

THEORETICAL STUDY OF PILE DISPLACEMENT ON STRAW WALKER OF CONVENTIONAL COMBINE HARVESTERS

STUDIUL TEORETIC AL DEPLASĂRII VRAFULUI PE SCUTURĂTORUL COMBINELOR CONVENȚIONALE DE RECOLTAT CEREALE

Ph.D. Eng. Ivan Gh.¹⁾, Ph.D. Eng. Nedelcu M.¹⁾

¹⁾ INMA Bucharest

Tel: 021 269 32 55; Fax: 021/269.32.73; E-mail: geoivan2006@yahoo.com

Abstract: The conventional harvesting combines for cereal comprise a shaker aiming (straw walkers) to separate the seeds out of straws coming from the threshing apparatus. The working capacities of the straw walkers and implicitly of harvesting combine depend on the configuration and kinematic regime of shaker. The aim of the study is to determine these characteristics based on a mathematical model of pile movement on this type of straw walker. Theoretical research in this area do not realize totally this mathematical model. The article presents the first part of the study.

Keywords: harvesting combine, pile displacement, straw walkers.

INTRODUCTION

The straw walkers on two axes is one of the main working parts of a conventional cereal harvesting combine. It is positioned in the technological flow of these combines between the tangential threshing device and the cleaning system (Fig.1).

Rezumat: Combinaele convenționale de recoltat cereale au în componență un sistem de scuturare (scuturător) care separă semințele din vraful rezultat de la aparatul de treier. Capacitatea de lucru a sistemului de scuturare și implicit a combinei de recoltat depinde de caracteristicile constructive și funcționale ale acestuia. Obiectivul studiului este determinarea acestor caracteristici pe baza unui model matematic al deplasării vrafului pe acest tip de scuturător. Cercetările teoretice din acest domeniu nu realizează în totalitate acest model matematic. Articolul prezintă prima parte a studiului.

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

INTRODUCERE

Scuturătorul cu cai pe două axe este unul dintre organele principale de lucru ale combinelor convenționale de recoltat cereale. Este poziționat în cadrul fluxului tehnologic al acestor combine între aparatul de treier tangențial și sistemul de curățire (fig.1).

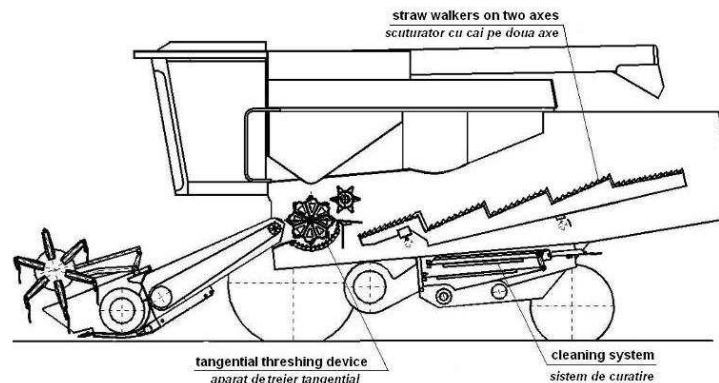


Fig. 1 - Main working parts of a conventional cereal harvesting combine / Organele principale ale unei combine convenționale de recoltat cereale

Vegetal mass arrived on straw walkers on two axes (Fig. 2) from the threshing device, is a mixture of long straw, short straws, hulls and seeds. This mixture called pile undergoes regular snatches to release seeds and straws separation, directing them to the cleaning system and removal of straws from the combine with as small losses in grains [4,5].

Masa vegetală, ajunsă pe scuturătorul cu cai (fig.2) de la aparatul de treier, este un amestec format din paie lungi, paie scurte, pleavă și semințe. Acest amestec, denumit vraf, este supus unor scuturări periodice în vederea eliberării și separării semințelor din paie, dirijarea acestora către sistemul de curățire și evacuarea paielor din combină, cu pierderi de semințe cât mai mici [4,5].

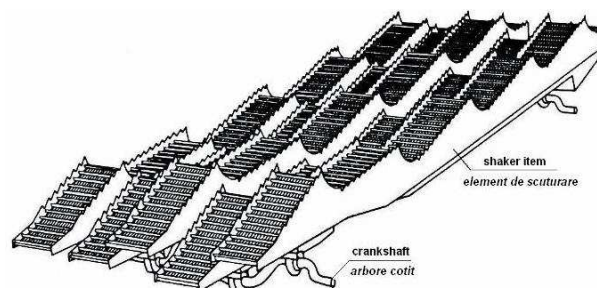


Fig. 2 – Straw walkers on two axes / Scuturător cu cai pe două axe

To current conventional combines the two-axe straw walker consist of 4-8 shaker elements (the straw walkers) and two crankshafts (called axes), in which the back is for power of straw walker. The shaker elements (Fig.3) are made of tin, a length of 3.3+4.6m, width of an item being 0.21+0.28m, have in composition a number of cascades and sieves for seed separation and are usually, in trough cross-section in form of chute. The chute has side walls with jagged edges for retaining and advancing of the pile on the shaking elements. If the shaking elements are not provided with chutes, underneath is an inclined plane for directing the components separated through sieves to the cleaning system. The shaker elements have a plane-parallel motion, any point in doing circles of radius equal to radius arrangement of crankpin journals of straw walker crankshafts and comprises three functional areas: supply, separation and disposal. On all functional areas is carrying out the separation of seeds from pile, but the separation area has the optimal constructive characteristics necessary for separation.

La combinele convenționale actuale, scuturătorul cu cai pe două axe este compus din 4-8 elemente de scuturare (denumite cai) și doi arbori cotiți (denumiți axe), din care cel posterior este pentru acționarea scuturătorului. Elementele de scuturare (fig.3) sunt executate din tablă, au lungimea de 3,3+4,6m, lățimea unui element fiind de 0,21+0,28m, au în compunere un număr de cascade și site de separare a semințelor și sunt, de regulă, în secțiune transversală sub formă de jgheab. Jgheabul are pereții laterali cu marginile zimțate pentru reținerea și avansul vrafului pe elementele de scuturare. În cazul în care elementele de scuturare nu sunt prevăzute cu jgheaburi, sub acestea se află un plan înclinat pentru dirijarea componentelor separate prin site către sistemul de curățire. Elementele de scuturare au o mișcare plan-paralelă, orice punct efectuând cercuri de rază egală cu raza de dispunere a manetonelor arborilor cotiți ai scuturătorului și au în compunere trei zone funcționale: alimentare, separare și evacuare. Pe toate zonele funcționale se realizează separarea semințelor din vraf, dar zona de separare are caracteristicile constructive optime necesare separării.

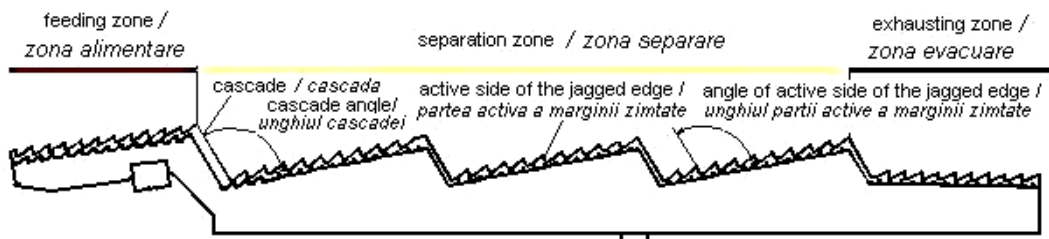


Fig. 3 - Representation of functional areas of a shaking element / *Reprezentarea zonelor funcționale ale unui element de scuturare*

The shakers of current harvester combines are with independent straw walkers, which shaking elements are extended circular some over others with different angles, each element acting only on the pile found above him. These straw walkers are indicated in the case of pile with short straws, result from the threshing machines with multiple rotors of current harvester combines.

In Figure 4 is represented the trajectory of displacement of the pile located on separation area of an shaker element, at a complete rotation of the crankshaft, for a cascade and the active part of jagged edges which make with the separation sieve an angle of $90^\circ + \delta$.

Scuturătoarele combinelor actuale sunt scuturătoare cu cai independenți, care au elementele de scuturare decalate circular unele față de altele cu unghiuri diferite, fiecare element acționând numai asupra vrafului aflat deasupra lui. Aceste scuturătoare sunt indicate în cazul vrafului cu paie scurte, rezultat din aparatele de treier cu rotoare multiple ale combinelor actuale.

În figura 4 este reprezentată traiectoria deplasării vrafului aflat pe zona de separare a unui element de scuturare, la o rotație completă a arborelui cotit, pentru o cascade și partea activă a marginilor zimțate ale jgheaburilor care fac cu sita de separare un unghi $90^\circ + \delta$.

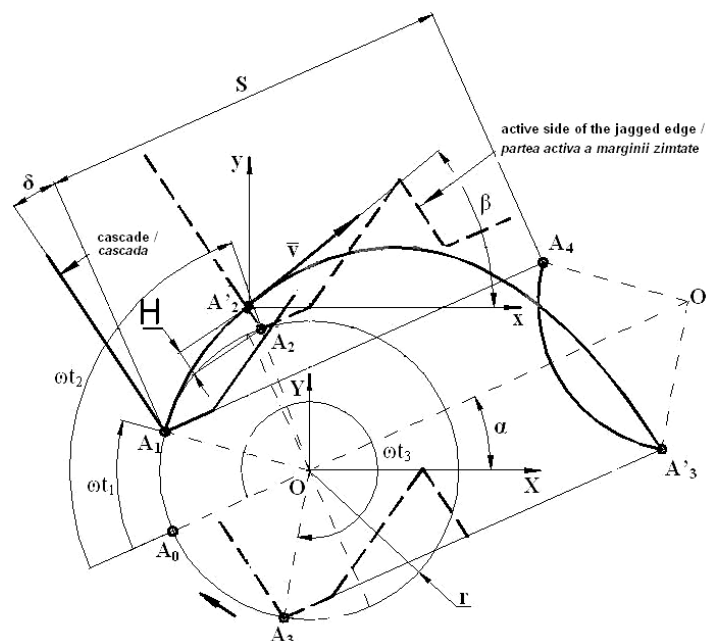


Fig. 4 - Trajectory of the pile displacement on the separation area of an element of shaking at a complete rotation / *Traiectoria deplăsării vrafului pe zona de separare a unui element de scuturare la o rotație completă*

MATERIALS AND METHOD

The pile displacement on the shaker element is done in the following successive stages:

1. the pile is compressed on the shaker element [A₃A₁];
2. the pile detaches from the sieve and slide on the cascade [A₁A₂];
3. pile jumping [A₂A₃];

The diagram of forces acting on a particle of pile driven by cascade and by the active side of jagged edges of the shaker element, found in Section A₁, is shown in Figure 5.

MATERIALE ȘI METODĂ

Deplasarea vrafului pe elementul de scuturare se face în următoarele etape succesive:

1. vraful se comprimă pe elementul de scuturare [A₃A₁];
2. vraful se desprinde de sită și alunecă pe cascada [A₁A₂];
3. saltul vrafului [A₂A₃];

Diagrama forțelor care acționează asupra unei particule de vraf antrenată de cascada și de partea activă a marginilor zimțate ale elementului de scuturare, aflat în punctul A₁, este prezentată în figura 5.

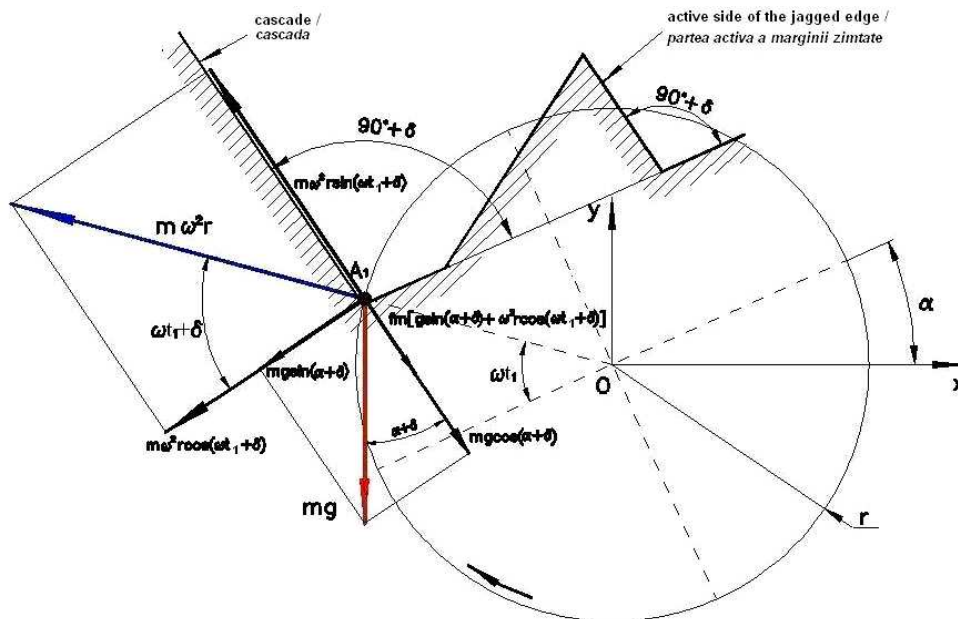


Fig.5 - Diagram of forces acting on a particle of pile located on the shaker element, in the point A₁ / Diagrama forțelor care acționează asupra unei particule de vraf aflată pe elementul de scuturare, în punctul A₁

Within the range [A₀ A₁], the pile located on the sieve is compressed by the shaker element which is rising. To find the angle of detachment of the pile from sieve ωt_1 , place the equilibrium condition of forces acting on the particle pile in the point A₁:

$$m\omega^2 r \sin(\omega t_1 + \delta) = mg \cos(\alpha + \delta) + fm [g \sin(\alpha + \delta) + \omega^2 r \cos(\omega t_1 + \delta)] \quad (1)$$

Results the value of the angle of separation of straw from the sieve ωt_1 :

$$\omega t_1(k, \alpha, \delta, f) = \arccos \frac{\sqrt{k^2(1+f^2) - [\cos(\alpha + \delta) + f \sin(\alpha + \delta)]^2} - f[\cos(\alpha + \delta) + f \sin(\alpha + \delta)]}{k(1+f^2)} - \delta \quad (2)$$

where: ωt_1 is the separation angle of the pile from sieve;
 m – mass of a pile particle;
 ω – angular velocity of the shaker element;
 r – ordering range of the crankshaft journals of the straw walker;
 α – inclination of the separation sieve to the horizontal;
 δ – angle of cascade and active part of the jagged edges in relation to the verical of the sieve;
 f – friction coefficient of the pile on cascade ($f = 0,3 \div 0,5$ at a seed moisture of 6÷28%);
 k – kinematic regime of the straw walker $k = \omega^2 r/g$ (to current combines $k = 1,89 \div 4,06$);
 g – gravitational acceleration;
 For $f = 0,4$ and $\delta = 0^\circ$, function diagrams $\omega t_1(k, \alpha)$ are shown in Figure 6.

Pe intervalul [A₀ A₁], vraful aflat pe sită este comprimat de elementul de scuturare în urcare. Pentru a afla unghiul de desprindere a vrafului de sită ωt_1 , se pune condiția de echilibru a forțelor care acționează asupra particulei de vraf, în punctul A₁:

Rezultă valoarea unghiului de desprindere a paielor de sită ωt_1 :

unde: ωt_1 este unghiul de desprindere a vrafului de sită;
 m – masa particulei de vraf;
 ω – viteza unghiulară a elementului de scuturare;
 r – raza de dispunere a manetoanelor arborelui cotit al scuturătorului;
 α – unghiul de înclinare al sitei de separare în raport cu orizontala;
 δ – unghiul cascadei și părții active a marginilor zimțate în raport cu vericala sitei;
 f – coeficientul de frecare al vrafului pe cascada ($f = 0,3 \div 0,5$ la o umiditate a semințelor de 6÷28%);
 k – regimul cinematic al scuturătorului $k = \omega^2 r/g$ (la combinele actuale $k = 1,89 \div 4,06$);
 g – accelerația gravitațională;
 Pentru $f = 0,4$ și $\delta = 0^\circ$, diagramele funcției $\omega t_1(k, \alpha)$ sunt prezentate în figura 6.

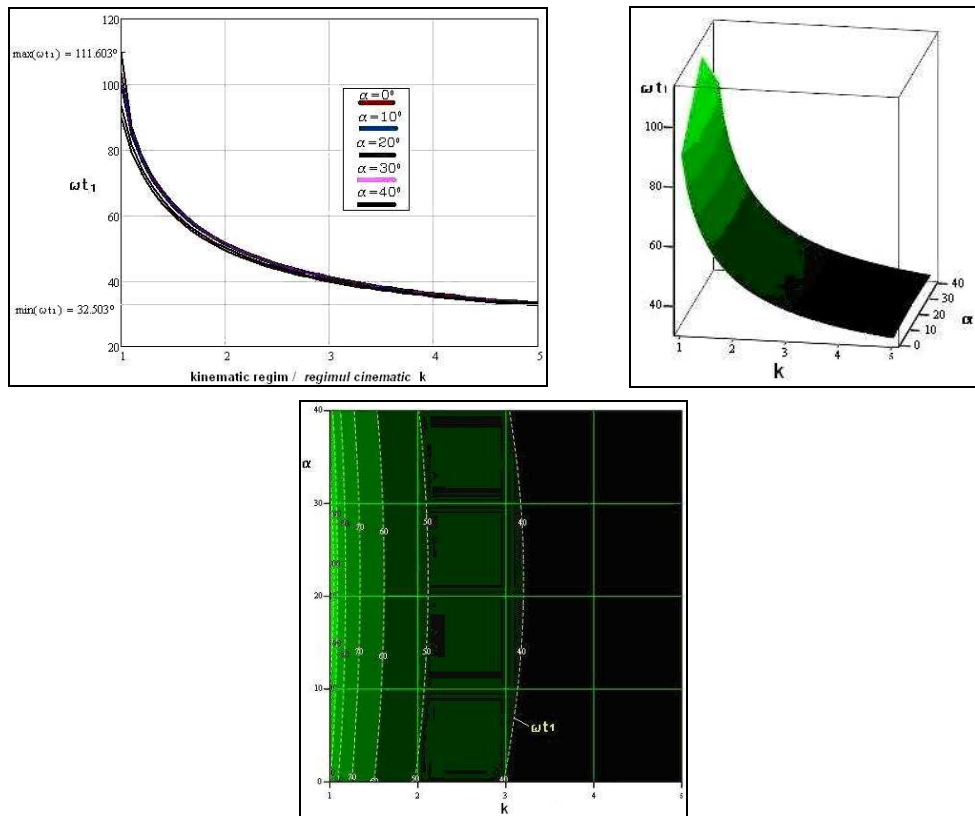


Fig. 6 - $\omega t_1(k, \alpha)$ function charts, for $f = 0,4$ and $\delta = 0^\circ$ / Diagramele funcției $\omega t_1(k, \alpha)$, pentru $f = 0,4$ și $\delta = 0^\circ$

According to the diagrams in Figure 6, for kinematic regimes of the straw walkers of current combines, detachment angle of the pile from sieve ωt_1 varies inversely with kinematic regime k , influence of sieve angle α to the horizontal being very low.

For $f = 0,4$ și $\alpha = 24^\circ$, function charts $\omega t_1(k, \delta)$ are shown in Figure 7.

Conform diagramelor din figura 6, pentru regimurile cinematice ale scuturătoarelor combinelor actuale, unghiul de desprindere a vrafului de sită ωt_1 variază invers proporțional cu regimul cinematic k , influența unghiului sitei în raport cu orizontala α fiind foarte redusă.

Pentru $f = 0,4$ și $\alpha = 24^\circ$, diagramele funcției $\omega t_1(k, \delta)$, sunt prezentate în figura. 7

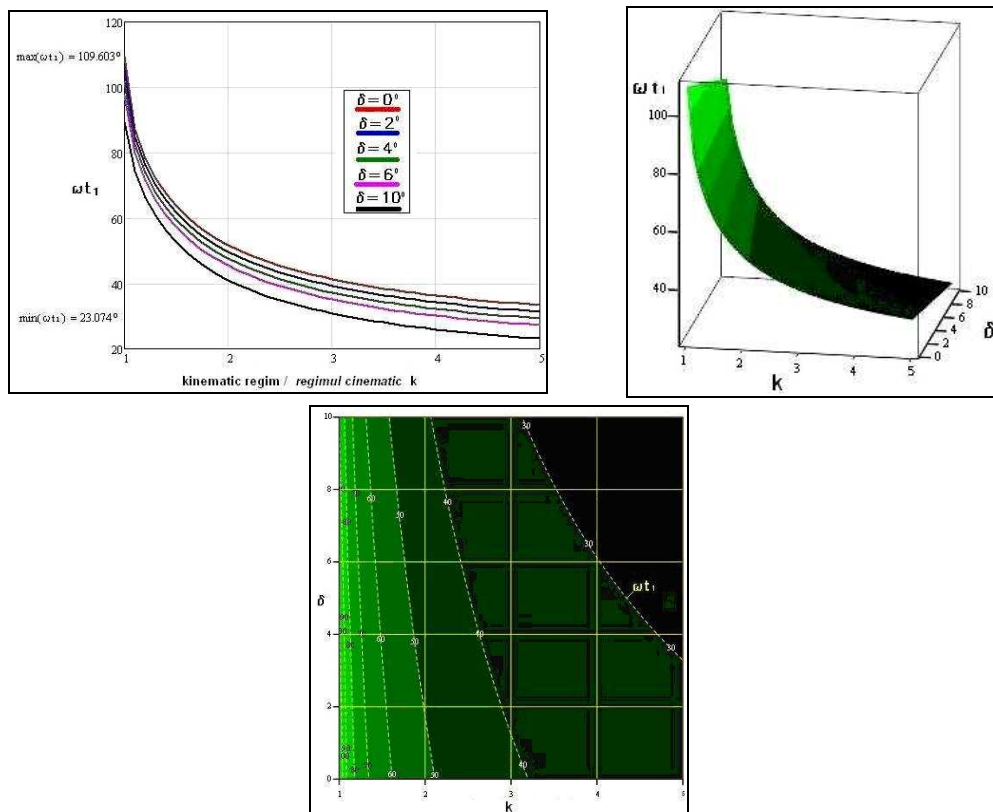


Fig. 7 - $\omega t_1(k, \delta)$ function charts, for $f = 0,4$ and $\alpha = 24^\circ$ / Diagramele funcției $\omega t_1(k, \delta)$, pentru $f = 0,4$ și $\alpha = 24^\circ$

According to the diagrams in Figure 7, detachment angle of the pile from sieve ωt_1 varies inversely with kinematic regime k and with cascade angle δ , size of the latter having an important influence on the value of angle ωt_1 .

For $\alpha = 24^\circ$ and $\delta = 0^\circ$, function charts $\omega t_1(k, f)$ are shown in Figure 8.

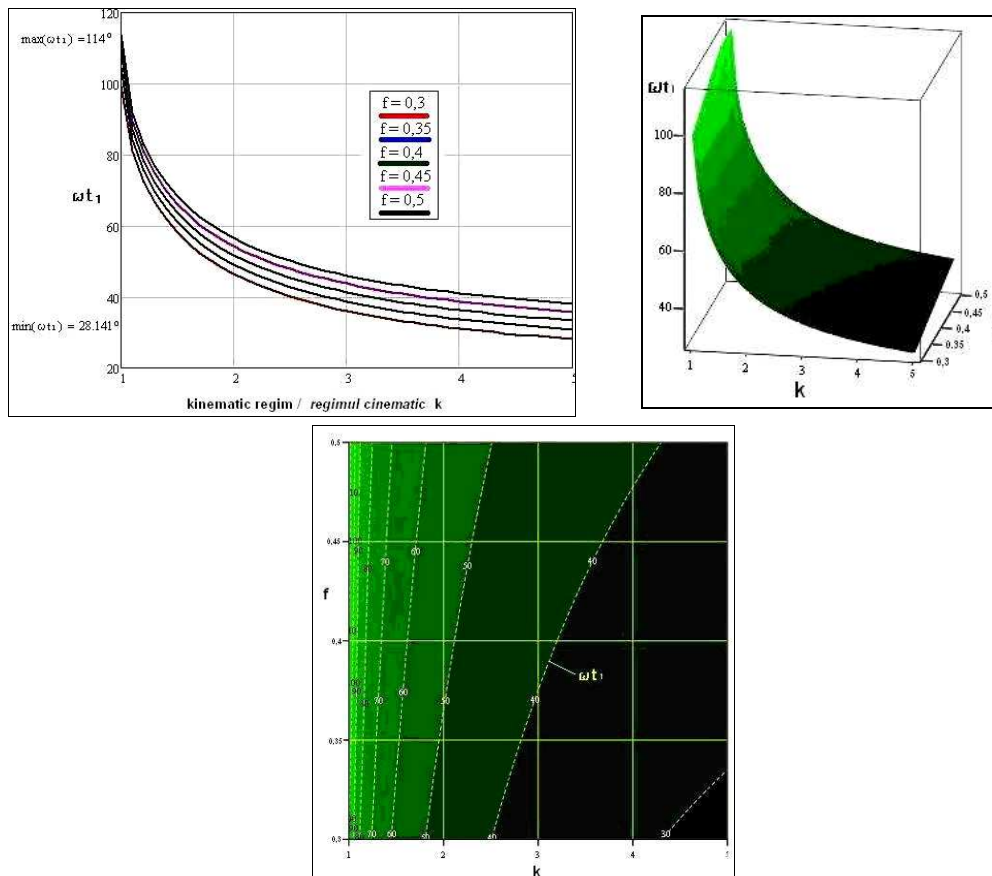


Fig. 8 - $\omega t_1(k, f)$ function chart for $\alpha = 24^\circ$ and $\delta = 0^\circ$ / Diagrama funcției $\omega t_1(k, f)$, pentru $\alpha = 24^\circ$ și $\delta = 0^\circ$

According to the diagrams in Figure 8, detachment angle of the pile from sieve ωt_1 varies inversely with kinematic regime k and directly proportional to the friction coefficient f , the size of the latter having an important influence on the value of angle ωt_1 .

RESULTS

Analyzing the diagrams in Figures 6, 7, 8, follows:

- ωt_1 angle varies inversely with kinematic regime k and the angle δ ;
- ωt_1 angle varies in direct proportion to the coefficient of friction f ;
- angle α has very little influence on the angle ωt_1 ;
- angle of friction δ and f have an important influence on the angle ωt_1 ;

Seed release from pile is even better since it is longer in motion against the shaker element [6] and therefore the detachment angle of the pile from sieve ωt_1 must be minimized. Analyzing Figures 6, 7 and 8, it follows that for an angle of separation sieves against the horizontal α , chosen from considerations on the location of straw walkers on the combine, kinematic regime k must be as large and angle between the cascade and the active side of jagged edges against the vertical of the separation sieve $\delta > 0$. Also, friction coefficient f must be as small.

Conform diagramelor din figura 7, unghiul de desprindere a vrafului de sită ωt_1 variază invers proporțional cu regimul cinematic k și unghiul cascadei δ , mărimea acestuia din urmă având o influență importantă asupra valorii unghiului ωt_1 .

Pentru $\alpha = 24^\circ$ și $\delta = 0^\circ$, diagramele funcției $\omega t_1(k, f)$ sunt prezentate în figura 8.

Conform diagramelor din figura 8, unghiul de desprindere a vrafului de sită ωt_1 variază invers proporțional cu regimul cinematic k și direct proporțional cu coeficientul de frecare f , mărimea acestuia din urmă având o influență importantă asupra valorii unghiului ωt_1 .

REZULTATE

Din analiza diagramelor din figurile 6, 7, 8, rezultă:

- unghiul ωt_1 variază invers proporțional cu regimul cinematic k și unghiul δ ;
- unghiul ωt_1 variază direct proporțional cu coeficientul de frecare f ;
- unghiul α are o influență foarte redusă asupra unghiului ωt_1 ;
- unghiul δ și coeficientul de frecare f au o influență importantă asupra unghiului ωt_1 ;

Eliberarea semințelor din vraf este cu atât mai bună cu cât acesta se află mai mult timp în mișcare în raport cu elementul de scuturare [6], prin urmare valoarea unghiului de desprindere a vrafului de sită ωt_1 trebuie să fie cât mai redusă. Din analiza figurilor 6, 7 și 8, rezultă că pentru un unghi al sitelor de separare în raport cu horizontala α , ales din considerente privind amplasarea scuturătorului pe combină, regimul cinematic k trebuie să fie cât mai mare și unghiul cascadei și părții active a marginilor zimțate în raport cu verticala sitei de separare $\delta > 0$. De asemenea, coeficientul de frecare f trebuie să fie cât mai mic.

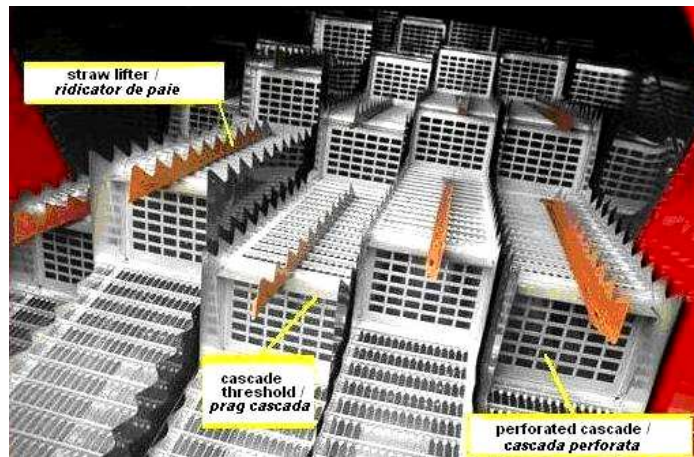


Fig. 9 - Wrong constructive solutions for the cascades of the shaking elements/
Soluții constructive greșite pentru cascadele elementelor de scuturare

CONCLUSIONS

Following the presented, building of shaking elements should avoid the existence of thresholds from the top of the cascades, straw lifters mounted above the cascades and perforation of cascade walls, all these preventing the pile movement and therefore seed release (fig. 9).

The straw lifters are needed on the separation area of shaking elements provided by plan separation sieves, but the lifters must not exceed the upper side of the cascades.

BIBLIOGRAPHY

1. Ivan Gh., Popescu S. (2008) - *A new theory regarding the vegetal matter displacement on shaker straw walkers disposed on two axes at conventional harvesting combines*, 10th. International congress on Mechanization and Eney in Agriculture, 175-178, ISBN: 978-975-7666-93-6, Antalya - Turkiye;
2. Ivan Gh. (2009) - *Improving shaking Systems of cereal harvesting combines*, Ed."Terra Nostra", Iasi, ISBN: 978-973-1888-29-3;
3. Ivan Gh., Ganea I. (2009) – *Considerations on the shaking process at the conventional cereal harvesting combines*, *Agricultural Engineering*, p. 381-386, ISSN: 0083-5569, Hannover;
4. Krasnicenko A.V. (1962-1964) - *Handbook of Agricultural Machinery Builder* – vol. 2, p. 388-394, Technical Publishing House Bucharest;
5. Letoșnev M.N. (1959) - *Agricultural Machinery*, p. 423-510, State Agro-Forestry Publishing House, Bucharest;
6. Neculaiasa V., Dănilă I. (1986) - *Grain Harvesters*, Polytechnic Institute of Iasi.

CONCLUZII

Ca urmare a celor prezentate, construcția elementelor de scuturare trebuie să evite existența pragurilor din partea superioară a cascadeelor, ridicătorii de paie montați deasupra cascadeelor și perforarea pereților cascadeelor, toate acestea împiedicând mișcarea vrafului și prin urmare eliberarea semințelor (fig.9).

Ridicătoarii de paie sunt necesari pe zona de separare a elementelor de scuturare prevăzute cu site de separare plane, dar ridicătorii nu trebuie să depășească partea superioară a cascadeelor.

BIBLIOGRAFIE

1. Ivan Gh., Popescu S. (2008) - *O noua teorie cu privire la deplasarea materialului vegetal pe scuturatorul cu cai pe doua axe la combinele convenționale de recoltat*, 10th International congress on Mechanization and Eney in Agriculture, p.175-178, ISBN: 978-975-7666-93-6, Antalya – Turkiye;
2. Ivan Gh. (2009) - *Îmbunătățirea sistemelor de scuturare al combinelor de recoltat cereale*, Ed."Terra Nostra", Iasi, ISBN: 978-973-1888-29-3;
3. Ivan Gh., Ganea I. (2009) – *Considerații asupra procesului de scuturare la combinele convenționale de recoltat cereale*, *Agricultural Engineering*, p. 381-386, ISSN: 0083-5569, Hanovra;
4. Krasnicenko A.V. (1962-1964) - *Manualul constructorului de Mașini Agricole* – vol. 2, p. 388-394, Editura Tehnică București;
5. Letoșnev M.N. (1959) - *Mașini agricole*, pag. 423-510, Editura Agrosilvică de Stat-București;
6. Neculaiasa V., Dănilă I. (1986) - *Mașini de recoltat cereale*, Institutul Politehnic Iași.