

## EXPLAINING THE PHENOMENON OF SEPARATION INTO FRACTIONS OF A MIXTURE OF PARTICULATE MATTER BY APPLYING THE PRINCIPLE OF MINIMUM ENERGY

### EXPLICAREA FENOMENULUI DE SEPARARE ÎN FRAȚII A UNUI AMESTEC DE PARTICULE MATERIALE ÎN BAZA APLICĂRII PRINCIPIULUI ENERGIEI MINIME

Prof.PhD.Eng. Paraschiv G., Prof.PhD.Eng. Manole C.

University POLITEHNICA of Bucharest, Faculty of Biotechnical Systems Engineering / Romania  
Tel: 0727378361; E-mail: constantinmanole@ymail.com

**Abstract:** The paper explains, on the basis of the minimum power principle, the phenomenon of layering a mixture of material particles (especially seeds of cereals) maintained under an oscillating motion, with or without the action of an air stream. This phenomenon of separation into fractions is also generalized on a mass of particles with the same specific weight, but with different sizes, an untreated aspect, in this form, in the specific literature.

**Keywords:** minimum energy principle, seed mixture, unstable technical system, unstable equilibrium, vibrating flat surface, equivalent pyramid, fluidized bed

#### INTRODUCTION

The great majorities of agricultural products, but also those resulting from various industries, represent mixtures consisting of material particles with different physico-mechanical features [3, 6].

Their processing through different separation methods is made in order to bring them at the level of the conditions imposed by standards, the norms imposed in consumption or the requirements of prior processing and storage operations [4].

**Filtering** [1] is a process of separation in more fractions (three, four etc.) according to specific criteria (dimension, weight, color etc.), regarding components of the same nature of an agricultural products mixture found in the same state of granulation, fragments etc. (seeds, potato tubers, fruit etc.).

Filtering is made for obtaining uniform fractions as size, shape, weight etc., for the prior processes such as: sowing with machines provided with special distribution machinery, industrial processing, packaging etc., to be conducted easier, more accurately and with a greater performance, or for commercial purpose [2].

Filtering machines are built and work according to different principles, depending on the product to be filtered and the filtering criterion [5]. Thus, the majority of seeds can be filtered depending on their dimension by way of sifters or sorters.

Sifters with circular orifices filter the seeds according to width (the average size), those with elongated orifices filter the seeds according to thickness (the minimal size), and the alveolar sorters filter the seeds according to length (the maximum size).

Given the specific weight and the aerodynamic resistance, the seeds can be filtered by means of air stream (pneumatic filtering), water or some type of solutions (hydraulic filtering), or air vibrator masses.

The air vibrator mass is a part of a seed filtering machine depending on the specific mass, consisting of a sifter with vibratory motion, under which one or more fans creating an air stream passing through the sifter's orifices can be found, operating upon the seeds, without detaching them of the sifter's surface, though. The sifter is sloped both lengthwise and transversely. Due to the vibratory motion and the air stream's action, the seeds

**Rezumat:** În lucrare se explică, în baza principiului energiei minime, fenomenul de stratificare a unui amestec de particule materiale (în particular a semințelor de cereale) supus unei mișcări de oscilație întreținute, cu sau fără acțiunea unui curent de aer. Fenomenul de separare în fracții se generalizează și asupra unei mase de particule de aceeași greutate specifică dar de dimensiuni diferite, aspect netratat, sub această formă, în literatura de specialitate.

**Cuvinte cheie:** principiul energiei minime, amestec de semințe, sistem tehnic nestabilizat, echilibru instabil, suprafață plană vibratoare, piramidă echivalentă, strat fluidizat

#### INTRODUCERE

Marea majoritate a produselor agricole, dar și o parte din cele rezultate din diferite industrii sunt amestecuri formate din particule materiale cu proprietăți fizico-mecanice diferite [3, 6].

Prelucrarea lor prin diferite metode de separare se face în scopul aducerii acestora la nivelul condițiilor prescrise în standarde, în normele impuse de consum sau de cerințele proceselor ulterioare de prelucrare și depozitare [4].

**Sortarea** [1] este o operație de separare în mai multe fracții (trei, patru etc.), după anumite criterii (dimensiuni, greutate, culoare etc.) a componentelor de aceeași natură ale unui amestec de produse agricole aflate în stare de granule, bucăți etc. (semințe, tubercule de cartofi, fructe ș.a.).

Sortarea se face în scopul obținerii unor fracții uniforme ca mărime, formă, greutate, culoare etc., pentru a putea fi efectuate mai ușor, mai precis și cu mai mare randament, operațiile ulterioare, precum: însămânțarea cu mașini prevăzute cu aparate de distribuție speciale; prelucrarea industrială; împachetarea etc., sau în scopuri comerciale [2].

Mașinile de sortat sunt construite și funcționează după principii diverse, în funcție de produsul ce se sortează și de criteriul de sortare [5]. Astfel, majoritatea semințelor pot fi sortate după dimensiuni cu ajutorul sitelor sau trioarelor.

Sitele cu orificii circulare sortează semințele după lățime (dimensiunea medie), cele cu orificii alungite sortează semințele după grosime (dimensiunea minimă), iar trioarele cu alveole sortează semințele după lungime (dimensiunea maximă).

După greutatea specifică și rezistența aerodinamică, semințele pot fi sortate cu ajutorul curentului de aer (sortare pneumatică), cu ajutorul apei sau al unor soluții (sortare hidraulică) sau cu ajutorul meselor pneumovibratorii.

Masa pneumovibratoare este un subsansamblu din cadrul mașinii de sortat seminte după greutatea specifică, format dintr-o sită cu mișcare vibratorie sub care se găsesc unul sau mai multe ventilatoare care creează un curent de aer ce trece prin orificiile sitei, acționând asupra semințelor, fără însă a le desprinde de suprafața acesteia. Sita este înclinată atât în plan longitudinal, cât și în plan transversal. Datorită mișcării

filter according to the specific weight, being separately collected.

### The Minimum Energy Principle

It is known that if within an elementary filtering system (screen, sifter etc.) there is a mixture of objects relatively uniform in dimensions but with different specific weights (such as pebbles, lead shots, corn grains), and subject to oscillatory motion, these will stratify in such a way that the objects with the bigger specific weight (the lead shots) will occupy the inferior part, and the other components will occupy the following positions, stratifying according to their specific weight, in downward direction [3].

This type of placing is based on the "minimum energy principle" of an unstable technical system, according to which the objects will stratify in such a way that the potential energy of the system to be minimal. By virtue of this principle, a solid object, found in unstable equilibrium, will seek to occupy a stable position, whereas a mixture of solid objects or immiscible liquids, subject to an oscillatory motion of a certain amplitude and frequency, will separate in fractions.

### MATERIAL AND METHOD

The stratification phenomenon of the material particles (especially of seeds) is carried by applying a continuous oscillatory motion to the seeds mass. In some cases, the oscillatory motion of the surface with seeds is accompanied by the action of an air stream which crosses the material layer subject to filtering, in a downward or upward direction.

In the case of filtering systems without air stream, the seeds' stratification can take place in the following cases:

- the seeds have relatively uniform  $d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_n$  dimensions, but different specific weights ( $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_n$ );
- the seeds have irregular dimensions, but the same specific weight;
- the seeds have irregular dimensions and different specific weights, but their dimensions are inversely proportional with their specific weights (particles with small dimensions have bigger specific weights, and those with bigger dimensions have smaller specific weights). In the case of filtering systems with an air stream, the above cases are admissible only if also taking into account the direction of the air stream, whose direction is chosen suitably to the filtering process.

The following cases can thus be identified:

- the seeds have relatively uniform dimensions and different specific weights, and the air stream is directed upwards;
- the seeds have irregular dimensions and the same specific weight, and the air stream is directed downwards;
- the seeds have irregular dimensions and different specific weights (their dimensions are inversely proportional with their specific weights), and the air stream is directed downwards.

#### a) The case where $d_i = k$ (constant), $\gamma_i \neq k$

If the seeds have relatively uniform  $d_i$  dimensions and their specific weights are then different, when taking into account the mass of two seeds categories of a given volume, the seeds which have bigger specific weight will also have a bigger mass:

$$m_1 = \frac{\gamma_1}{g} V; \quad m_2 = \frac{\gamma_2}{g} V; \quad \gamma_1 \geq \gamma_2; \quad m_1 \geq m_2 \quad (1)$$

vibratorii și acțiunii curentului de aer, semințele se separă după greutatea specifică, fiind colectate separat.

### Principiul energiei minime

Este cunoscut faptul că, dacă într-un sistem elementar de sortare (ciur, sită etc.) avem un amestec de corpuri de dimensiuni relativ uniforme, dar de greutate specifică diferite (de ex. pietricele, alice de plumb, boabe de porumb etc.) și le supunem unei mișcări de oscilație, acestea se vor stratifica astfel încât corpurile cu greutatea specifică cea mai mare (alicele de plumb) vor ocupa partea inferioară, iar celelalte componente vor ocupa pozițiile următoare, stratificându-se după greutatea specifică, în sens descrescător al acesteia [3].

Acest mod de dispunere are la bază „principiul energiei minime” a unui sistem tehnic nestabilizat, conform căruia corpurile se vor stratifica astfel încât energia potențială a sistemului să fie minimă. Astfel, un corp solid, aflat în echilibru instabil, va tinde să ocupe o poziție stabilă, iar un amestec de corpuri solide sau lichide nemiscibile, supus unei mișcări oscilatorii de o anumită amplitudine și frecvență, se va separa în fracții.

### MATERIAL ȘI METODĂ

Fenomenul de stratificare a particulelor materiale (în particular a semințelor) se realizează prin imprimarea unei mișcări de oscilație întreținută masei de semințe. În unele cazuri, mișcarea de oscilație a planului pe care se află semințele este însoțită de acțiunea unui curent de aer care străbate, în sens ascendent sau descendent, stratul de material supus sortării.

La sistemele de sortare fără prezența unui curent de aer, stratificarea semințelor poate avea loc în următoarele cazuri:

- semințele au dimensiuni  $d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_n$  relativ uniforme, dar greutate specifică ( $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_n$ ) diferite;
- semințele au dimensiuni neuniforme, dar aceeași greutate specifică;
- semințele au dimensiuni neuniforme și greutate specifică diferite, dar dimensiunile acestora sunt în raport invers proporțional cu greutatele lor specifice (particulele de dimensiuni mici au greutate specifică mai mari, iar cele de dimensiuni mari au greutate specifică mai mici). La sistemele de sortare în prezența unui curent de aer, la fiecare din cazurile de mai sus se ține seama de influența curentului de aer, al cărui sens se alege convenabil procesului de sortare.

Se disting, astfel, următoarele cazuri:

- semințele au dimensiuni relativ uniforme și greutate specifică diferite, iar curentul de aer are sens ascendent;
- semințele au dimensiuni neuniforme și aceeași greutate specifică, iar curentul de aer are sens descendent;
- semințele au dimensiuni neuniforme și greutate specifică diferite (dimensiunile lor sunt în raport invers proporțional față de greutatele lor specifice, iar curentul de aer are sens descendent.

#### a) Cazul $d_i = k$ (constant), $\gamma_i \neq k$

Dacă semințele au dimensiuni  $d_i$  relativ uniforme, iar greutatele lor specifice sunt diferite atunci, dacă se consideră masa a două categorii de semințe dintr-un volum dat, semințele care au greutatea specifică mai mare vor avea și masa mai mare:

The mass of seeds subject to filtering in an oscillatory motion stratifies based on the “minimum energy principle”.

**b) The case where  $d_i \neq k$ ;  $\gamma_i = k$**

We assume that for a given volume we have material particles of a certain dimension; for another volume, equal to the first volume, we have particles with another dimension. We want to illustrate that for equal volumes, the particles with smaller dimensions fill better the area where they can be found.

In order to simplify this, we will consider the particles have a spherical shape.

Let us consider  $R$  being the radius of a particle. In one unity of volume shaped as a square pyramid (fig. 1), with the base side being a multiple of  $R$ , an  $N$  number of spheres will be able to fill the volume.

Masa de semințe supusă sortării, aflată în mișcare de oscilație, se stratifică pe baza „principiului energiei minime”.

**b) Cazul  $d_i \neq k$ ;  $\gamma_i = k$**

Să admitem că, într-un volum dat, avem particule materiale de o dimensiune oarecare; într-un alt volum, egal cu primul, avem particule de o altă dimensiune. Vrem să demonstrăm că, la volume egale, particulele de dimensiuni mai mici umplu mai bine spațiul în care se află.

Pentru simplificare, să considerăm că particulele au forma sferică.

Fie  $R$ , raza unei particule. Într-o unitate de volum în formă de piramidă pătrată (fig.1), cu latura bazei multiplu de  $R$ , va intra un număr  $N$  de sfere.

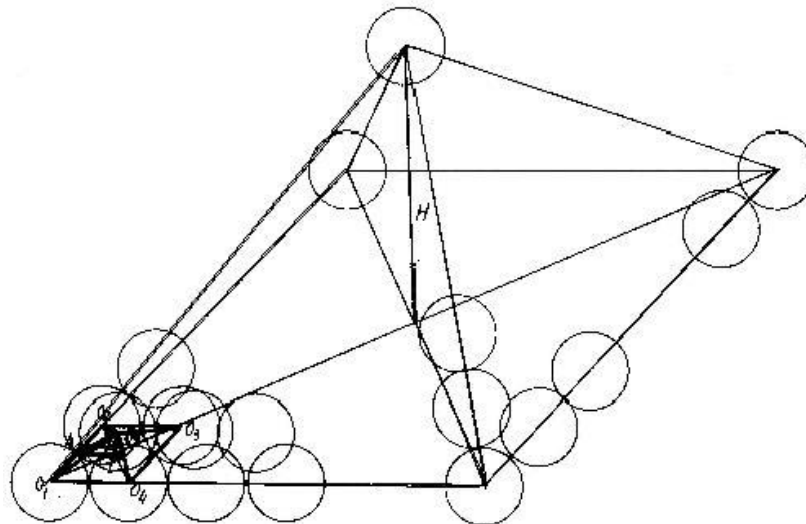


Fig. 1 - Particle pyramid

If on the square’s base side of the pyramid we have “ $n$ ” spheres, then the number of spheres from the inferior stratum will be  $n^2$ . On the side of the second row we will have “ $n-1$ ” spheres, and the number of spheres from this second row will be  $(n-1)^2$  etc.

The total number of spheres from the entire pyramid will be:

$$N = n^2 + (n-1)^2 + (n-2)^2 + \dots + 3^2 + 2^2 + 1^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \tag{2}$$

For  $n = 6$  spherical particles with the  $R$  radius, it results  $N = 91$ , with their volume:

$$V = N \cdot \frac{4\pi R^3}{3} = 91 \cdot \frac{4\pi R^3}{3} = 381.18R^3 \tag{3}$$

The height of the pyramid can be calculated based on the following relationship:

Dacă pe latura pătratului de bază al piramidei avem „ $n$ ” sfere, atunci numărul de sfere din stratul inferior va fi  $n^2$ . Pe latura celui de-al doilea rând vom avea „ $n-1$ ” sfere, iar numărul de sfere din acest al doilea rând va fi  $(n-1)^2$  etc.

Numărul total de sfere din întreaga piramidă va fi:

Pentru  $n = 6$  particule sferice de rază  $R$ , rezultă  $N = 91$ , iar volumul lor:

Înălțimea piramidei se poate calcula pe baza următoarei relații:

$$H = 2R + (n-1) \cdot h \tag{4}$$

where  $h$  is the distance, vertically measured, between the centers of the spheres displayed on two adjacent horizontal layers.

The height “ $h$ ” can be determined if considering another pyramid, the latter having its peaks in the centers of 5 adjacent spheres (fig. 1). It results from the right triangles  $O_3IO_4$ ,  $O_3IO_5$  and  $AIO_5$  that:

unde  $h$  este distanța, măsurată pe verticală, dintre centrele sferelor dispuse în două straturi orizontale alăturate.

Înălțimea „ $h$ ” se determină considerând o altă piramidă, aceasta din urmă având vârfurile în centrele a 5 sfere alăturate (fig.1). Din triunghiurile dreptunghice  $O_3IO_4$ ,  $O_3IO_5$  și  $AIO_5$ , rezultă:

$$h = \overline{O_5 I} = \frac{R}{\sqrt{2}} = \frac{R\sqrt{2}}{2} \quad (5)$$

and the angle with the biggest slope of the lateral sides of the pyramid:

iar unghiul de cea mai mare pantă al laturilor laterale ale piramidei:

$$\alpha = \widehat{IAO_5} = \arctg \frac{R\sqrt{2}}{2R} = \arctg \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\pi}{4} \quad (6)$$

It results that:

Rezultă

$$H = 2R + (n-1)R \frac{\sqrt{2}}{2} = R \left[ 2 + (n-1) \frac{\sqrt{2}}{2} \right]$$

For  $n = 6$ , it results that:

Pentru  $n = 6$ , rezultă:

$$H = 2R + (6-1)R \frac{\sqrt{2}}{2} = 5.535R; \quad V = \frac{2}{9} \pi R^3 \cdot 6 \cdot (6+1)(2 \cdot 6+1) = 381.18R^2 \quad (7)$$

We now assume we have a square pyramid, with the same base side and the same slope of the lateral sides, but consisting of spheres with the radius  $r = R/2$ .

Să admitem acum o piramidă pătrată, cu aceeași latură a bazei și aceeași înclinare a fețelor laterale, dar formată din sfere de rază  $r = R/2$ .

In the pyramid formed of spheres with the radius  $r$  there will be  $N_1$  spheres:

În piramida formată din sfere de rază  $r$ , vor fi  $N_1$  sfere:

$$N_1 = (2n)^2 + (2n-1)^2 + (2n-2)^2 + \dots + 3^2 + 2^2 + 1^2 = \frac{2n(2n+1)(4n+1)}{6} = \frac{n(2n+1)(4n+1)}{3}$$

For  $n = 6$ , it results that:

Pentru  $n = 6$ , rezultă:

$$N_1 = \frac{6(2 \cdot 6+1)(4 \cdot 6+1)}{3} = 2 \cdot 13 \cdot 25 = 650 \quad (8)$$

The volume of the spheres with the radius  $r$  will be:

Volumul sferelor de rază  $r$  va fi:

$$V = N \cdot \frac{4\pi R^3}{3} = N \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^3 = 340.34R^3 \quad (9)$$

and the height of the pyramid consisting of these spheres will be:

iar înălțimea piramidei formată din aceste sfere:

$$H_1 = 2r + (2n-1)h_1 = R + (12-1) \frac{r\sqrt{2}}{2} = R \left( 1 + \frac{11\sqrt{2}}{4} \right) = 4.889R \quad (10)$$

Let us consider  $V_R$  the volume of a square pyramid capturing all the balls of radius  $R$ :

Fie  $V_R$  volumul unei piramide pătrate în care intră toate bilele de rază  $R$ :

$$V = a^2 \cdot H = (6R)^2 \cdot 5.535R = 199.26R^3 \quad (11)$$

where  $a$  is the base side of the pyramid.

unde  $a$  este latura bazei piramidei.

Similarly, the volume of the pyramid capturing all the balls of radius  $r$  will be:

Analog, volumul piramidei în care vor intra toate bilele de rază  $r$  va fi:

$$V = a^2 \cdot H = (6R)^2 \cdot 4.889R = 176.004R^3 \quad (12)$$

Let us now consider  $\varepsilon$  the ratio of the two square pyramids capturing all the small balls, as well as all the larger balls:

Fie acum  $\varepsilon$  raportul celor două piramide pătrate în care intră toate bilele mici, respectiv toate bilele mari:

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = \frac{177.004R}{199.26R} = 0.8833 = 88.33\% \quad (13)$$

It thus results that the balls of radius  $r = R/2$  fill in a smaller volume than the balls of radius  $R$ , from which it also results that the irregular particles shaped quasi-spherically, of the same specific weight, can stratify on an animated densimetric mass with an oscillatory motion. Stratification will be made reversely to their

De aici rezultă că bilele de rază  $r=R/2$  ocupă un volum mai mic decât bilele de rază  $R$ , deci și particulele neuniforme, de formă cvasi-sferică, de aceeași greutate specifică, se pot stratifica pe o masă densimetrică animată în mișcare de oscilație. Stratificarea se va face în sens invers dimensiunilor lor, particulele cele mai mici



dimensions, with the smallest particles filling the inferior part of the seeds layer subject to filtering.

**c) The case where  $d_i \neq k$ ,  $\gamma_i \neq k$ ;  $d_i$  is inversely proportional to  $\gamma_i$**

This case has an obvious explanation. Based on the phenomenon analyzed at b), here will also participate, accordingly, the specific weights of the particles.

**d) The case of an upward vertical air stream;  $d_i = k$ ;  $\gamma_i \neq k$**

Having discussed case a) evidenced that the filtering of uniform dimensioned seeds and with different specific weights is possible even without the influence of an air stream.

In the case of a vertical air stream, this has a different effect on the seeds only if it acts upwards, compared to when it acts downwards.

It is important to determine the direction of the air stream favorable to filtering. In this sense, we will consider that upon a homogenous spherical material particle with the radius  $R$  and the density  $\rho = \gamma/g$ , an upwards vertical air stream will operate. Upon the particle (fig. 2), the dynamic pressure will operate, and subsequently the force:

$$p_{dm} = c \cdot \rho_a \cdot \frac{v_a^2}{2} \quad \bar{F} = c \cdot \rho_a \cdot \frac{v_a^2}{2} \cdot \pi R^2 \quad (14)$$

where  $c$  is a coefficient of aerodynamic resistance,  $\rho_a$  – air density and  $v_a$  – the speed of air.

ocupând partea inferioară a stratului de semințe supus sortării.

**c) Cazul  $d_i \neq k$ ,  $\gamma_i \neq k$ ;  $d_i$  invers proporțional cu  $\gamma_i$**

Acest caz este evident. În baza fenomenului analizat la punctul b) participă, în consens, și greutatea lor specifică.

**d) Cazul unui curent de aer vertical ascendent;  $d_i = k$ ;  $\gamma_i \neq k$**

Punerea în discuție a cazului a) a evidențiat faptul că sortarea semințelor de dimensiuni practic uniforme și de greutatea specifică diferite este posibilă chiar și fără influența unui curent de aer.

În cazul existenței unui curent de aer vertical, acesta are asupra semințelor acțiune diferită în situația în care lucrează în sens ascendent, față de situația în care lucrează în sens descendent.

Este important să determinăm sensul curentului de aer favorabil sortării. Pentru aceasta, să considerăm că asupra unei particule materiale sferice omogene, de rază  $R$  și densitate  $\rho = \gamma/g$ , acționează un curent de aer vertical ascendent. Asupra particulei (fig. 2) acționează presiunea dinamică, respectiv forța.

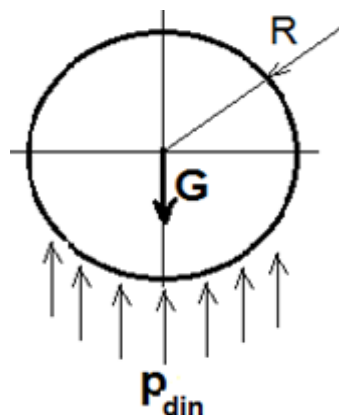


Fig. 2 - The action of the airflow vertical ascending

Reversely, upon the particles will operate the gravity force  $G = mg$ , where  $m$  is the mass of the particle. If the forces  $F$  and  $G$  virtually have equal values, when operating reversely, their resultant is zero, and the particle will receive a fluidized state, favorable to free movement under minimal impulses. Obviously, upon the particle with the density,  $\gamma_1 > \gamma$ , a  $G_1 > G$  force will operate, and the fluidized action of the air stream is less definite. If the forces  $F$  and  $G$  work in the same direction, the fluidization of the fractions from the seeds layer subject to filtering is hampered, so the downwards direction of the air stream is not indicated.

## CONCLUSIONS

The stratification phenomenon of the material particles is carried by applying a continuous oscillatory motion to the seeds mass. In some cases, the oscillatory motion of the surface with seeds is accompanied by the action of an air stream which crosses the material layer subject to filtering in a downward or upward direction.

Applying minimum energy principle, in the paper has been explained the stratification phenomenon of

unde  $c$  este un coeficient de rezistență aerodinamică,  $\rho_a$  – densitatea aerului, iar  $v_a$  – viteza aerului.

În sens invers, asupra particulei acționează forța de greutate  $G = mg$ , unde  $m$  este masa particulei. Dacă forțele  $F$  și  $G$  au valori practic egale, lucrând în sensuri contrarii rezultanta lor este nulă, iar particulei i se creează o stare o stare fluidizantă, favorabilă deplasării libere sub impulsuri minime. Evident, asupra unei particule de densitate  $\gamma_1 > \gamma$ , va acționa o forță  $G_1 > G$ , iar acțiunea fluidizantă a curentului de aer este mai puțin pronunțată. Dacă forțele  $F$  și  $G$  lucrează în același sens, fluidizarea fracțiilor din stratul de semințe supus sortării este îngreunată, deci sensul descendent al curentului de aer nu este indicat.

## CONCLUZII

Fenomenul de stratificare a particulelor materiale se realizează prin imprimarea unei mișcări de oscilație întreținută masei de semințe. În unele cazuri, mișcarea de oscilație a planului pe care se află semințele este însoțită de acțiunea unui curent de aer care străbate, în sens ascendent sau descendent, stratul de material supus sortării.

În cadrul lucrării s-a explicat, în baza principiului energiei minime, fenomenul de stratificare a unor

some material particles (especially of seeds) in the case where a fluidization of the fractions from the layer of seeds, subject to filtering, takes place or not.

#### REFERENCES

- [1]. Anghel Ș., Manole C et al. (1972) - *Dictionary of Agricultural Mechanics*, Publisher: Ceres, Bucharest;
- [2]. Balc G., Oltean O. (2002) - *The technique of preserving and primary processing of agricultural products*, Publisher: Alma-Mater, Cluj-Napoca.
- [3]. Manole C. (1986) - *Seed sorting by specific weight*, PhD thesis, Polytechnic Institute of Bucharest;
- [4]. Ristea M. (2014) – *Contribution to the Study of the Process of Aerodynamic Separation of Solid Particles Mixtures Applied in the Food Industry*, Doctoral Thesis, University “Vasile Alecsandri”, Bacau, Faculty of Engineering;
- [5]. Rus F. (2001) - *Separation operations in the food industry*, Publisher: Publisher: „Transilvania” University of Brașov;
- [6]. Stoica D. et al (2011) - *Influence of oscillations amplitude of sieve on the screening process for a conical sieve with oscillatory circular motion*, Journal of Engineering Studies and Research, Bacău.

particule materiale (în particular a semințelor) în situația în care are loc sau nu, fluidizarea fracțiilor din stratul de semințe supus sortării, sortarea după greutatea specifică fiind un caz particular al stratificării particulelor.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1]. Anghel Ș., Manole C., ș.a., (1972) - *Dicționar de mecanică agricolă*, Editura Ceres, București;
- [2]. Balc G., Oltean O. (2002) - *Tehnica păstrării și procesării primare a produselor agricole*. Editura Alma-Mater, Cluj-Napoca.;
- [3]. Manole C. (1986) - *Sortarea semințelor după greutatea specifică*, Teză de doctorat, Institutul Politehnic București;
- [4]. Ristea M. (2014) - *Contribuții la studiul procesului de separare aerodinamică a amestecurilor de particule solide, cu aplicație în industria alimentară*, Teză de doctorat, Univ. „Vasile Alecsandri”, Bacău, Facultatea de inginerie;
- [5]. Rus F., (2001) - *Operații de separare în industria alimentară*, Editura Univ. „Transilvania”, Brașov;
- [6]. Stoica D., ș.a., (2011) - *Influența amplitudinii oscilațiilor sitei pentru investigarea procesului de separare pe o sită conică cu mișcare circulară oscilatorie*, Revista de cercetare si studii de inginerie, Bacău.