

# KINEMATIC STUDY OF THRESHING PROCESS CONDUCTED BY TANGENTIAL THRESHING SYSTEM OF CONVENTIONAL CEREAL HARVESTING COMBINES

## STUDIUL CINEMATIC AL PROCESULUI DE TREIER REALIZAT DE APARATUL DE TREIER TANGENȚIAL AL COMBINELOR CONVENȚIONALE DE RECOLTAT CEREALE

PhD. Eng. Ivan Gh., PhD. Eng. Vlăduț V.N.

I.N.M.A. Bucharest / Romania

Tel: 021.269.32.55; Fax: 021.269.32.73; E-mail: geoivan2006@yahoo.com

**Abstract:** The working capacity of conventional cereal harvesting combines is mainly determined by the working capacity of tangential threshing system. This depends on the technical and functional characteristics of the threshing system itself and the biological characteristics of the harvested vegetal mass. Portion of material driven by one bar of threshing cylinder is laminated in to the threshing space and under the action of the friction and centrifugal forces it is produced the combing of material and the seeds separation. The paper presents the kinematic study of threshing process along threshing space and the conditions for optimization of process.

**Keywords:** cereal harvesting combine, tangential threshing system

### INTRODUCTION

The threshing system of the conventional cereal harvesting combines is of tangential type. This is the main working part of these harvesting combines in terms of the separation of the seeds and the energy consumption [4].

The tangential threshing system is positioned in the technological flow of a conventional cereal harvesting combine between the feederhouse and the straw walker.

The main components of tangential threshing system with bars are: threshing cylinder with bars, concave, beater and concave extension (Figure 1). [2]

**Rezumat:** Capacitatea de lucru a combinelor convenționale de recoltat cereale este în principal determinată de capacitatea de lucru a aparatului de treier tangențial. Capacitatea de lucru a acestuia depinde de caracteristicile tehnice și funcționale ale aparatului de treier tangențial propriu-zis și de caracteristicile biologice ale masei vegetale recoltată. Tranșa de material antrenată de o șină a bătătorului este laminată în spațiul de treier și sub acțiunea forțelor de frecare și centrifuge se produce pieptănarea materialului și separarea semințelor. Articolul prezintă studiul cinematic al procesului de treier de-a lungul spațiului de treier și condițiile de optimizare a procesului.

**Cuvinte cheie:** combina de recoltat cereale, aparat de treier tangențial

### INTRODUCERE

Aparatul de treier al combinelor convenționale de recoltat cereale este de tip tangențial. Acesta este principalul organ de lucru al acestor combine din punct de vedere al separării semințelor și consumului energetic. [4]

Aparatul de treier tangențial este poziționat în fluxul tehnologic al combinei convenționale de recoltat cereale între elevatorul central și scuturător.

Componentele principale ale aparatului de treier tangențial cu șine sunt: bătătorul cu șine, contrabătătorul, postbătătorul și prelungirea contrabătător (figura 1). [2]

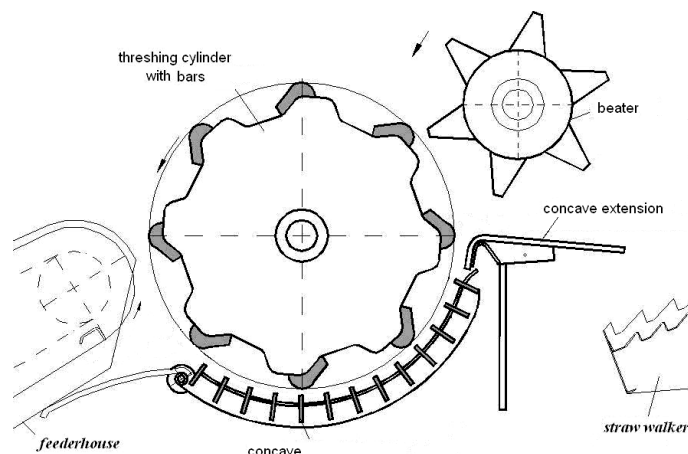


Fig.1 - The main components of tangential threshing system

In the tangential threshing system takes place the threshing process, which consists in the separating of the seeds from vegetal mass through a concave. Separated seeds get to cleaning system and the straw get to the straw walker.

The threshing cylinder is the component which drives and transports the vegetal mass in the threshing space (between the cylinder and concave), to achieve the separation of the seeds from the rest of plants. The threshing cylinder with bars comprises a shaft, a number of moulded or stamped rosettes, in which are screwed 6...10 bars, made of forged steel profile (Fig.2).

In aparatul de treier tangențial are loc procesul de treier, care constă în separarea prin contrabătător a semințelor din masa vegetală. Semințele separate ajung la sistemul de curățire și paie ajung pe scuturător.

Bătătorul este componentul care antrenează și transportă masa vegetală în spațiul de treier (între bătător și contrabătător), pentru realizarea separării semințelor de restul plantelor. Bătătorul cu șine este format dintr-un ax, un număr de rozete turnate sau ambutisate, pe care sunt prinse în șuruburi 6...10 șine, făcute dintr-un profil forjat de oțel (fig.2).

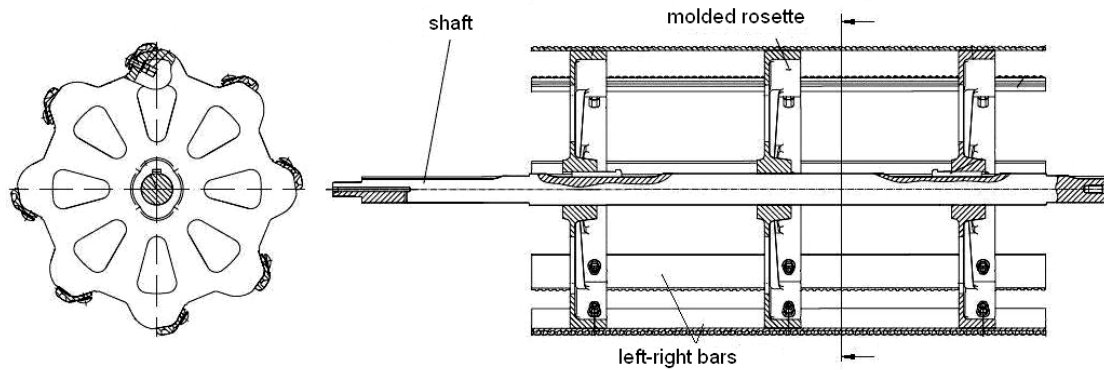


Fig.2 - The threshing cylinder with bars of Romanian cereal harvesting combine C110

Threshing cylinder bars of Romanian harvesting combines C110 and C140 are provided with a flat area and a dimpled area. Flat area makes first contact with vegetal mass brought by the conveyor with chains and slats of feederhouse, providing a good taking and reducing the percentage of seeds damaged. Flat area produces a fan effect, an effect that determines the increases of speed of the vegetal mass which enters the threshing space (Fig.3).

Șinele bățătoarelor combinelor românești C110 și C140 sunt prevăzute cu o zonă netedă și o zonă riflată. Zona netedă face primul contact cu masa vegetală adusă de transportorul cu lanțuri și racleți al elevatorului central, asigurând o bună preluare a acestora și reducând procentul semințelor vătămate. Zona netedă produce și un efect de ventilator, efect ce determină creșterea vitezei masei vegetale la intrarea în spațiul de treier (fig.3).

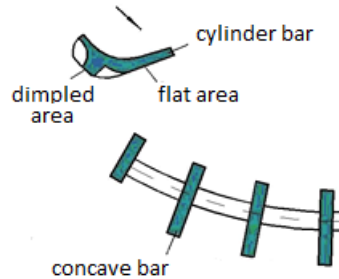


Fig.3 - Cylinder bar configuration of cereal harvesting combines C110, C140

**MATERIALS AND METHOD**

The material part driven by one cylinder bar is laminated in the area of the plate articulated to concave, diagram of forces being shown in Figure 4.

**MATERIALE ȘI METODĂ**

Tranșa de material antrenată de șina bățătorului este laminată în zona plăcii articulată la contrabătător, diagrama forțelor fiind prezentată în figura 4.

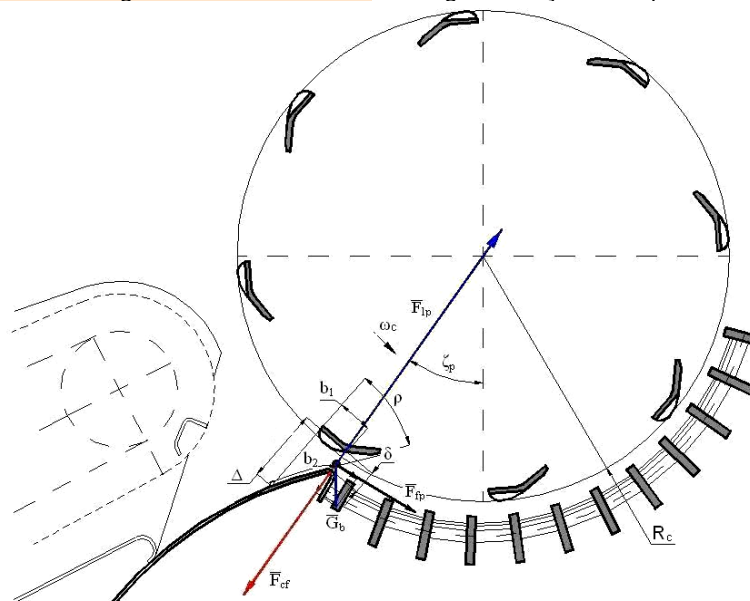


Fig.4 - Forces diagram acting on the portion of material in the area of the plate articulated at concave

The centrifugal force which acts on a material point of material driven by one cylinder bar is according to relation 1:

Forța centrifugă care acționează asupra unui punct material al tranșei antrenată de o șina bățătorului este conform relației 1:

$$F_{cf} = m_b \omega_c^2 R_c \quad (1)$$

where:

$F_{cf}$  is centrifugal force acting on a material point of material part driven by cylinder bar, in N;  
 $m_b$  – material portion mass driven by cylinder bar, in kg;  
 $\omega_c$  – angular speed of the cylinder, in  $\text{rad}^{-1}$ ;  
 $R_c$  – cylinder radius, in m.

The material portion weight driven by cylinder bar is according to relation 2:

$$G_b = m_b g \quad (2)$$

where:

$G_b$  is material portion weight driven by cylinder bar, in N;  
 $g$  - gravity acceleration, in  $\text{m/s}^2$ .

The lamination pressure of material portion driven by cylinder bar in the area of plate articulate at concave, is given by relation 3 [3]:

$$p_{lp} = Ae^{c\left(1-\frac{\delta}{\Delta}\right)} \quad (3)$$

where:

$p_{lp}$  - lamination pressure of material portion driven by cylinder bar in the area of plate articulate at concave, in  $\text{N/m}^2$ ;  
 $\delta$  – portion of material thickness laminated in area of the articulate plate at concave, in m;  
 $\Delta$  – material portion thickness driven by cylinder bar in the area of plate articulate at concave, before lamination, in m;  
 $A, C$  – experimental coefficients with constant value depending on the crop harvested (for wheat is  $A=10 \text{ N/m}^2$  and  $C=12$ ).

The lamination force of material portion in the area of articulate plate at concave is given by relation 4 [3]:

$$F_{lp} = p_{lp} (S_b - S_p) \quad (4)$$

where:

$F_{lp}$  is lamination force of material portion in the area of plate articulate at concave, in N;  
 $S_b$  – material surface contact with the dimpled area of cylinder bar, in  $\text{m}^2$ ;  
 $S_p$  – material surface contact with the plate articulate at concave, in  $\text{m}^2$ .

The contact surface of the material with cylinder bar increases with the number and size of the dimples. The ratio of dimpled surface with the bar surface, if it had not been dimpled, it is called the dimpled coefficient.

The contact surface of the material with cylinder bar is given by relation 5:

$$S_b = C_d b_1 L_s \quad (5)$$

where:

$S_b$  is material surface contact with the dimpled area of cylinder bar, in  $\text{m}^2$ ;  
 $C_d$  – dimple coefficient;  
 $b_1$  – dimple area width of cylinder bar, in m;  
 $L_s$  – cylinder bars length, in m;

Contact surface of the material with plate articulate at concave is the projection of dimple area of cylinder bar on articulate plate at concave, at a laminating angle, denoted by  $\rho$ , multiplied with the cylinder bars length. At the Romanian combines C110 and C140 this lamination angle has an average value of  $\rho=32^\circ$ .

unde:

$F_{cf}$  este forța centrifugă care acționează asupra unui punct material al tranșei de material antrenată de șina bătătorului, în N;

$m_b$  – masa tranșei de material antrenată de șina bătătorului, în kg;

$\omega_c$  – viteza unghiulară a bătătorului, în  $\text{rad}^{-1}$ ;

$R_c$  – raza bătătorului, în m.

Greutatea tranșei de material antrenată de șina bătătorului este conform relației 2:

unde:

$G_s$  este greutatea tranșei de material antrenată de șina bătătorului, în N;

$g$  – accelerația gravitațională, în  $\text{m/s}^2$ .

Presiunea de laminare a tranșei de material antrenată de șina bătătorului, în zona plăcii articulată la contrabătător, este dată de relația 3 [3]:

unde:

$p_{lp}$  este presiunea de laminare a tranșei de material antrenată de șina bătătorului, în zona plăcii articulată la contrabătător, în  $\text{N/m}^2$ ;

$\delta$  – grosimea tranșei de material laminată în zona plăcii articulată la contrabătător, în m;

$\Delta$  – grosimea tranșei de material antrenată de șina bătătorului în zona plăcii articulată, înaintea laminării, în m;

$A, C$  – coeficienți experimentali cu valoare constantă în funcție de cultura recoltată (pentru grâu fiind  $A=10 \text{ N/m}^2$  și  $C=12$ ).

Forța de laminare a tranșei de material în zona plăcii articulată la contrabătător este conform relației 4 [3]:

unde:

$F_{lp}$  este forța de laminare a tranșei de material în zona plăcii articulată la contrabătător, în N;

$S_b$  – suprafața de contact a materialului cu zona riflată a șinei bătătorului, în  $\text{m}^2$ ;

$S_p$  – suprafața de contact a materialului cu placa articulată la contrabătător, în  $\text{m}^2$ .

Suprafața de contact a materialului cu șina bătătorului crește proporțional cu numărul și mărimea riflurilor. Raportul suprafeței riflate cu suprafața șinei, dacă n-ar fi fost riflată, poartă numele de coeficient de riflare.

Suprafața de contact a materialului cu șina bătătorului este conform relației 5:

unde:

$S_b$  este suprafața de contact a materialului cu zona riflată a șinei bătătorului, în  $\text{m}^2$ ;

$C_d$  – coeficientul de riflare;

$b_1$  – lățimea zonei riflate a șinei bătătorului, în m;

$L_s$  – lungimea șinelor bătătorului, în m.

Suprafața de contact a materialului cu placa articulată la contrabătător este proiecția suprafeței riflate a șinei bătătorului pe placa articulată la contrabătător, sub un unghi de laminare, notat cu  $\rho$ , înmulțită cu lungimea șinei bătătorului. La combinele românești C110 și C140, acest unghi de laminare are valoarea medie de  $\rho=32^\circ$ .

The material surface contact with the plate articulate at concave is given by relation 6:

$$S_p = \frac{b_1 L_s}{\sin \rho} \tag{6}$$

where  $\rho$  is the lamination angle.

The lamination force of material portion in the area of plate articulate at concave is given by relation 7:

$$F_{lp} = Ae^{c \left(1 - \frac{\delta}{\Delta}\right)} b_1 L_s \left( C_r - \frac{1}{\sin \rho} \right) \tag{7}$$

Frictional force acting on the portion of material, in the area of plate articulate at concave, is given by relation 8:

$$F_{fp} = f (F_{lp} - G_s \cos \zeta_p - F_{cf}) - G_s \sin \zeta_p \tag{8}$$

where:

$F_{fp}$  is frictional force acting on the portion of material, in the area of plate articulate at concave, in N;

$f$  - friction coefficient of the material with plate articulate at concave and cylinder bar;

$\zeta_p$  - angle made by the radius that defines the vertical position of the cylinder bar.

In Figure 5 it is shown the diagram of forces acting on a material point under the action of first bar of concave.

Suprafața de contact a materialului cu placa articulată la contrabătător este dată de relația 6:

unde  $\rho$  este unghiul de laminare.

Forța de laminare a tranșei de material în zona plăcii articulată la contrabătător este dată de relația 7:

Forța de frecare care acționează asupra tranșei de material, în zona plăcii articulată la contrabătător, este dată de relația 8:

unde:

$F_{fp}$  este forța de frecare care acționează asupra tranșei de material, în zona plăcii articulată la contrabătător, în N;

$f$  - coeficientul de frecare al materialului cu placa articulată și șina bătătorului;

$\zeta_p$  - unghiul făcut de raza care definește poziția șinei bătătorului cu verticala.

În figura 5 este prezentată diagrama forțelor care acționează asupra unui punct material aflat sub acțiunea primei șine a contrabătătorului.

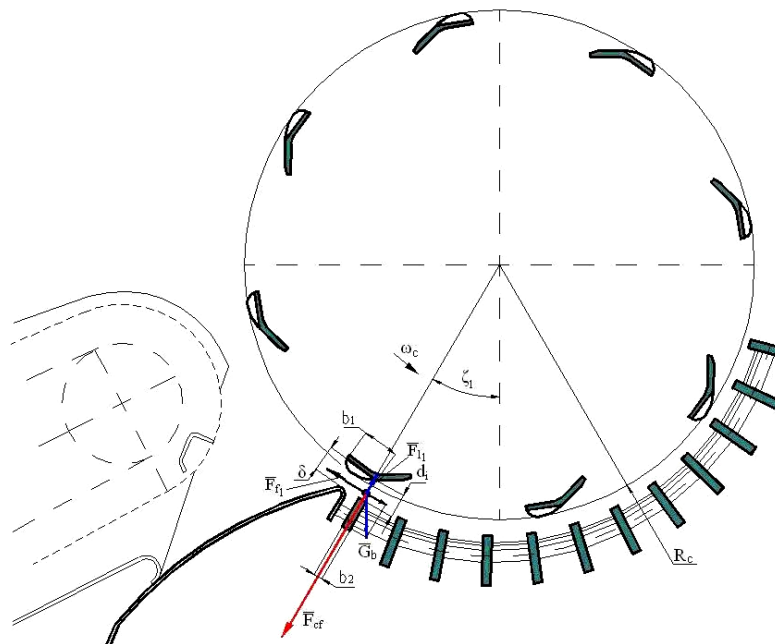


Fig. 5 – Forces diagram acting on material point of the material under the action of first bar of concave

Centrifugal force and weight of the material are defined by the relations 1 and 2. The lamination pressure produced by the first concave bar is given by relation 9 [3]:

$$p_{l1} = Ae^{c \left(1 - \frac{d_1}{\delta}\right)} \tag{9}$$

where:

$p_{l1}$  is lamination pressure produced by the first concave bar, in  $N/m^2$ ;

$d_1$  - portion of material thickness laminated in area of the first concave bar, in m;

$\delta$  - portion of material thickness laminated in area of the articulate plate at concave, in m;

Forța centrifugă și greutatea materialului sunt definite de relațiile 1 și 2. Presiunea de laminare produsă de prima șină a contrabătătorului este dată de relația 9 [3]:

unde:

$p_{l1}$  este presiunea de laminare produsă de prima șină a contrabătătorului, în  $N/m^2$ ;

$d_1$  - grosimea tranșei de material laminat în zona primei șine a contrabătătorului, în m;

$\delta$  - grosimea tranșei de material laminată în zona plăcii articulată la contrabătător, în m;

A, C – experimental coefficients with constant value depending on the crop harvested (for wheat is  $A=10 \text{ N/m}^2$  and  $C=12$ ).

The lamination force of material portion in the area of the first concave bar is given by relation 10:

$$F_{l1} = Ae^{C\left(1-\frac{d_1}{\delta}\right)} L_s (C_r b_1 - b_2) \quad (10)$$

where:

$F_{l1}$  is lamination force of material portion in the area of the first concave bar, in N;  
 $L_s$  – cylinder bars length, in m;  
 $b_1$  – dimple area width of cylinder bar, in m;  
 $b_2$  – concave bar width, in m;

The frictional force which acts on the material portion, in the area of the first concave bar, is given by relation 11:

$$F_{f1} = f (F_{cf} + G_b \cos \zeta_1 - F_{l1}) - G_b \sin \zeta_1 \quad (11)$$

where:

$F_{f1}$  is frictional force acting on the material portion, in the area of the first concave bar, in N;  
 $f$  – friction coefficient of the material with plate articulated at concave and cylinder bar;  
 $\zeta_1$  – angle made with the vertical by position of the cylinder bar, corresponding to material lamination in area of the first concave bar.

The frictional force, in this case, represents the action of concave bar over the material, unlike the area of plate articulated at concave, when friction force represents the action of cylinder bar over the material for entraining it into the threshing space.

In the Figure 6 is shown the forces diagram acting on a material point located on the direction of the first interval between the concave bars.

A, C – coeficienți experimentali cu valoare constanta în funcție de cultura recoltata (pentru grâu fiind  $A=10 \text{ N/m}^2$  și  $C=12$ ).

Forța de laminare realizată de prima șina a contrabătătorului este data de relația 10:

unde:

$F_{l1}$  este forța de laminare realizată de prima șina a contrabătătorului, în N;  
 $L_s$  – lungimea șinelor bătătorului, în m.  
 $b_1$  – lățimea zonei riflată a șinei bătătorului, în m;  
 $b_2$  – grosimea șinei contrabătătorului, în m.

Forța de frecare care acționează asupra tranșei de material, în zona primei șine a contrabătătorului, este dată de relația 11:

unde:

$F_{f1}$  este forța de frecare care acționează asupra tranșei de material, în zona primei șine a contrabătătorului, în N;  
 $f$  – coeficientul de frecare al materialului cu șina contrabătătorului și șina bătătorului;  
 $\zeta_1$  – unghiul făcut cu verticala de poziția șinei bătătorului corespunzătoare laminării materialului, în zona primei șine a contrabătătorului.

Forța de frecare, în acest caz, reprezintă acțiunea șinei contrabătătorului asupra tranșei de material, spre deosebire de zona plăcii articulată la contrabătător, când forța de frecare reprezintă acțiunea șinei bătătorului asupra materialului pentru antrenarea acestuia în spațiul de treier.

În figura 6 este prezentată diagrama forțelor care acționează asupra unui punct material aflat pe direcția primului interval dintre șinele contrabătătorului.

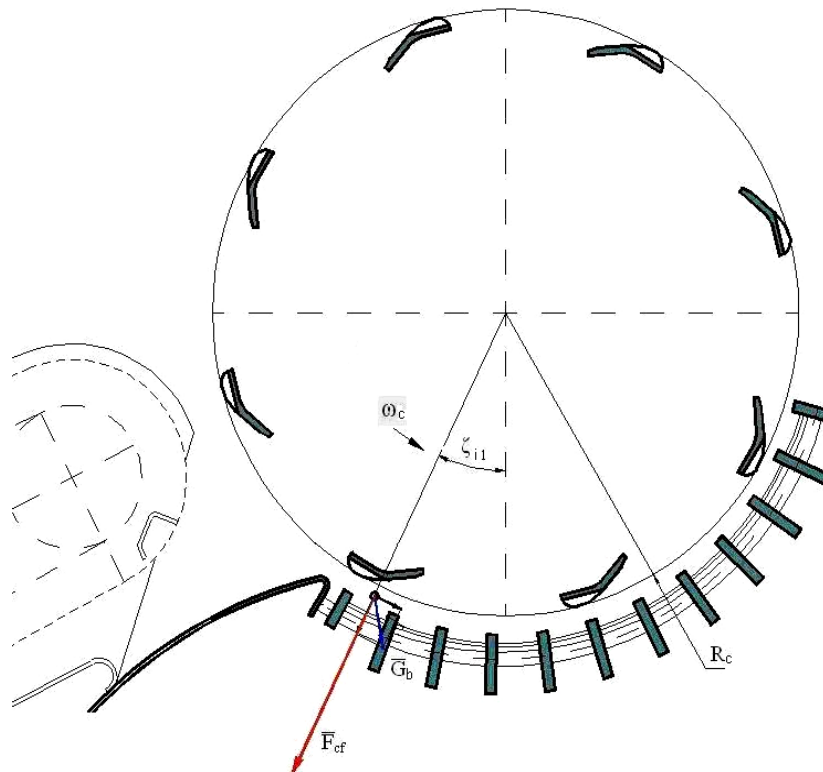


Fig. 6 – Forces diagram acting on a material point located on the direction of the first interval between the concave bars

The forces acting on the material point located on the direction of the first interval of concave bars are centrifugal force and weight of the material, defined by relations 1 and 2, which will cause separation of the free seeds from threshing space through the concave.

In Figure 7 it is shown the forces diagram acting on a material point under the action of the second concave bar.

Forțele care acționează asupra punctului material aflat pe direcția primului interval dintre șinele contrabătătorului sunt forța centrifugă și greutatea materialului, definite de relațiile 1 și 2, care vor produce separarea semințelor libere din spațiul de treier prin contrabătător.

În figura 7 este prezentată diagrama forțelor care acționează asupra unui punct material aflat sub acțiunea șinei a doua a contrabătătorului.

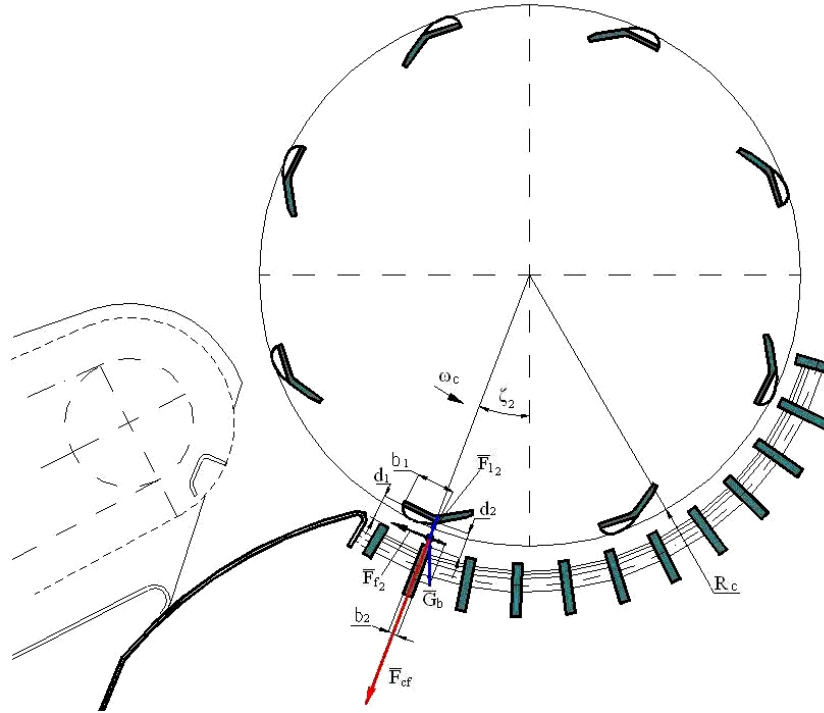


Fig. 7 – Forces diagram acting on a material point under the action of the second concave bar

The centrifugal force and weight of the material, defined by relations 1 and 2.

The lamination pressure of material portion in the area of the second concave bar, is given by relation 12:

Forța centrifugă și greutatea materialului sunt definite de relațiile 1 și 2.

Presiunea de laminare a materialului în zona șinei a doua a contrabătătorului este dată de relația 12:

$$p_{12} = Ae^{c \left( 1 - \frac{d_2}{d_1} \right)} \quad (12)$$

where:

$p_{12}$  is lamination pressure produced by the second concave bar, in  $N/m^2$ ;  
 $d_1$  - material portion thickness laminated in area of the first concave bar, in m;  
 $d_2$  - material portion thickness laminated in area of the second concave bar, in m.

The lamination force of material in the area of the second concave bar is given by relation 13:

unde:

$p_{12}$  este presiunea de laminare produsă de șina a doua a contrabătătorului, în  $N/m^2$ ;  
 $d_1$  - grosimea materialului laminat în zona primei șine a contrabătătorului, în m;  
 $d_2$  - grosimea materialului laminat în zona șinei a doua a contrabătătorului, în m.

Forța de laminare a tranșei de material în zona șinei a doua a contrabătătorului este dată de relația 13:

$$F_{12} = Ae^{c \left( 1 - \frac{d_2}{d_1} \right)} L_s (C_r b_1 - b_2) \quad (13)$$

where:

$F_{12}$  is lamination force of material portion in the area of the second concave bar, in N;

The friction force acting on the material portion, in the area of the second concave bar, is given by relation 14:

unde:

$F_{12}$  este forța de laminare realizată de șina a doua a contrabătătorului, în N;

Forța de frecare care acționează asupra tranșei de material în zona șinei a doua a contrabătătorului este dată de relația 14:

$$F_{f2} = f (F_{cf} + G_b \cos \zeta_2 - F_{12}) - G_b \sin \zeta_2 \quad (14)$$

where:

$F_{f2}$  is friction force acting on the material portion with the second concave bar, in N;  
 $f$  - friction coefficient of the material with plate articulated at concave and cylinder bar;  
 $\zeta_2$  - angle made with the vertical by position of the cylinder bar, corresponding to lamination of material, in area of the second concave bar.

Further on, the material entrained by cylinder bar will be laminated by following concave bars, and friction forces will pull the material, causing the combing of the ears, under the action of dimpled area of cylinder bar and liberation of the seeds.

Free seeds, located in threshing space, will be separated through concave when cylinder bars will be positioned in the concave bars intervals, when the centrifugal force and weight force act on free seeds (the threshing of wheat, centrifugal force is about 300 times greater than the weight force).

It should be noted that, if the size intervals between the concave bars is constant, the other two bars of the threshing cylinder acting on the material entrained by the first cylinder bar, should not be in the same position on concave bars.

In other words, when the first cylinder bar is positioned on the concave bar, the material being pulled by the friction force, the other two following cylinder bars will be positioned at intervals of concave bars, the material is free to move and because of multiple contacts with concave bars producing the separation of seeds (effect of "Beating the carpet").

In Figure 8 it is shown the forces diagram acting on a material portion entrained by cylinder bar, under the action of the last concave bar.

unde  $F_{f2}$  este forța de frecare care acționează asupra tranșei de material cu șina a doua a contrabătătorului, în N;

$f$  - coeficientul de frecare al materialului cu șina contrabătătorului și șina bătătorului;

$\zeta_2$  - unghiul făcut cu verticala de poziția șinei corespunzătoare laminării materialului, în zona șinei a doua a contrabătătorului.

În continuare, materialul antrenat de șina bătătorului va fi laminat de următoarele șine ale contrabătătorului, iar forțele de frânare vor trage de material, producând-se pieptănarea spicelor sub acțiunea riflurilor șinei bătătorului și eliberarea semințelor.

Semințele libere, aflate în spațiul de treier, se vor separa prin contrabătător în momentele în care șinele bătătorului se vor afla poziționate în intervalele dintre șinele contrabătătorului, când forța centrifugă și forța de greutate acționează asupra semințelor libere (la treieratul grâului, forța centrifugă este de circa 300 de ori mai mare decât forța de greutate).

Mai trebuie remarcat că, în cazul în care mărimea intervalelor dintre șinele contrabătătorului este constantă, celelalte două șine ale bătătorului care acționează asupra materialului antrenat de prima șina, nu trebuie să se afle în aceeași poziție față de șinele contrabătătorului.

Altfel spus, când prima șina se află poziționată pe o șina a contrabătătorului, materialul fiind tras de forța de frecare, celelalte două șine următoare ale bătătorului se vor afla poziționate pe intervale ale șinelor contrabătătorului, materialul fiind liber să se deplaseze și datorită contactelor multiple cu șinele contrabătătorului producându-se separarea semințelor (efectul "bătutul covorului").

În figura 8 este prezentată diagrama forțelor de frecare care acționează asupra tranșei de material antrenată de șina bătătorului, aflată în zona ultimei șine a contrabătătorului.

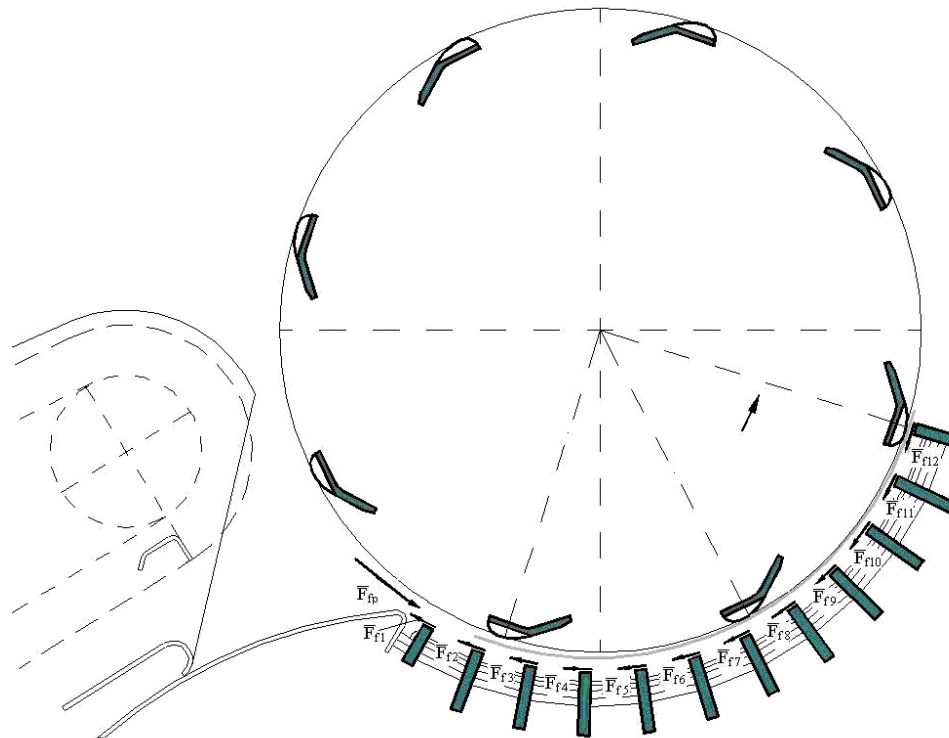


Fig. 8 – Forces diagram acting on the material tranche entrains by cylinder bar

The friction forces sum acting on a material portion under the action of the three cylinder bars and  $n$  concave bars is given by the relation 15:

Suma forțelor de frecare care acționează asupra unei tranșe de material aflată sub acțiunea celor trei șine ale bătătorului și șinele contrabătătorului este dată de relația 15:

$$F_{ft} = 3(F_{fp} - F_{fi}); i = 1 \dots n \quad (15)$$

where:

$F_{ft}$  is friction total force acting on the material portion entrained by one cylinder bar, in N;  
 $F_{fp}$  – frictional force acting on the material, in the area of plate articulate at concave, in N;  
 $F_{fi}$  – frictional force acting concave bars on the material portion, in N;  
 $n$  – number of concave bars.

Because the weight force has a little action on the material and the lamination forces produced by concave bars are approximately equal, it is resulting relation 16:

$$F_{ft} = 3f \left[ (F_{fp} - F_{cf}) - n(F_{cf} - F_{ls}) \right] \quad (16)$$

where:

$F_{ft}$  is friction total force acting on the material portion entrained by one cylinder bar, in N;  
 $F_{fp}$  – lamination force of material portion in the area of plate articulate at concave, in N;  
 $F_{cf}$  – centrifugal force acting on the material portion entrained by cylinder bar, in N;  
 $n$  – number of concave bars;  
 $F_{lc}$  – lamination force of material portion achieved by one concave bar, in N.

The moving of material in the threshing space under the action of friction forces caused by concave bars, is according to relation 17:

$$S_f = \frac{F_{ft} T_t^2}{2m_b} \cos \alpha_r \quad (17)$$

where:

$S_f$  is moving of material in the threshing space under the action of friction forces caused by the plate articulate at concave and concave bars, in m;  
 $T_t$  – duration of all the bangs, in seconds;  
 $m_b$  – material portion mass entrained by cylinder bar, in kg;  
 $\alpha_r$  – dimples inclination angle of cylinder bars.

The duration of all the bangs is given by relation 18[5]:

$$T_t = \frac{3nb_2}{\omega_c R_c} \quad (18)$$

where:

$T_t$  is duration of all the bangs, in seconds;  
 $b_1$  – dimple area width of cylinder bar, in m;  
 $\omega_c$  – angular speed of the cylinder, in  $\text{rad}^{-1}$ ;  
 $R_c$  – cylinder radius, in m.

## RESULTS

For calculation of parameters used in study, the following values characteristic to harvesting combine C110 are being used [1,6]:

- cylinder radius:  $R_c = 0.3 \text{ m}$ ;
- cylinder bars number:  $z = 8$ ;
- material portion mass entrained by cylinder bar:  $m_b = 0.162 \text{ kg}$ ;
- threshing cylinder speed  $n_c = 950 \text{ min}^{-1}$ ;
- portion of material thickness laminated in area of the articulate plate at concave:  $\delta = 0.018 \text{ m}$ ;
- material portion thickness driven by cylinder bar in area of plate articulate at concave, before lamination:  $\Delta = 0.070 \text{ m}$ ;
- cylinder bars length:  $L_s = 1.08 \text{ m}$ ;

unde:

$F_{ft}$  este forța de frecare totală care acționează asupra materialului antrenat de o șina a bătătorului, în N;  
 $F_{fp}$  – forța de frecare care acționează asupra tranșei de material, în zona plăcii articulată la contrabătător, în N;  
 $F_{fi}$  – forța de frecare care acționează șinele contrabătătorului asupra tranșei de material, în N;  
 $n$  – numărul de șine ale contrabătătorului.

Pentru ca forța de greutate are o acțiune mică asupra materialului, iar forțele de laminare a materialului produse de șinele contrabătătorului sunt aproximativ egale, rezultă relația 16:

unde:

$F_{ft}$  este forța de frecare totală care acționează asupra materialului antrenat de o șina a bătătorului, în N;  
 $F_{fp}$  – forța de laminare a tranșei de material în zona plăcii articulată la contrabătător, în N;  
 $F_{cf}$  – forța centrifugă care acționează asupra tranșei de material antrenată de șina bătătorului, în N;  
 $n$  – numărul de șine al contrabătătorului;  
 $F_{lc}$  – forța de laminare realizată de o șină a contrabătătorului, în N.

Deplasarea materialului în spațiul de treier sub acțiunea forțelor de frecare produse de șinele contrabătătorului, este conform relației 17:

unde:

$S_f$  este deplasarea materialului în spațiul de treier sub acțiunea forțelor de frecare produse de placa articulată la contrabătător și șinele contrabătătorului, în m;  
 $T_t$  – durata tuturor loviturilor, în secunde;  
 $m_b$  – masa tranșei de material antrenată de șina bătătorului, în kg;  
 $\alpha_r$  – unghiul de înclinare al riflurilor șinei bătătorului.

Durata tuturor loviturilor este dată de relația 18 [5]:

unde:

$T_t$  este durata tuturor loviturilor, în secunde;  
 $b_1$  – lățimea riflată a șinei bătătorului, în m;  
 $\omega_c$  – viteza unghiulară a bătătorului, în  $\text{rad}^{-1}$ ;  
 $R_c$  – raza bătătorului, în m.

## REZULTATE

Pentru calculul mărimilor prezentate în studiu, se folosesc următoarele valori caracteristice combinei C110 [1,6]:

- raza bătătorului:  $R_c = 0,3 \text{ m}$ ;
- numărul de șine ale bătătorului:  $z = 8$ ;
- masa materialului antrenată de șina bătătorului:  $m_b = 0,162 \text{ kg}$ ;
- turația bătătorului la recoltarea grâului:  $n_c = 950 \text{ min}^{-1}$ ;
- grosimea tranșei de material laminată în zona plăcii articulată la contrabătător:  $\delta = 0,018 \text{ m}$ ;
- grosimea tranșei de material antrenat de șina bătătorului în zona plăcii articulată la contrabătător, înaintea laminării:  $\Delta = 0,070 \text{ m}$ ;
- lungimea șinelor bătătorului:  $L_s = 1.08 \text{ m}$ ;



- dimple area width of cylinder bar:  $b_1=0.043\text{ m}$ ;
- friction coefficient of the material with the components of threshing system:  $f=0.4$ ;
- angle made by the radius that defines the vertical position of the cylinder bar:  $\zeta_p = 35^\circ$ ;
- material portion thickness laminated in area of the first concave bar:  $d_1=0.022\text{ m}$ ;
- material portion thickness laminated in area of the second concave bar:  $d_2=0.021\text{ m}$ ;
- concave bar width:  $b_2=0.010\text{ m}$ ;
- angle made with the vertical by position of the cylinder bar, in area of the first concave bar:  $\zeta_1 = 30^\circ$ ;
- number of concave bars:  $n=12$ ;
- dimples inclination angle of cylinder bars:  $\alpha_r = 30^\circ$ .

According to kinematic study presented, the results are:

- centrifugal force acting on a material point of material portion entrained by cylinder bar:  $F_{cf}=481\text{ N}$ ;
- material portion weight entrained by cylinder bar:  $G_b=1.59\text{ N}$ ;
- lamination force of material portion in the area of plate articulate at concave:  $F_{lp} = 8,681.1\text{ N}$ ;
- frictional force acting on the portion of material, in the area of plate articulate at concave:  $F_{fp}= 3,253.5\text{ N}$ ;
- lamination force of material portion in the area of the first concave bar:  $F_{l1}=F_{l2}=4.98\text{ N}$ ;
- frictional force acting on the material portion, in the area of the first concave bar:  $F_{f1}=191.04\text{ N}$ ;
- friction total force acting on the material portion entrained by one cylinder bar:  $F_{ft}=2,909.8\text{ N}$ ;
- duration of all the bangs:  $T_t = 0.012\text{ s}$ ;
- moving of material in the threshing space under the action of friction forces caused by the plate articulate at concave and concave bars:  $S_f=0.039\text{ m}$ .

## CONCLUSION

- The material portion entrained by one cylinder bar is laminated in the area of the plate articulated at concave, friction force resulted entraining the portion in threshing space.
- The material portion entrained will be laminated by concave bars, and friction forces resulted will pull the material, causing the combing of the ears under the action of dimpled area of cylinder bar and liberation of the seeds.
- Free seeds, located in threshing space, will be separated through concave when cylinder bars will be positioned in the concave bars intervals, when the centrifugal force and weight force act on free seeds.
- Under the friction forces, the material portion moves according to cylinder bars, and displacement can be calculated. In the study conducted on the threshing system of combine C110, material portion moves relatively to cylinder bars with distance  $L_f=39\text{ mm}$ , this movement not affecting entrainment and transport of next material tranche.

## REFERENCES

- [1]. INMA Bucharest, (1995) - *Results of tests for homologating the self-propelled cereal harvesting combine C110*, Testing Report;
- [2]. Ivan Gh., (2009) - *Researches regarding the influence of constructive and functional parameters of shaking-separating system on seed losses of cereal harvesting combines*, PhD thesis, University Transilvania from Brasov, Romania;
- [3]. Krasnicenko A.V., (1962-1964) - *Handbook of Agricultural Machinery Builder – vol.2*, Technical

- lățimea riflată a șinei bătătorului:  $b_1=0.043\text{ m}$ ;
- coeficientul de frecare al materialului cu componentele aparatului de treier:  $f=0,4$ ;
- unghiul făcut de raza care definește poziția șinei bătătorului cu verticala:  $\zeta_p = 35^\circ$ ;
- grosimea tranșei de material în zona primei șine a contrabătătorului:  $d_1=0,022\text{ m}$ ;
- grosimea materialului laminat în zona șinei a 2-a a contrabătătorului:  $d_2=0,021\text{ m}$ ;
- grosimea șinei contrabătătorului:  $b_2=0,010\text{ m}$ ;
- unghiul făcut de poziția șinei bătătorului aflată în zona primei șine a contrabătătorului cu verticala:  $\zeta_1=30^\circ$ ;
- numărul de șine al contrabătătorului:  $n=12$ ;
- unghiul de înclinare al riflurilor șinei bătătorului:  $\alpha_r=30^\circ$ .

Conform studiului cinematic prezentat, rezultatele sunt:

- forța centrifugă care acționează asupra tranșei de material antrenată de șina bătătorului:  $F_{cf}=481\text{ N}$ ;
- greutatea tranșei de material antrenată de șina bătătorului:  $G_b=1,59\text{ N}$ ;
- forța de laminare a tranșei de material în zona plăcii articulată la contrabătător:  $F_{lp}=8.681,1\text{ N}$ ;
- forța de frecare care acționează asupra tranșei de material, în zona plăcii articulată la contrabătător:  $F_{fp}=3.253,5\text{ N}$ ;
- forța de laminare realizată de prima șina a contrabătătorului:  $F_{l1}=F_{l2}=4,98\text{ N}$ ;
- forța de frecare care acționează asupra tranșei de material, în zona primei șine a contrabătătorului:  $F_{f1}=191,04\text{ N}$ ;
- forța de frecare totală care acționează asupra materialului antrenat de o șina a bătătorului:  $F_{ft}=2909,8\text{ N}$ ;
- durata tuturor loviturilor:  $T_t=0,012\text{ s}$ ;
- deplasarea materialului în spațiul de treier sub acțiunea forțelor de frecare cauzate de placa articulată la contrabătător și șinele contrabătătorului  $S_f=0,039\text{ m}$ .

## CONCLUZII

- Tranșa de material antrenată de șina bătătorului este laminată în zona plăcii articulată la contrabătător, forța de frecare rezultată antrenând tranșa în spațiul de treier.
- Tranșa de material antrenată va fi laminată de șinele contrabătătorului, iar forțele de frânare rezultante vor trage de material, producându-se pieptănarea spicelor sub acțiunea riflurilor șinei bătătorului și eliberarea semințelor.
- Semințele libere, aflate în spațiul de treier, se vor separa prin contrabătător când șinele bătătorului se vor afla poziționate în intervalele șinelor contrabătătorului, când forța centrifugă și forța de greutate acționează asupra semințelor libere.
- Sub acțiunea forțelor de frecare, tranșa de material se deplasează în raport cu șinele bătătorului, deplasarea putând fi calculată. În studiul realizat pe aparatul de treier al combinei C110, tranșa de material se deplasează în raport cu șinele bătătorului pe distanța de  $S_f=39\text{ mm}$ , această deplasare neafectând antrenarea și transportul următoarei tranșe de material.

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. INMA București, (1995) - *Rezultatele încercărilor în vederea omologării a combinei autopropulsate de recoltat cereale C110*, Referat de încercări;
- [2]. Ivan Gh., (2009) - *Cercetări privind influența parametrilor constructivi și funcționali ai sistemelor de scuturare-separare asupra pierderilor de semințe la combinele de recoltat cereale*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania Brașov, România;
- [3]. Krasnicenko A.V., (1962-1964) - *Manualul constructorului de mașini agricole – vol. 2*, Ed. Tehnică,

Publishing House Bucharest, Romania, pg. 403-430;  
[4]. Kutzbach H.D., (2003) – *Grain Harvesting, Combine Harvesting*, Hohenheim Germany, pg.129-136;  
[5]. Miu P., (2005) – *Modeling the threshing process at cereal harvesting combines*, PhD thesis, Polytechnic Institute of Bucharest, pg. 23-25;  
[6]. S.C. Semănătoarea S.A., (2001) - *Technical Book for combine harvester C110*.

București, România, 1964, pg. 403-430;  
[4]. Kutzbach H.D., (2003) – *Recoltarea grâului, Combine de recoltat*, Hohenheim Germania, pg.129-136;  
[5]. Miu P., (2005) – *Modelarea procesului de treier la combinele de recoltat cereale*, Teză de doctorat, Institutul Politehnic București, pg. 23-25;  
[6]. S.C. Semănătoarea S.A., (2001) - *Carte Tehnică pentru combina C110*.