor separate, distribuția după dimensiuni și compoziția fizică a acestora, deoarece ele reintră în procesul de mărunțire, iar caracteristicile constructive ale riflurilor cilindrilor de măcinare, precum și parametrii funcționali ai cilindrilor trebuie să fie corelate cu acestea.

Legile de distribuție granulometrică utilizate în lucrare arată o foarte bună corelație cu datele experimentale privind dimensiunile particulelor fracțiilor la intrarea și cele cinci ieșiri al compartimentului de sită plană C2 din faza de șrotare a grâului. Cunoașterea dimensiunilor medii și a distribuției după mărime, precum și a celorlalte caracteristici fizice ale particulelor fracțiilor de măcinș constituie, totodată, cerințe în alegerea țesăturilor ramelor de cernere ale compartimentelor sitei plane, de la intrarea în compartiment și până la ieșirea fiecărei fracții de material.

La moara analizată, dimensiunile medii ale particulelor fracțiilor la compartimentele sitei plane și distribuția după mărime a acestora se încadrează în limitele prezentate și în alte lucrări științifice de specialitate.

Datele prezentate pot fi importante pentru toți specialiștii și lucrătorii în domeniul măcinării grâului, pentru prima fază a procesului tehnologic, aceea de șrotare.

Aknowlegement

Rezultatele prezentate în acest articol au fost obținute cu sprijinul Ministerului Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin Programul Operational Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/107/1.5/S/76903.

We are thanking, with this occasion, to management of S.C. Spicul S. A. Rosiori de Vede, Teleorman, Romania, which allowed us to collect samples from the technological flow of the milling unit.

REFERENCES

- [1]. Allen T. (2003) – *Particle size analysis by sieving, Powder Sampling and Particle Size Determination*, Elsevier, p. 208 – 250, Ch. 4;
- [2]. Căsândroi T., Voicu Gh., Țuțuianu G.D. (2002) - *On particle size distribution laws of grist products in a wheat milling plant*. Proceeding ISBTeh-2002 Conference. Politehnica University of Bucharest: 194-199;
- [3]. Fang Q., Hanna M., Haque E., Spillman C. (2000) – *Neural network modelling out of energy necessary to reduce wheat size*, Transactions of the ASAE, 43 (6), pg. 947 – 952;
- [4]. Guritno P., Haque E. (1994) - *Relationship between energy and size reduction of grains using a three – roller mill*, Transactions of the ASAE, 37 (4), p. 1243 – 1248;
- [5]. Headley V., Pfof H. (1968) – *A comminution equation relating energy to surface area by log probability method*, Transactions of the ASAE, 11 (3), p. 331 – 334 și 338;
- [6]. Henderson S. M., Perry R. L. (1976) - *Agricultural Process Engineering*, 3rd ed. Westport, Conn.: AVI Publishing;
- [7]. Henderson S., Hansen R. (1968) – *Farm grain comminution: Hammer mill and burr mill performance analysed*, Transactions of the ASAE, 11 (3), pg. 339 – 402;
- [8]. KeShun Liu (2009) - *Some factors affecting sieving performance and efficiency*, Powder Technology, 193, pg 208-213;
- [9]. Siti Mazlina M.K., Webb C., Hussain S.A., Liew A. Gh. (2006)- *Effects of differential speed on recycle grinding system in flour milling process: at second break*, International Journal of Engineering and Technology, 3(2): 238-247;
- [10]. Standish, N. (1985) – *The kinetics of batch sieving*, Powder Technology 41, pg. 57 – 67;
- [11]. Sultanbawa F.M., Owens W.G., Pandiela S.S. (2001) - *A new approach to the prediction of particle separation by sieving in flour milling*, Transactions of IchemE, 79 (Part C), pg. 201-218;
- [12]. Voicu Gh., Căsândroi T., Țuțuianu G.D. (2003) - *Aspects regarding the granulometric properties of wheat grists*, Proceedings International Symposium „Euro-Aliment 2003”, Galati, Romania: 201-205;
- [13]. Voicu Gh., Căsândroi T., Târcolea C., Tudosie E.M., Voicu P. (2010) - *Experimental research on the physical characteristics of products obtained from wheat milling*, Proceedings of the 38th International symposium on agricultural engineering “Actual Tasks on agricultural engineering”. Opatija, Croatia: 399- 410;
- [14]. Voicu Gh., Tudosie E-M., Paraschiv G., Voicu P., Ipate G. (2011) - *Testing certain distribution laws regarding some physical characteristics of ground wheat seed mixture inside milling units and the connection between them*, Proceedings of the 39th International Symposium “Actual tasks on agricultural engineering”. Opatija, Croatia: 427-436.

Mulțumim, cu această ocazie, conducerii S.C. Spicul S. A. Roșiori de Vede, Teleorman, România, care ne-a permis să culegem probe de pe fluxul tehnologic al unității de morărit.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Allen T. (2003) – *Analiza granulometrică prin cernere, prelevarea de materiale granulare și determinarea dimensiunii particulelor*, Elsevier, p. 208 – 250, Ch. 4;
- [2]. Căsândroi T., Voicu Gh., Țuțuianu G.D. (2002) - *Cu privire la legile distribuției granulometrice al produselor mărunțite într-o moară cu vațuri*, Conferinta Proceeding ISBTeh-2002 , Universitatea Politehnica Bucuresti 194-199;
- [3]. Fang Q., Hanna M., Haque E., Spillman C. (2000) – *Modelarea rețelei neuronale din necesarul de energie pentru reducerea dimensiunii grâului*, Transactions of the ASAE, 43 (6), p. 947 – 952;
- [4]. Guritno P., Haque E. (1994) - *Relația dintre energie și reducerea dimensiunii cerealelor utilizând trei vațuri de măcinare*, Transactions of the ASAE, 37 (4), p. 1243 – 1248;
- [5]. Headley V., Pfof H. (1968) – *Ecuatia mărunțirii privind energia de suprafață prin metoda log-probabilitate*, Transactions of the ASAE, 11 (3), p. 331 – 334 și 338;
- [6]. Henderson S. M., Perry R. L. (1976) – *Procese inginerești în agricultură*, a 3-a ed. Westport, Conn.: AVI ;
- [7]. Henderson S., Hansen R. (1968) – *Mărunțirea cerealelor: moara cu ciocane și moara cu cuțite*, Transactions of the ASAE, 11 (3), p. 339 – 402;
- [8]. KeShun Liu (2009) - *Unii factori care afectează performanța și eficiența cernerii*, Tehnologia materialelor poverulente, 193, pag 208-213;
- [9]. Siti Mazlina M.K., Webb C., Hussain S.A., Liew A. Gh. (2006) - *Efectele vitezei diferențiale în sistemul de reciclare măcinare în procesul de morărit: la a doua șrotare*, International Journal of Engineering and Technology, 3(2): 238-247;
- [10]. Standish N. (1985) – *Cinetica unui pachet de cernere*, Powder Technology 41, p. 57 – 67;
- [11]. Sultanbawa F.M., Owens W.G., Pandiela S.S. (2001) - *O nouă abordare a predicției de separare a particulelor prin cernere, în morărit*, Transactions of IchemE, 79 (Partea C), p. 201-218;
- [12]. Voicu Gh., Căsândroi T., Țuțuianu G.D. (2003) - *Aspecte cu privire la proprietățile granulometrice ale măcinșurilor de grâu*, Lucrari ale Simpozionului International „Euro-Aliment 2003”, Galati, Romania: 201-205;
- [13]. Voicu Gh., Căsândroi T., Târcolea C., Tudosie E.M., Voicu P. (2010) - *Cercetarea experimentală privind caracteristicile fizice ale produselor obținute din măcinarea grâului*, Lucrari ale celui de al 38lea simpozion international privind ingineria agricolă “Sarcinile actuale privind ingineria agricolă”, Opatija, Croatia: 399- 410;
- [14]. Voicu Gh., Tudosie E-M., Paraschiv G., Voicu P., Ipate G. (2011) - *Testarea anumitor legi de distribuție în ceea ce privește anumite caracteristici fizice ale unui amestec de semințe de grâu măcinat în interiorul unităților de morărit și legătura dintre ele*, Lucrări ale celui de al 39-lea Simpozion Internațional “Sarcinile actuale privind ingineria agricolă”, Opatija, Croatia: 427-436.