

**THEORETICAL STUDY OF PILE DISPLACEMENT ON THE STRAW WALKERS OF
CONVENTIONAL COMBINE HARVESTERS /
STUDIUL TEORETIC AL DEPLASĂRII VRAFULUI PE SCUTURĂTORUL COMBINELOR
CONVENȚIONALE DE RECOLTAT CEREALE**

PhD. Eng. Ivan Gh., PhD. Eng. Nedelcu M.

INMA Bucharest / Romania

Tel: +04 21.269.32.55; Fax: +40 21.269.32.73; E-mail: geoivan2006@yahoo.com

Abstract: The article presents the part four of the study of pile displacement on the straw walker of conventional grain combine harvesters, in order to determine the structural and functional characteristics of the straw walker, to increase its working capacity. The material presented in the article represents the study of functions $t_{salt}(k, \alpha, \delta, f)$ and $S(k, \alpha, \delta, f)$, duration and size of displacement of a pile jump on the shaking element at a complete rotation of it.

Keywords: straw walkers, harvesting combine, pile displacement.

INTRODUCTION

In the first three parts of the study [1], [2], [3] has been presented the virtual trajectory of a material particle located in the separation zone of a shaking element provided with sieves with thresholds, driven by the cascade, by the active side of the jagged edge of the trough and by the active side of the thresholds of sieves, all making the angle δ with the vertical of separation sieve, were analyzed function diagrams $\omega t_1(k, \alpha, f, \delta)$, $\omega t_2(k, \alpha, \delta)$, $H(k, \alpha, \delta)$, $\omega t_3(k, \alpha, f, \delta)$ and were presented the conclusions on the straw walker construction. Further will be present the definition and study of functions $t_{salt}(k, \alpha, f, \delta)$ and $S(k, \alpha, \delta, f)$, displacement duration and size of a jump of pile on the shaking element, at a complete rotation of it [4], [5], [6], [7].

MATERIAL AND METHOD

The assumption is that the intensity of separation of seeds from the pile placed on a two axes straw walker is directly proportional to the duration of all pile jumps on the shaking element.

The value of the duration of a pile jump on the shaking element at a complete rotation of it is given by the relation 1:

$$t_{salt} = \frac{\omega t_3 - \omega t_2}{\omega} = (\omega t_3 - \omega t_2) \sqrt{\frac{r}{kg}} \quad (1)$$

where:

t_{salt} is the duration of a pile jump on the shaking element at a full rotation of it;

ωt_2 – angle at which starts the jump of pile on the shaking element;

ωt_3 – crankshaft angle at which occurs the pile return on the shaking element after jump;

ω – angular velocity of the shaking element;

r – disposal radius of crankpins of the crankshaft of straw walker;

k – kinematic regime of the straw walker $k = \omega^2 r / g$;

g – gravitational acceleration.

Using the expressions of functions ωt_2 and ωt_3 , result the relation 2:

$$t_{salt}(\omega t_3, k, \alpha, \delta, f) = \left[\frac{\sin(\beta - \alpha)}{\cos \alpha} \sqrt{1 + c^2 + 2c \cos(\omega t_2 + \delta)} + \sqrt{\frac{\sin^2(\beta - \alpha)}{\cos^2 \alpha} [1 + c^2 + 2c \cos(\omega t_2 + \delta)] + \frac{c \cos \delta}{k \cos \alpha} (\omega t_2 - \omega t_1) - \frac{2(\sin \omega t_3 - \sin \omega t_2)}{k \cos \alpha}} \right] \sqrt{\frac{kr}{g}} \quad (2)$$

Rezumat: Articolul prezintă partea a patra a studiului deplasării vrafului pe scuturătorul combinelor convenționale de recoltat cereale, în vederea determinării caracteristicilor constructive și funcționale ale scuturătorului, pentru creșterea capacității de lucru a acestuia. Materialul prezentat în articol reprezintă studiul funcțiilor $t_{salt}(k, \alpha, \delta, f)$ și $S(k, \alpha, \delta, f)$, durata și mărimea deplasării unui salt al vrafului pe elementul de scuturare la o rotație completă a acestuia.

Cuvinte cheie: deplasarea vrafului, combina de recoltat, scuturător.

INTRODUCERE

În primele trei părți ale studiului [1], [2], [3] a fost prezentată traiectoria virtuală a unei particule de material aflată în zona de separare a unui element de scuturare prevăzut cu site cu praguri, antrenată de cascada, de partea activă a marginii zimțate a jgheabului și de partea activă a pragurilor sitelor, toate făcând unghiul δ cu verticala planului sitei de separare, s-au analizat diagramele funcțiilor $\omega t_1(k, \alpha, f, \delta)$, $\omega t_2(k, \alpha, \delta)$, $H(k, \alpha, \delta)$, $\omega t_3(k, \alpha, f, \delta)$ și s-au prezentat concluziile privind construcția scuturătorului. În continuare se va prezenta definirea și studiul funcțiilor $t_{salt}(k, \alpha, f, \delta)$ și $S(k, \alpha, \delta, f)$, durata și mărimea deplasării unui salt al vrafului pe elementul de scuturare la o rotație completă a acestuia [4], [5], [6], [7].

MATERIAL ȘI METODĂ

Se face ipoteza că intensitatea separării semințelor din vraful aflat pe un scuturator cu cai pe două axe este direct proporțională cu durata tuturor salturilor vrafului pe elementul de scuturare.

Valoarea duratei unui salt al vrafului pe elementul de scuturare la o rotație completă a acestuia este dată de relația 1:

unde:

t_{salt} este durata unui salt al vrafului pe elementul de scuturare la o rotație completă a acestuia;

ωt_2 – unghiul la care începe saltul vrafului pe elementul de scuturare;

ωt_3 – unghiul arborelui cotit la care se produce revenirea vrafului pe elementul de scuturare după salt;

ω – viteza unghiulară a elementului de scuturare;

r – raza de dispunere a manetoanelor arborelui cotit al scuturatorului;

k – regimul cinematic al scuturătorului $k = \omega^2 r / g$;

g – accelerația gravitațională.

Folosind expresiile funcțiilor ωt_2 și ωt_3 , rezultă relația 2:

Where α is the angle of separation sieve in relation to the horizontal;

β – angle of the material particle speed in relation to the horizontal at the beginning of jump;

δ – cascade angle, of active side of jagged edges and thresholds sieve relative to the vertical of separation sieve;

c – coefficient of pile displacement speed;

f – friction coefficient.

In Figure 1 are represented the diagrams of partial functions of the function $t_{salt}(\omega t_3, k, \alpha, \delta, f)$, for $r=0.075$ m.

unde α este unghiul sitei de separare în raport cu orizontala;

β – unghiul vitezei particulei de material în raport cu orizontala la începutul saltului;

δ – unghiul cascadei, părții active a marginilor zimțate și pragurilor sitei în raport cu verticala sitei de separare;

c – coeficient al vitezei deplasării vrafului;

f – coeficient de frecare.

În figura 1 sunt reprezentate diagramele funcțiilor parțiale ale funcției $t_{salt}(\omega t_3, k, \alpha, \delta, f)$, pentru $r = 0,075$ m.

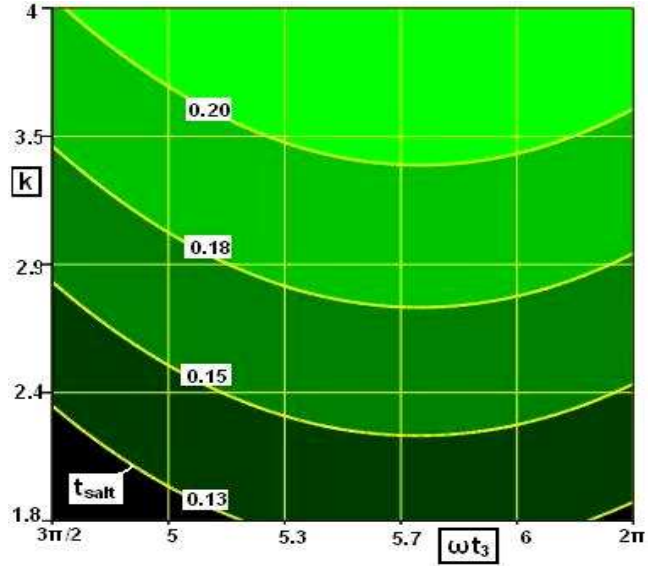
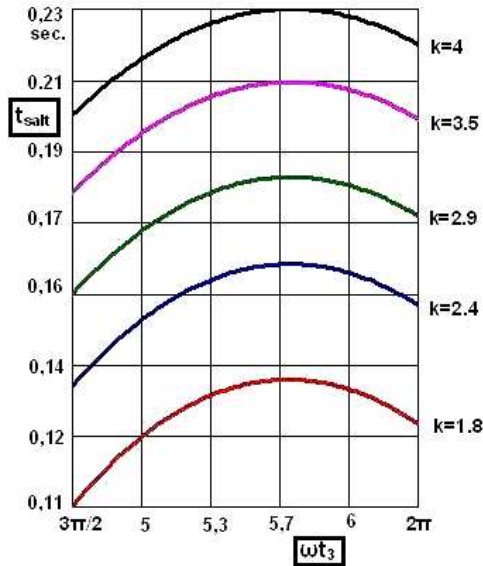


Fig. 1 - Diagrams of function $t_{salt}(\omega t_3, k)$, for $\alpha=20^\circ$, $\delta=0^\circ$ and $f = 0.4$ /
 Diagramele funcției $t_{salt}(\omega t_3, k)$, pentru $\alpha=20^\circ$, $\delta=0^\circ$ și $f = 0,4$

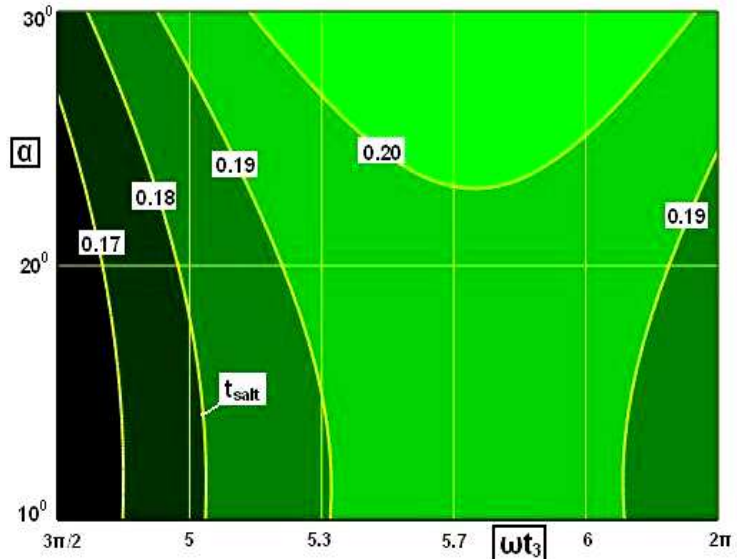
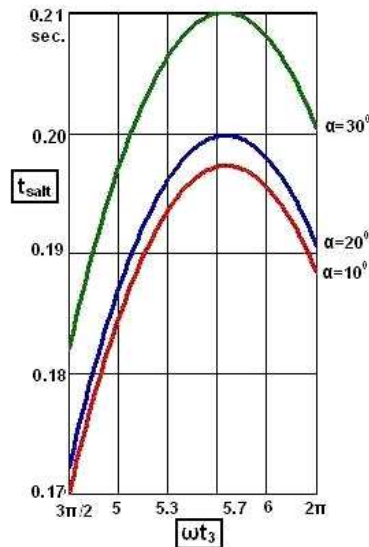


Fig. 2 - Diagrams of function $t_{salt}(\omega t_3, \alpha)$, for $k = 3,2$, $\delta = 0^\circ$ and $f = 0.4$ /
 Diagramele funcției $t_{salt}(\omega t_3, \alpha)$, pentru $k = 3,2$, $\delta = 0^\circ$ și $f = 0,4$

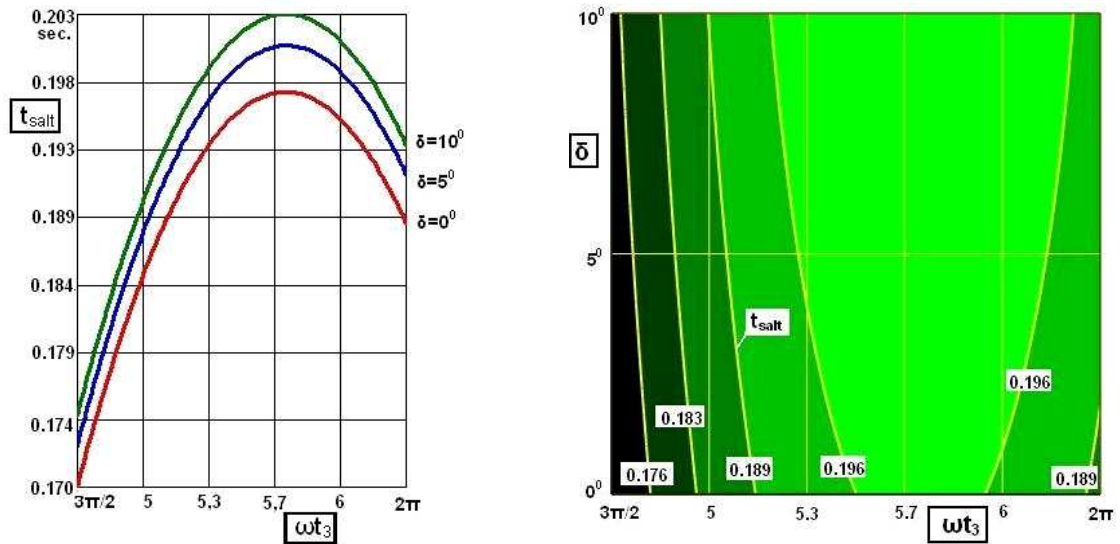


Fig. 3 - Diagrams of function $t_{salt}(\omega t_3, \delta)$, for $k=3.2$, $\alpha = 20^\circ$ and $f = 0.4$ / *Diagramele funcției $t_{salt}(\omega t_3, \delta)$, pentru $k=3.2$, $\alpha = 20^\circ$ și $f = 0.4$*

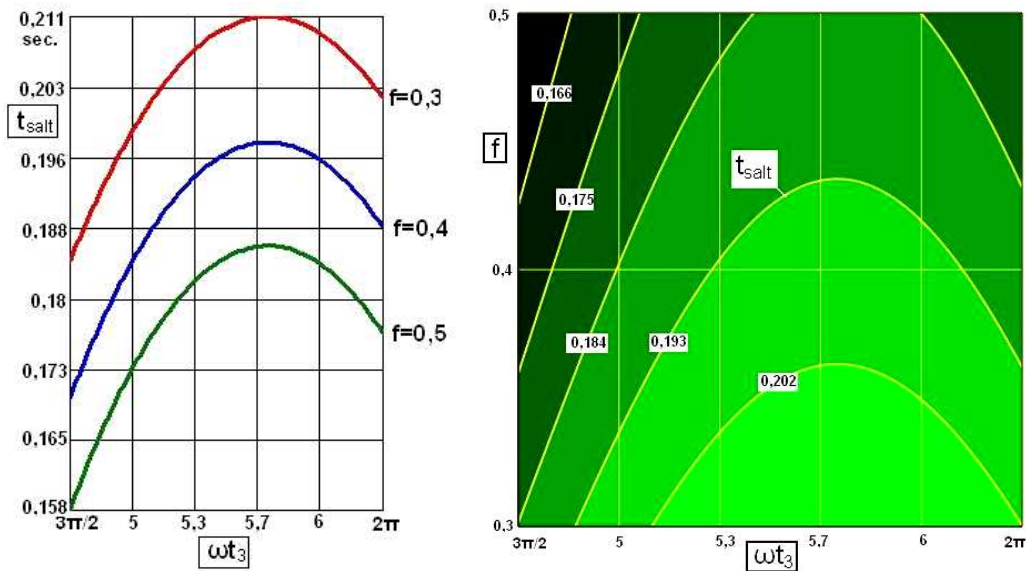


Fig. 4 - Diagrams of function $t_{salt}(\omega t_3, f)$, for $k = 3.2$, $\alpha = 20^\circ$ and $\delta = 0^\circ$ / *Diagramele funcției $t_{salt}(\omega t_3, f)$, pentru $k = 3.2$, $\alpha = 20^\circ$ și $\delta = 0^\circ$*

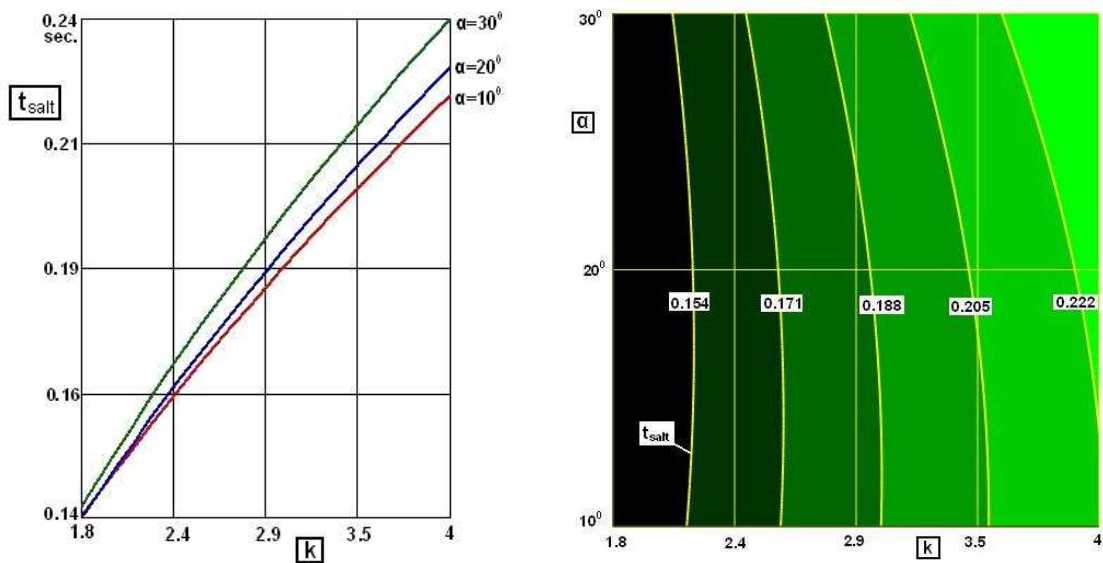


Fig. 5 - Diagrams of function $t_{salt}(k, \alpha)$, for $\omega t_3 = 5.7$, $\delta = 0^\circ$ and $f = 0.4$ / *Diagramele funcției $t_{salt}(k, \alpha)$, pentru $\omega t_3 = 5.7$, $\delta = 0^\circ$ și $f = 0.4$*

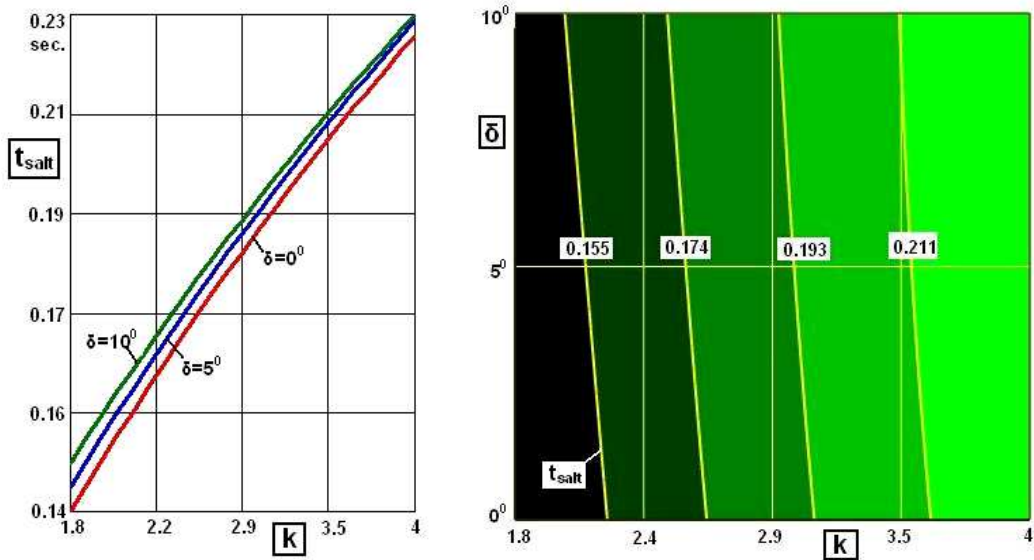


Fig. 6 - Diagrams of function $t_{salt}(k, \delta)$, for $\omega t_3 = 5.7$, $\alpha = 20^\circ$ and $f = 0.4$ / *Diagramele funcției $t_{salt}(k, \delta)$, pentru $\omega t_3 = 5.7$, $\alpha = 20^\circ$ și $f = 0.4$*

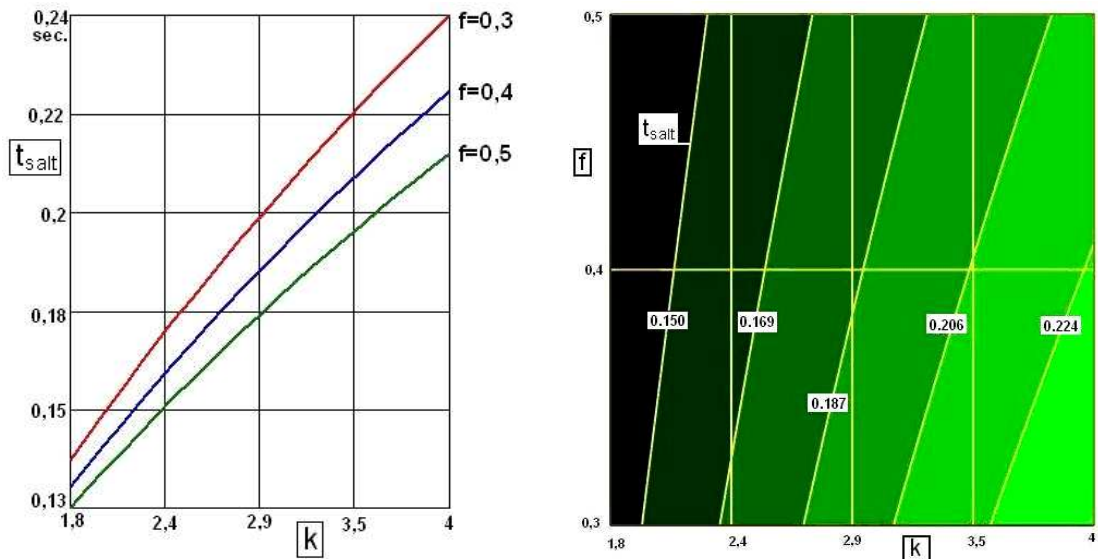


Fig. 7 - Diagrams of function $t_{salt}(k, f)$, for $\omega t_3 = 5.7$, $\delta = 0^\circ$ and $\alpha = 20^\circ$ / *Diagramele funcției $t_{salt}(k, f)$, pentru $\omega t_3 = 5.7$, $\delta = 0^\circ$ și $\alpha = 20^\circ$*

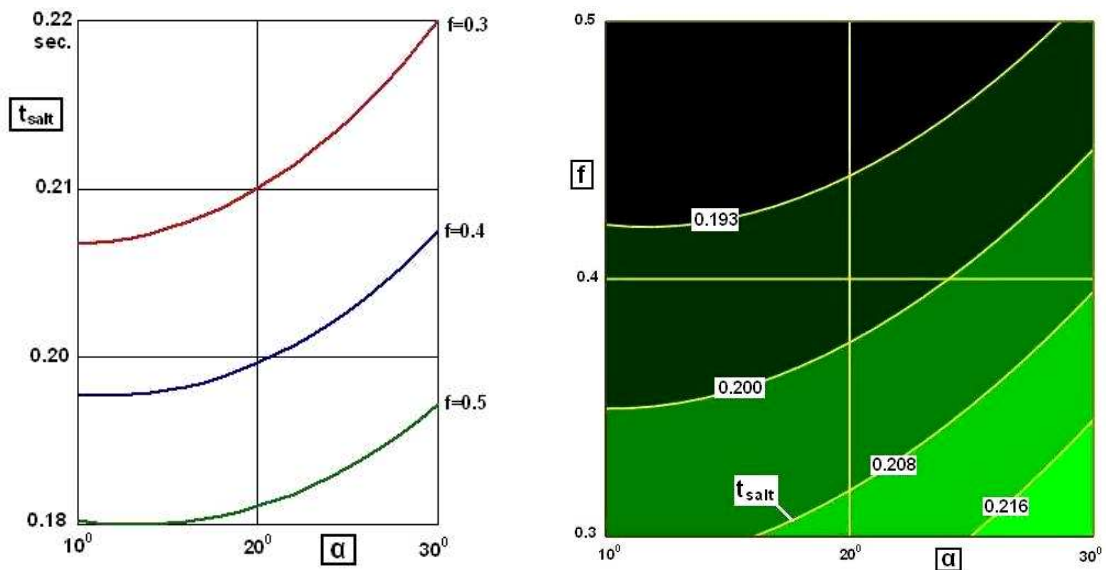


Fig. 8 - Diagrams of function $t_{salt}(\alpha, f)$, for $\omega t_3 = 5.7$, $k = 3.2$ and $\delta = 0^\circ$ / *Diagramele funcției $t_{salt}(\alpha, f)$, pentru $\omega t_3 = 5.7$, $k = 3.2$ și $\delta = 0^\circ$*

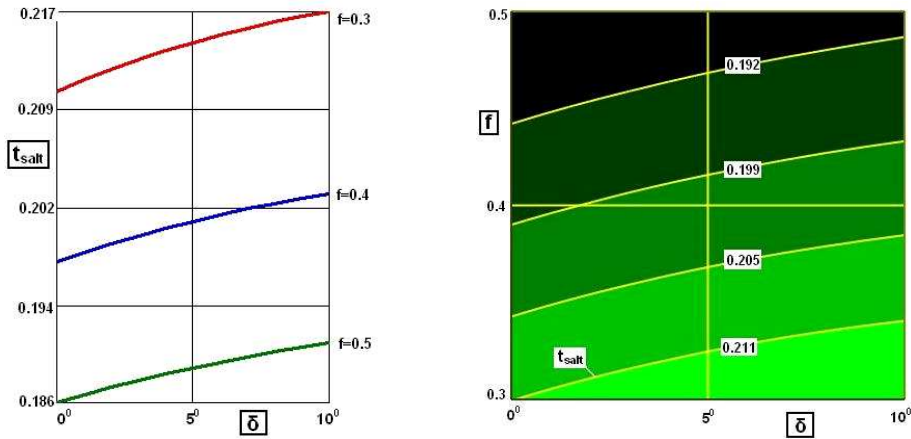


Fig. 9 - Diagrams of function $t_{jump}(\delta, f)$, for $\omega t_3 = 5.7$, $k = 3.2$ and $\alpha = 20^\circ$ / *Diagramele funcției $t_{salt}(\delta, f)$, pentru $\omega t_3 = 5,7$, $k = 3,2$ și $\alpha = 20^\circ$*
 Diagrams of partial functions of the function $t_{jump}(\omega t_3, k, \alpha, \delta, f)$ / *Diagramele funcțiilor parțiale ale funcției $t_{salt}(\omega t_3, k, \alpha, \delta, f)$*

For the calculation on the pile displacement S on the separation zone of the shaking element at a full rotation of the straw walker shaft is used the relationship:

$$S(\omega t_3, k, \alpha, \delta, f) = \frac{r}{\cos \alpha} \left[(\omega t_3 - \omega t_2) \sqrt{1 + c^2 + 2c \cos(\omega t_2 + \delta)} \cos \beta + \cos(\omega t_3 - \alpha) - \cos(\omega t_2 - \alpha) - \frac{c}{2} (\omega t_2 - \omega t_1) \sin(\alpha + \delta) \right] \quad (3)$$

where: S is the size of pile jump on the separation zone of the shaking element at a full rotation of the straw walker axle;

ωt_1 detachment angle of pile from sieve;

Diagrams of partial functions $S(k, \alpha, \delta, f)$, for $r = 0.075$ m and $\omega t_3 = 5.7$, are presented in Figure 2.

Pentru calculul deplasării S a vrafului pe zona de separare a elementului de scuturare la o rotație a axului scuturatorului se folosește relația:

unde: S este mărimea saltului vrafului pe zona de separare a elementului de scuturare la o rotație a axului scuturatorului;

ωt_1 unghiul de desprindere a vrafului de sită;

Diagramele funcțiilor parțiale $S(k, \alpha, \delta, f)$, pentru $r = 0,075$ m și $\omega t_3 = 5.7$, sunt prezentate în figura 2.

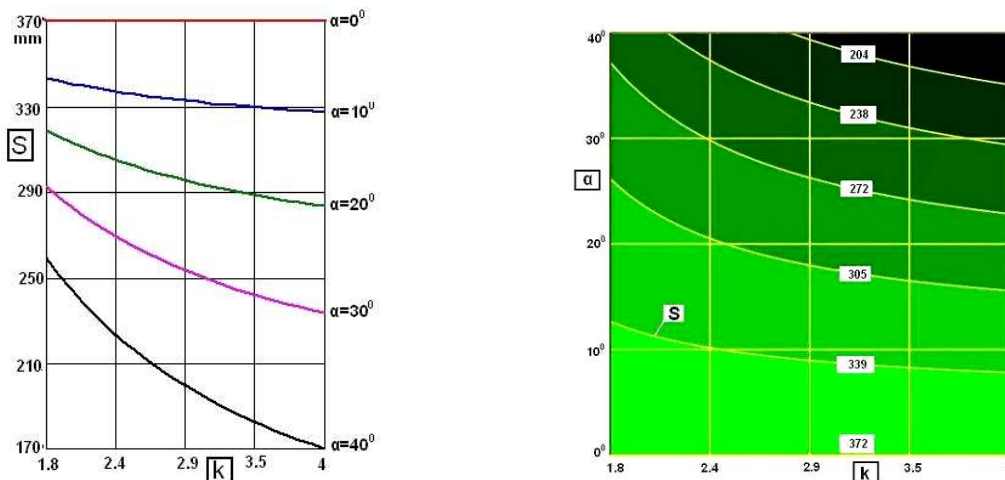


Fig. 10 - Diagrams of function $S(k, \alpha)$, for $\delta = 0^\circ$ and $f = 0.4$ / *Diagramele funcției $S(k, \alpha)$, pentru $\delta = 0^\circ$ și $f = 0,4$*

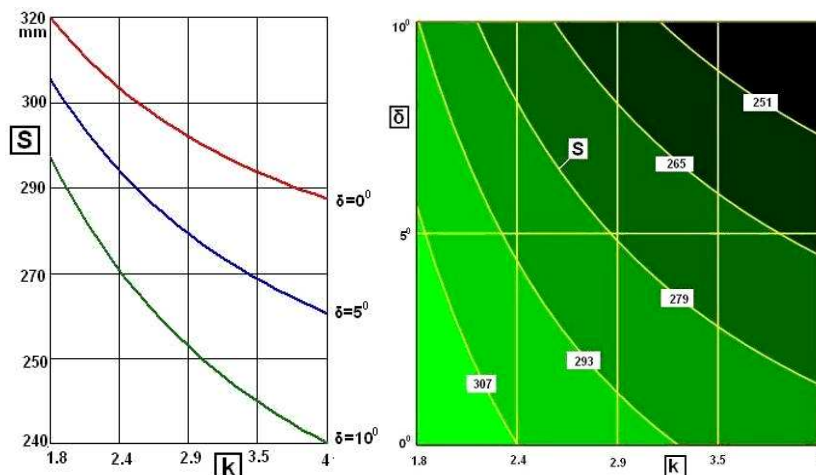


Fig. 11 - Diagrams of function $S(k, \delta)$, for $\alpha = 20^\circ$ and $f = 0.4$ / *Diagramele funcției $S(k, \delta)$, pentru $\alpha = 20^\circ$ și $f = 0,4$*

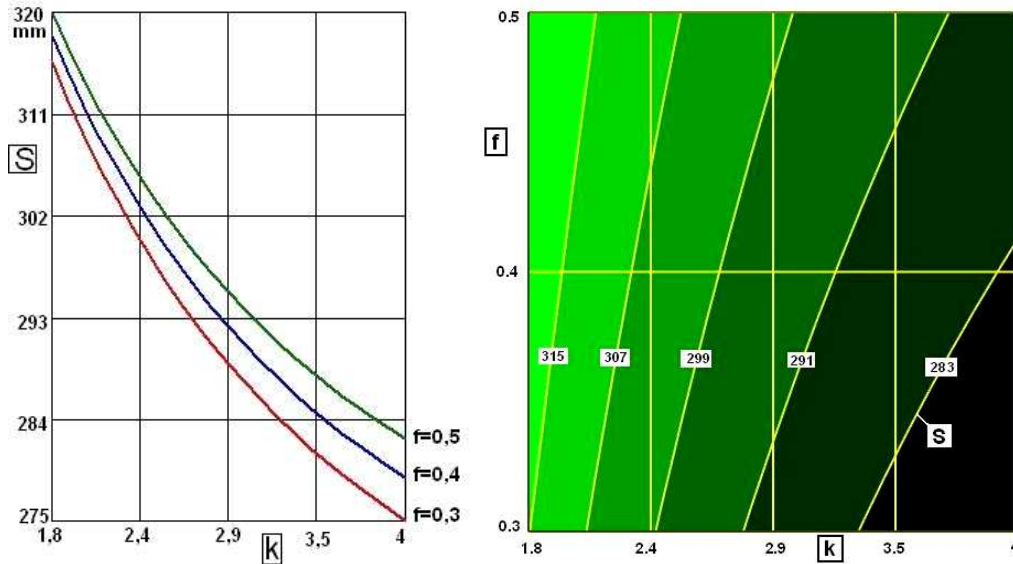


Fig. 12 - Diagrams of function $S(k, f)$, for $\alpha = 20^\circ$ and $\delta = 10^\circ$ / *Diagramele funcției $S(k, f)$, pentru $\alpha = 20^\circ$ și $\delta = 10^\circ$*

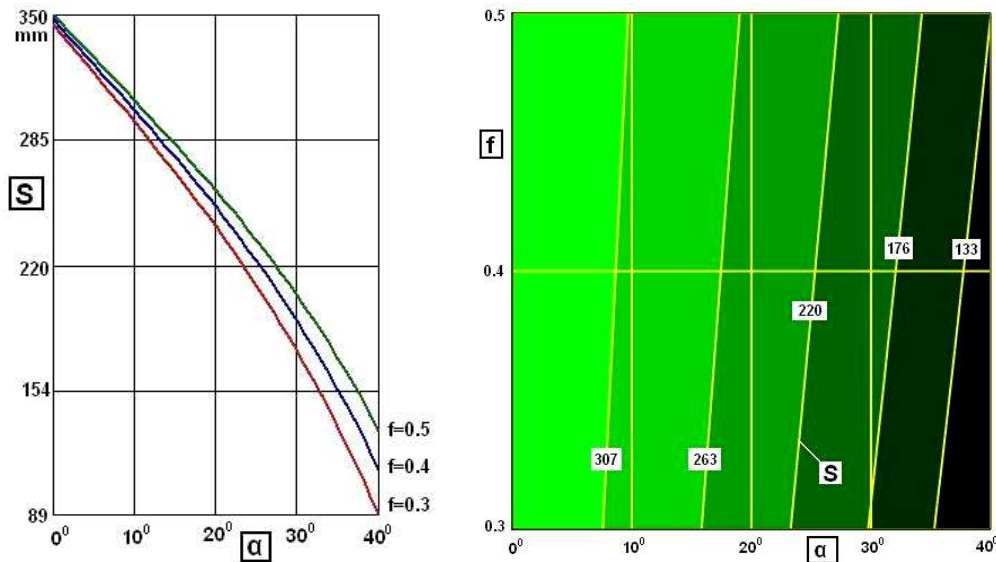


Fig. 13 - Diagrams of function $S(\alpha, f)$, for $k = 3,2$ and $\delta = 10^\circ$ / *Diagramele funcției $S(\alpha, f)$, pentru $k = 3,2$ și $\delta = 10^\circ$*

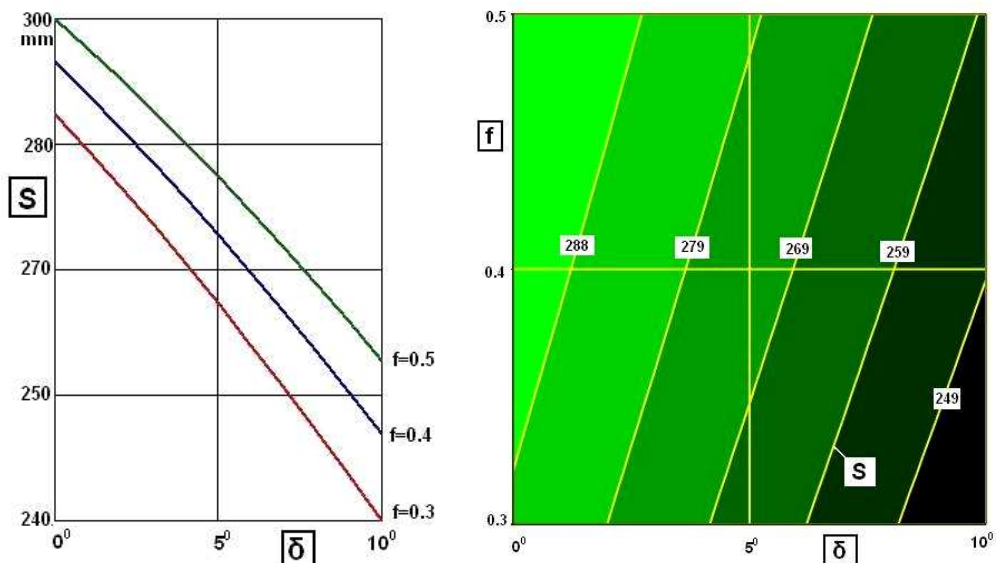


Fig. 14 - Diagrams of function $S(\delta, f)$, for $k = 3,2$ and $\alpha = 20^\circ$ / *Diagramele funcției $S(\delta, f)$, pentru $k = 3,2$ și $\alpha = 20^\circ$*
 Diagrams of partial functions $S(k, \alpha, \delta, f)$, for $r = 0,075$ m and $\omega t_3 = 5,7$ / *Diagramele funcțiilor parțiale $S(k, \alpha, \delta, f)$, pentru $r = 0,075$ m și $\omega t_3 = 5,7$*

RESULTS

From the analysis of partial functions follows that the function $t_{jump}(\omega t_3, k, \alpha, \delta, f)$ is:

- increasing according to the kinematic regime k ;
- increasing according to the angle α of sieves relative to the horizontal;
- increasing according to the angle δ of cascades, active side of jagged edge of the trough and active side of thresholds of separation sieves related to the vertical of sieves plane;
- decreasing depending on the friction coefficient f ;
- the function has a maximum point for $\omega t_3=5.7$, compared with all the other variables.

CONCLUSIONS

From the analyses of functions diagrams presented in this article follows that for increasing the separation process intensity of seeds in the pile the following rules must be respected in the construction of straw walkers on two axes:

- o constructive solutions should lead to the reduction of the friction coefficient of pile on the straw walker, this having the greatest influence on the separation process of seeds;
- o for $\delta=0^\circ$ and a friction coefficient of $f=0.4$ (coefficient usually taken into account), the kinematic regime of the straw walker must be greater than $k=3.2$ and sieves separation angle related to the horizontal must be greater than $\alpha=24^\circ$;
- o for $\delta=10^\circ$ and a friction coefficient $f=0.4$, the kinematic regime of the straw walker must be greater than $k=3.2$, and the sieves separation angle related to the horizontal must be greater than $\alpha=20^\circ$.

REFERENCES

- [1]. Ivan Gh., Nedelcu M. (2010) - *Theoretical study of pile displacement on the straw walker of conventional combine harvesters* (Part one), INMATEH - AGRICULTURAL ENGINEERING, vol. 31, no. 2, pag. 5-10, Bucharest;
- [2]. Ivan Gh., Nedelcu M. (2010) - *Theoretical study of pile displacement on the straw walker of conventional combine harvesters* (Part two), INMATEH - AGRICULTURAL ENGINEERING, vol. 32, no. 3, pag. 43-50, Bucharest;
- [3]. Ivan Gh., Nedelcu M. (2011) - *Theoretical study of pile displacement on the straw walker of conventional combine harvesters* (Part three), INMATEH - AGRICULTURAL ENGINEERING, vol. 33, no. 1, pag. 43-48, Bucharest;
- [4]. Krasnicenko A.V. (1962-1964) - *Handbook of Agricultural Machinery Builder* - vol. 2, Technical Publishing House Bucharest, Romania, pg. 388-394;
- [5]. Letosnev M.N. (1959) - *Agricultural Machinery*, State Agro-Forestry Publishing House, Bucharest, Romania, pg. 423-510;
- [6]. Neculaiasa V., Dănilă I. (1986) - *Grain Harvesting Machinery*, Publishing House of Polytechnic Institute of Iasi, Romania.
- [7]. Vlăduț V., Ganea I., Biriș S., Bungescu S. (2005) -

REZULTATE

Din analiza funcțiilor parțiale rezultă că funcția $t_{salt}(\omega t_3, k, \alpha, \delta, f)$ este:

- crescătoare în funcție de regimul cinematic k ;
- crescătoare în funcție de unghiul α al sitelor în raport cu orizontala;
- crescătoare în funcție de unghiul δ al cascadelor, părții active a marginii zimțate a jgheabului și părții active a pragurilor sitelor de separare în raport cu verticala planului sitelor;
- descrescătoare în funcție de coeficientul de frecare f ;
- funcția are un punct de maxim pentru $\omega t_3=5.7$, în raport cu toate celelalte variabile.

CONCLUZII

Din analizele diagramelor funcțiilor prezentate în acest articol rezultă că pentru creșterea intensității procesului de separare a semințelor din vraf trebuie să fie respectate următoarele reguli în construcția scuturătoarelor cu cai pe două axe:

- o soluțiile constructive trebuie să conducă la micșorarea coeficientului de frecare a vrafului pe scuturător, acesta având influența cea mai mare asupra procesului de separare a semințelor;
- o pentru $\delta=0^\circ$ și un coeficient de frecare $f=0.4$ (coeficient luat în calcul în mod obișnuit), regimul cinematic al scuturătorului trebuie să fie mai mare de $k=3.2$, iar unghiul sitelor de separare în raport cu orizontala trebuie să fie mai mare de $\alpha = 24^\circ$;
- o pentru $\delta=10^\circ$ și un coeficient de frecare $f=0.4$, regimul cinematic al scuturătorului trebuie să fie mai mare de $k=3.2$, iar unghiul sitelor de separare în raport cu orizontala trebuie să fie mai mare de $\alpha=20^\circ$.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Ivan Gh., Nedelcu M. (2010) - *Studiul teoretic al deplasării vrafului pe scuturatorul combinelor convenționale de recoltat cereale* (Partea întâi), INMATEH - AGRICULTURAL ENGINEERING, vol. 31, nr. 2, pag. 5-10, București;
- [2]. Ivan Gh., Nedelcu M. (2010) - *Studiul teoretic al deplasării vrafului pe scuturatorul combinelor convenționale de recoltat cereale* (Partea a doua), INMATEH - AGRICULTURAL ENGINEERING, vol. 32, nr. 3, pag. 43-50, București;
- [3]. Ivan Gh., Nedelcu M. (2011) - *Studiul teoretic al deplasării vrafului pe scuturatorul combinelor convenționale de recoltat cereale* (Partea a treia), INMATEH - AGRICULTURAL ENGINEERING, vol. 33, nr. 1, pag. 43-48, București;
- [4]. Krasnicenko A.V. (1962-1964) - *Manualul constructorului de Mașini Agricole* - vol. 2, Editura Tehnică București, pag. 388-394;
- [5]. Letoșnev M.N. (1959) - *Mașini agricole*, Editura Agrosilvică de Stat-București, p. 423-510;
- [6]. Neculaiasa V., Dănilă I. (1986) - *Mașini de recoltat cereale*, Institutul Politehnic Iași;
- [7]. Vlăduț V., Ganea I., Biriș S., Bungescu S. (2005) -

Analysis of straw walker working process and of material movement on the oscillating elements, INMATEH 2005 - I, pag. 161÷168, ISSN 1583-1019, Bucharest - Romania.

Analiza procesului de lucru al scuturătorului și a mișcării materialului pe elementele oscilante, INMATEH 2005 - I, pag. 161÷168, ISSN 1583-1019, București - România.