

## RESEARCHES ON IMPROVEMENT OF WORKING PROCESS OF FIBROUS FORAGES SHREDDING PARTS

### CERCETĂRI PRIVIND ÎMBUNĂȚĂȚIREA PROCESULUI DE LUCRU AL ORGANELOR DE MĂRUNȚIT FURAJE FIBROASE

PhD. Eng. Caba I.L.<sup>1)</sup>, Assoc. Prof. PhD. Eng. Biriș S.<sup>2)</sup>, Res. Assist. PhD. Selvi K. C.<sup>4)</sup>, Assoc. Prof. PhD. Eng. Bungescu S.<sup>1)</sup>, PhD. Eng. Vlăduț V.<sup>3)</sup>, PhD. Stud. Eng. Nițu M.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>USAMVB Timisoara / Romania; <sup>2)</sup>P.U. Bucharest / Romania; <sup>3)</sup>INMA Bucharest / Romania; <sup>4)</sup>Ondokuz Mayıs University / Turkey  
Tel: 0256-487036; E-mail: cabaioan@yahoo.com

#### Abstract:

In the process of fibrous forage harvesting, an important requirement is the proper shredding, because it enters directly or indirectly the animal feed composition, whether it is about of fresh fibrous feed with a high degree of moisture or it is about of withered feed, in some cases even dried fodder. It is known that the energetic contribution to achieve of a cut differs within large limits, depending on many factors.

For reducing the energy consumption during the shredding of fibrous fodder to minimum possible, we must know the mechanism of cutting process, which also ensures the harvesting equipment reliability.

**Keywords:** cutting process, shredding of fibrous fodder

#### INTRODUCTION

In the technological process of cultivation of a forage plant a work of great significance is harvesting. Forage plants harvesting must be done within the optimum range indicated by the zootechnical requirements appropriate to the relevant crop, without losses or qualitative depreciations that could affect the quality of livestock production. To perform the harvesting of forage plants in the optimal period there are several solutions:

- achieving a large number of agricultural machinery for the harvesting of forage plants;
- increasing the productivity of forage plant harvesters.

The first solution seems to be a difficult variant to achieve in financial terms, because the short duration of use of these machines during a calendar year would lead to the difficult and prolonged amortization, and the forage plant harvesters would suffer besides the physical wear also the moral wear. The second solution seems more favorable, but even increasing of working capacity is limited by certain factors.

#### MATERIALS AND METHOD

Starting from the theoretical working capacity of a harvester aggregate we can highlight the factors:

$$W_t = 0,1 B V_e T \text{ (ha / working shift - schimb de lucru)} \quad (1)$$

where:  $W_t$  - theoretical working capacity of an aggregate expressed in hectares per working shift;

$B$  – constructive working width of the aggregate in m;

$V_e$  – working theoretical speed in km / h;

$T$  – theoretical working time in one shift in hours.

Carefully analyzing the relationship (1), one can easily see that the theoretical labor productivity in the case of forage plant harvesters depends on three factors. If we assume that by a perfect assimilation of working technique by the agricultural mechanic workers which use these forage harvesters and by realizing of some aggregates with a reliability factor of 100%, assuming the maximum use of the working time  $h$  / shift, we find that these factors can no longer be modified.

#### Rezumat:

În procesul de recoltare a plantelor furajere fibroase, o cerință importantă este mărunțirea corespunzătoare, datorită faptului că intră direct sau indirect în componența hranei animalelor, indiferent dacă este vorba de furaje fibroase proaspete cu un grad ridicat de umiditate, sau despre furaje vestejite, în unele cazuri chiar uscate. Se cunoaște faptul că aportul energetic pentru realizarea unei tăieturi diferă în limite largi, depinzând de mulți factori.

Pentru reducerea consumului de energie în timpul mărunțirii a furajelor fibroase la minim posibil, trebuie să cunoaștem mecanismul procesului de tăiere, care asigură totodată și fiabilitatea utilajelor de recoltat.

**Cuvinte cheie:** mărunțire a furajelor fibroase; procesul de tăiere

#### INTRODUCERE

În procesul tehnologic al culturii unei plante furajere o lucrare de mare însemnătate este recoltatul. Recoltarea plantelor furajere trebuie făcută în intervalul optim indicat de cerințele agro-zootehnice corespunzătoare culturii respective, fără pierderi sau deprecieri calitative care ar putea afecta calitatea producției din zootehnie. Pentru a executa recoltarea plantelor furajere în perioada optimă există mai multe soluții:

- realizarea unui număr mare de mașini agricole de recoltat plante furajere;
- mărirea productivității mașinilor de recoltat plante furajere.

Prima soluție pare a fi o variantă greu de realizat din punct de vedere financiar, deoarece durata scurtă de utilizare ale acestor utilaje în timpul unui an calendaristic ar duce la amortizarea greoaie și de lungă durată, iar mașinile de recoltat plante furajere ar suferi pe lângă uzura fizică și pe cea morală. Soluția a doua se pare mai favorabilă, însă și creșterea capacității muncii este limitată de anumiți factori.

#### MATERIALE ȘI METODA

Pornind de la capacitatea de lucru teoretică a unui agregat de recoltat putem scoate în evidență factorii:

unde:  $W_t$  - capacitatea de lucru teoretică a unui agregat exprimată în ha pe schimb de lucru;

$B$  – lățimea de lucru constructivă a agregatului în m;

$V_e$  – viteza teoretică de lucru în km / h;

$T$  – timpul teoretic de lucru într-un schimb în ore.

Analizând cu atenție relația (1), cu ușurință se poate da seama că productivitatea teoretică a muncii în cazul mașinilor de recoltat plante furajere depinde de trei factori. Dacă presupunem că printr-o însușire perfectă a tehnicii de lucru de către mecanizatorii care folosesc aceste mașini de recoltat plante furajere și prin realizarea unor agregate cu un coeficient de siguranță în funcționare de 100%, presupunând utilizarea la maxim a timpului de lucru  $h$  / schimb, constatăm că asupra acestor factori nu se mai poate interveni.

Regarding the working width, it is found that it varies at forage harvesters within large limits and can reach values of around 6 m. It is to observe that also this magnifying factor of the working capacity of a forage harvester aggregate is limited by constructive considerations, knowing that because of the terrain irregularities the forages may be contaminated with soil, that would compromise the harvesting process. Another shortcoming is putting into circulation on public roads of equipment with exceeded overall sizes, which would lead to hinder, delay or even block the traffic on those sections, not rarely leading to big car accidents with material significant damages, or in some extreme cases, to human life losses.

The last factor of the working capacity formula is represented by the speed of the forage harvester aggregate. This is the main factor on which might act in the sense of increasing.

But increasing the movement speed however, must take into account of certain criteria such as:

- the correlation of working capacities of devices from the technological flow respectively of mowing, of lifting and shredding forages;
- the available power of the energetic source to ensure the movement or the self-movement of the forage harvester aggregate;
- ensuring of a normal working process of active parts with compliance with the zootechnical requirements on the quality and losses reduction of forage material and of energy consumption.

## RESULTS

Analysing those shown above, it is obvious that the study of functioning of the lifting devices from furrow and of charging – shredding devices of harvesting and transportation machines of feed materials would allow finding of better technical solutions, in order to reduce the losses of forage material and of energy consumption.

The shredding or in other words the chopping of fibrous fodder is a complex technological process, different than the process of shearing of metals, the fibers cutting being preceded by multiple stresses of compression, crushing, bending, stretching etc. The cutting resistance depends on both the natural characteristics of the strains, and of the technical and technological factors, such as: the geometrical and kinematic characteristics of the cutting bodies, the characteristics of the material flux etc.

By mode of movement of the knife edge against the fibers direction there are two categories of cutting:

- proper cutting or shearing;
- longitudinal cutting or defibering cut.

After the movement direction of the blade against the line of the cutting edge two kinds of cuts are carried out:

- normal cutting, when the cutter velocity vector is perpendicular to the edge;
- cutting with sliding, when the velocity vector is inclined compared to edge.

The effective cuts are of four types (Fig. 1):

- a) frontal cut,  $\delta = 0^{\circ}; \theta = 0^{\circ}$ ;
- b) oblique cut,  $0^{\circ} < \delta < 90^{\circ}; \theta = 0^{\circ}$ ;
- c) inclined cut  $\delta = 0^{\circ}; 0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$ ;
- d) combined cut or obliquely inclined,  $0^{\circ} < \delta < 90^{\circ}; 0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$ ;

The longitudinal cuts are of three types:

- e) longitudinal splitting cut,  $\theta = 90^{\circ}; \delta = 0$ ;
- f) transversal cut,  $\delta = 90^{\circ}; \delta$  does not depend on  $\theta$ ;
- g) transversely - longitudinal cut,  $0^{\circ} < \delta < 90^{\circ}; \theta = 90^{\circ}$ .

where:  $\delta$  is the angle of inclination of the cutting plane against the axis of the stalk;

În ceea ce privește lățimea de lucru, se constată că aceasta variază, la mașinile de recoltat plante furajere în limite largi și poate să atingă valori în jur de 6 m. Este de observat că și acest factor de mărire a capacității muncii a unui agregat de recoltat plante furajere este limitat de considerente constructive, cunoscut fiind faptul că din cauza neregularităților terenului furajele pot fi impurificate cu pământ, care ar duce la compromiterea procesului de recoltat. Un alt neajuns îl reprezintă punerea în circulație pe drumurile publice a unor utilaje cu gabarite depășite, care ar duce la îngreunarea, încetinirea sau chiar blocarea circulației pe acele tronsoane, nu rareori ducând la accidente grave de circulație cu pagube materiale însemnate, sau în unele cazuri extreme, la pierderi de vieți omenești.

Ultimul factor al formulei capacității de lucru îl reprezintă viteza de deplasare a agregatului de recoltat plante furajere. Acesta reprezintă principalul factor asupra căruia s-ar putea acționa în sensul măririi.

Dar mărirea vitezei de deplasare totuși trebuie să țină seama de unele criterii cum ar fi:

- corelarea capacităților de lucru ale dispozitivelor din fluxul tehnologic respectiv de cosit, de ridicat și de mărunțit furaje;
- puterea disponibilă a sursei energetice pentru asigurarea deplasarea sau autodeplasarea a agregatului de recoltat plante furajere;
- asigurarea unui proces normal de lucru al organelor active cu respectarea cerințelor agro-zootehnice privind calitatea și reducerea pierderilor de material furajer și al consumului de energie.

## REZULTATE

Analizând cele arătate mai sus, este evident faptul că studierea funcționării aparatelor de ridicat din brazdă și a dispozitivelor de încărcare – mărunțire a mașinilor de recoltat și transportat materiale furajere ar permite găsirea unor soluții tehnice mai bune, în vederea reducerii pierderilor de material furajer și al consumului de energie.

Mărunțirea sau altfel spus tocarea furajelor fibroase reprezintă un proces tehnologic complex, diferit de procesul de forfecare a metalelor, secționarea fibrelor fiind precedată de solicitări multiple la compresiune, strivire, încovoiere, întindere etc. Rezistența la tăiere depinde atât de caracteristicile naturale ale tulpinilor, cât și de factorii tehnici și tehnologici, cum ar fi: caracteristicile geometrice și cinematice ale organelor de tăiere, caracteristicile fluxului de material etc.

După modul de deplasare al tăișului cuțitului față de direcția fibrelor se deosebesc două categorii de tăiere:

- tăiere propriu – zisă sau de rețezare;
- tăiere longitudinală sau de defibrare.

După direcția de deplasare a cuțitului față de linia tăișului se realizează două feluri de tăieri:

- tăiere normală, când vectorul vitezei cuțitului este perpendiculară pe tăiș;
- tăierea cu alunecare, când vectorul vitezei este înclinat față de tăiș.

Tăierile efective sunt de patru tipuri (fig. 1):

- a) tăiere frontală,  $\delta = 0^{\circ}; \theta = 0^{\circ}$ ;
- b) tăiere oblică,  $0^{\circ} < \delta < 90^{\circ}; \theta = 0^{\circ}$ ;
- c) tăiere înclinată  $\delta = 0^{\circ}; 0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$ ;
- d) tăiere combinată sau oblic înclinată,  $0^{\circ} < \delta < 90^{\circ}; 0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$ ;

Tăierile longitudinale sunt de trei feluri:

- e) tăiere de despicare longitudinală,  $\theta = 90^{\circ}; \delta = 0$ ;
- f) tăiere transversală,  $\delta = 90^{\circ}; \delta$  nu depinde de  $\theta$ ;
- g) tăiere transversal - longitudinală,  $0^{\circ} < \delta < 90^{\circ}; \theta = 90^{\circ}$ .

unde:  $\delta$  este unghiul de înclinare al planului de tăiere față de axa tulpinii;

$\theta$  - is the angle that makes the cutting plan (the velocity vector) and the transversal plane (frontal);  
 $\varphi$  - cutting angle located between the cutting plane and the frontal plane of the stalk.

The researches have been focused on establishing the laws of variation of the consumed energy depending on the angles  $\delta$  and  $\theta$ , considering as initial sizes the necessary energy for frontal, longitudinal and transverse cuttings.

$\theta$  - este unghiul pe care îl face planul de tăiere (vectorul de viteză) și planul transversal (frontal);  
 $\varphi$  - unghiul de tăiere situat între planul de tăiere și planul frontal al tulpinii.

Cercetările au fost îndreptate asupra stabilirii legilor de variație a energiei consumate în funcție de unghiurile  $\delta$  și  $\theta$ , considerând ca mărimi inițiale energiile necesare tăierilor frontale, longitudinale și transversale.

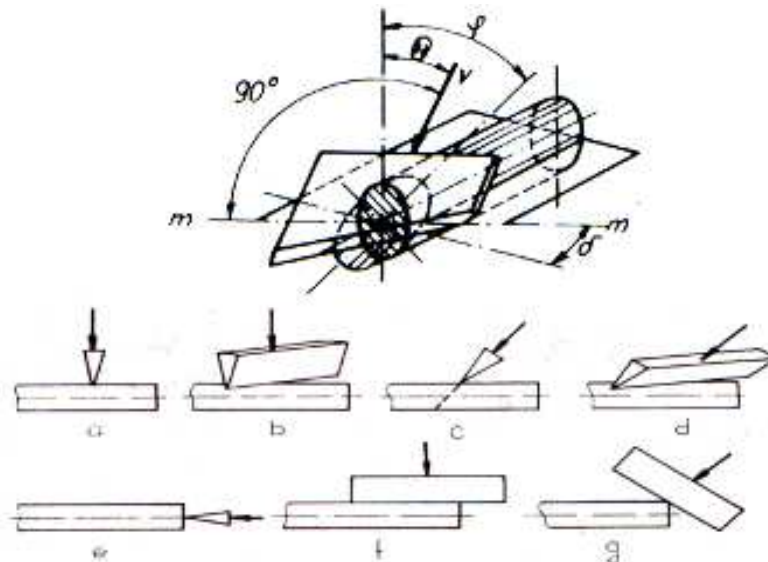


Fig. 1 - Schematic presentation of the cutting types /  
 Prezentarea schematică a tipurilor de tăiere

The mechanical work specific to frontal and transversal cuttings has been experimentally determined, and the mechanical work necessary to longitudinal cutting was determined by extrapolation, using values obtained at inclined cutting. Thus, relations have been established for determining the energy consumption at oblique, inclined, oblique-inclined and longitudinal transversal cutting.

Most of shredding devices are designed for the achieving of proper cuttings, namely cutback, but in their operation are performed the elements of oblique and oblique-inclined cuttings. In the case of thick-stemmed plants the minimum resistance to cutting is obtained in the case of transversal cutting. The mechanical work at the transversal cutting is lower than 4 – 4.7 times than at frontal cutting. The other cutting ways deal with intermediate places with regard to the energy consumption. In the case of oblique, inclined and oblique – inclined cutting, the mechanical work for cutting decreases compared to the mechanical work at the frontal cutting. The maximum reduction is about 20% and takes place at the oblique cutting.

In the cutting process there are two phases: the pre-compression of the material by means of the knife and the properly cutting. At the frontal cutting with normal movement of the knife the process begins with the pressing and crushing of stems perpendicularly to the fibers, continues with hardening of the material in the contact zone with the cutting edge, then the bending of the neighboring fibers, the traction of those already bent and finally, the breaking. At cutting with sliding another deformation and a transversal traction of fibers are added, and the destruction is produced gradually by an isolation of weaker fibrous elements.

Cutting force in this case is less than at the normal movement. During passage of the knife through the layer of material appear efforts acting on the material and make the destruction, such as cutting of fibers and efforts due to the blade penetration resistance into material.

The forces corresponding to these efforts are presented in Figure 2.

Lucrul mecanic specific la tăieri frontale și transversale s-a determinat experimental, iar lucrul mecanic necesar tăierii longitudinale s-a stabilit prin extrapolare, folosind valorile obținute la tăierea înclinată. Astfel s-au stabilit relații pentru determinarea consumului de energie la tăierea oblică, înclinată, oblic-înclinată și longitudinal transversală.

Majoritatea dispozitivelor de tocare sunt concepute pentru realizarea tăierilor propriu - zise de rețezare, dar în funcționarea lor se realizează elementele tăierilor oblică și oblic-înclinată. În cazul plantelor cu tulpină groasă rezistența minimă la tăiere se obține în cazul tăierii transversale. Lucrul mecanic la tăierea transversală este mai mic de 4 - 4,7 ori decât la tăierea frontală. Celelalte moduri de tăiere ocupă locuri intermediare în privința consumului de energie. În cazul tăierilor oblică, înclinată și oblică - înclinată, lucrul mecanic pentru tăiere scade în comparație cu lucrul mecanic la tăierea frontală. Reducerea maximă este de aproximativ 20% și are loc la tăierea oblică.

În procesul de tăiere se disting două faze: precomprimarea materialului cu ajutorul cuțitului și tăierea propriu - zisă. La tăierea frontală cu deplasarea normală a cuțitului procesul începe cu presarea și strivirea tulpinilor perpendicular pe fibre, continuă cu întărirea materialului în zona de contact cu tăișul, apoi încovoierea fibrelor vecine, tracțiunea celor încovoiate și în final, ruperea. La tăierea cu alunecare se adaugă încă o deformare și o tracțiune transversală a fibrelor, iar distrugerea se produce treptat printr-o izolare a elementelor fibroase mai puțin rezistente.

Forța de tăiere în acest caz este mai mică decât la deplasarea normală. În timpul trecerii cuțitului prin stratul de material apar eforturi care acționează asupra materialului și efectuează distrugerea, tăierea fibrelor și eforturi datorate rezistenței la pătrundere a lamei în material.

Forțele corespunzătoare acestor eforturi sunt prezentate în figura 2.

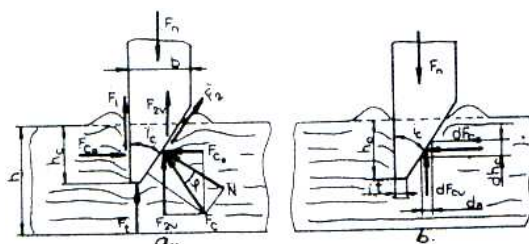


Fig. 2 - Schematic representation of resistances to cutting /  
Reprezentarea schematică a rezistențelor la tăiere

where:  $F_t$  - cutting force;  
 $N$  - the normal force on the cutting edge side;  
 $F_2$  - the frictional force of sidewall of the cutting edge with the material;  
 $F_1$  - the lateral frictional force;  
 $F_n$  - the force acting on the knife to be able to pass through the material;  
 $t$  - thickness of the cutting edge;  
 $h$  - thickness of material layer;  
 $h_c$  - pre-compression of the material corresponding to the beginning of cutting;  
 $i_c$  - the sharpening angle of knife;  
 $b$  - thickness of knife blade.

The force to be applied to the knife for passing through the material is:

$$F_n = F_t + F_{c_v} + F_1 + F_{2_v} \quad (2)$$

The cutting force can be written:

$$F_t = t L \sigma_r \quad (3)$$

where: -  $\sigma_r$  is the stress at breaking.  
 the analytical expression of the stress at breaking can be written:

$$\sigma_r^2 = \sigma_1^2 \cos^2 \delta + \sigma_2^2 \sin^2 \delta \quad (4)$$

where:  $\sigma_1$  - the breaking stress at the frontal cutting;  
 $\sigma_2$  - the breaking stress at the transversal cutting;  
 $\delta$  - the angle of inclination of the cutting plane.

The mechanical work specific for oblique cutting (sliding cutting, where  $\varphi < \zeta$ ) is written:

$$l_s = \sqrt{l_1^2 \cos^2 \delta + l_2^2 \sin^2 \delta} \quad (5)$$

and in the case of cutting without sliding, where  $\zeta < \varphi$ , the above relation can be written:

$$l_s = \sqrt{l_1^2 \cos^2 \delta + l_2^2 \sin^2 \delta} \quad (6)$$

where:  
 $l_1$  - the specific mechanical work necessary for frontal cutting with sliding;  
 $l_1'$  - the specific mechanical work necessary for frontal cutting;  
 $l_2$  - the specific mechanical work necessary for transversal cutting with sliding;  
 $l_2'$  - the specific mechanical work necessary for transversal cutting;  
 $\zeta$  - the friction angle of the cutting edge with the plant stalk.

The differences between the specific mechanical work values are explained by the fact that in the case of cutting with sliding the fibers breakage is done by splitting and at the cutting without sliding is done by deformation. Establishing a relationship between the two types of specific mechanical work of cutting (frontal / transversal), results a coefficient  $\eta$  whose value  $\eta = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_1'}{l_2'}$  increases with

decreasing of humidity of shredded material. Its value increases also with increasing of cutting speed. If we know the value of  $\eta_1$  can be find the specific mechanical work of oblique cutting for any value of the angle  $\delta$

The total mechanical work at the oblique cutting is determined by the formula:

unde:  $F_t$  - forța de tăiere;  
 $N$  - forța normală pe flancul tăișului;  
 $F_2$  - forța de frecare a flancului tăișului cu materialul;  
 $F_1$  - forța de frecare laterală;  
 $F_n$  - forța care acționează asupra cuțitului ca să poată să treacă prin material;  
 $t$  - grosimea tăișului;  
 $h$  - grosimea stratului de material;  
 $h_c$  - precomprimarea materialului corespunzător începerii tăierii;  
 $i_c$  - unghiul de ascuțire al cuțitului;  
 $b$  - grosimea lamei cuțitului.

Forța care trebuie aplicată cuțitului pentru trecerea prin material este:

Forța de tăiere se poate scrie:

unde: -  $\sigma_r$  este tensiunea la rupere.

Expresia analitică a tensiunii la rupere se poate scrie:

unde:  $\sigma_1$  - tensiunea de rupere la tăierea frontală;

$\sigma_2$  - tensiunea de rupere la tăierea transversală;

$\delta$  - unghiul de înclinație al planului de tăiere.

Lucrul mecanic specific pentru tăiere oblică (tăiere cu alunecare, unde  $\varphi < \zeta$ ) se scrie:

iar în cazul tăierii fără alunecare, unde  $\zeta < \varphi$ , relația de mai sus se poate scrie:

unde:  
 $l_1$  - lucrul mecanic specific necesar tăierii frontale cu alunecare;  
 $l_1'$  - lucrul mecanic specific necesar tăierii frontale;  
 $l_2$  - lucrul mecanic specific necesar tăierii transversale cu alunecare;  
 $l_2'$  - lucrul mecanic specific necesar tăierii transversale;  
 $\zeta$  - unghiul de frecare al tăișului cu tulpina plantei.

Deosebirile dintre valorile lucrului mecanic specific se explică prin faptul că în cazul tăierii cu alunecare ruperea fibrelor se face prin despicare iar la tăierea fără alunecare se face prin deformație. Stabilind un raport între cele două categorii de lucru mecanic specific de tăiere (frontal / transversal), rezultă un coeficient  $\eta$  al cărui valoare  $\eta = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_1'}{l_2'}$  crește odată cu scăderea umidității materialului

de tocat. Valoarea lui crește odată și cu creșterea vitezei de tăiere. Dacă se cunoaște valoarea lui  $\eta_1$  se poate afla lucrul mecanic specific al tăierii oblice pentru orice valoare a unghiului  $\delta$

Lucrul mecanic total la tăierea oblică este determinat cu formula:

$$L = L_1 \frac{\pi d^2}{4 \cos \delta} \quad (7)$$

where:

d - the diameter of the stalk in the cutting place;

$L_1$  - the total mechanical work in the case of frontal cutting with sliding;

$\delta$  - the angle of inclination of cutting plan.

It can be observed in the formula (6) that the total mechanical work necessary for cutting increases with the increasing of the angle  $\delta$ . This growth is slower at the beginning, but has a spectacular increase. The explanation consists in the fact that with the increase of the angle  $\delta$  increases the cutting surface by approaching to the transversal cutting. The conclusion is that in the case of oblique cutting without sliding does not reduce the energy consumption by changing the position of the knife. At the oblique cutting with sliding it is found that when the angle  $\delta$  increases, a decrease of the energy required for cutting takes place, followed by a rapid growth also.

$$\delta = \arctg \sqrt{\eta_1 - 2} \quad (8)$$

From expression (7) it is inferred that the corresponding angle for minimum mechanical work cutting depends on the ratio of the specific mechanical work at the frontal and transversal cutting, and the reduction of mechanical work is only possible for the value  $\eta_1 > 2$ .

In the case of the inclined cutting, the researches have shown that the stress can be determined without taking into account the slidings. By destroying the fibers occurs the stalks splitting, even in the absence of knife sliding. The inclined cutting represents the transition from the frontal to longitudinal cutting and is characterized by the inclination angle  $\theta$  of the cutting plan.

$$l_\theta = l_1 \cos^2 \theta + l_3 \sin^2 \theta = l_1 \left( \cos^2 \theta + \frac{1}{\eta_2} \sin^2 \theta \right) \quad (9)$$

where:  $l_3$  is the specific mechanical work of longitudinal cutting; and  $\eta_2 = \frac{l_1}{l_3}$ .

The longitudinal-transversal cutting is a transition phase from the longitudinal to that transversal cutting and is subject to the same laws as the oblique cutting, and the specific mechanical work of cutting:

$$l = l_3 \cos^2 \delta + l_2 \sin^2 \delta = l_3 \left( \cos^2 \delta + \frac{1}{\eta_3} \sin^2 \delta \right) \quad (10)$$

where:  $\eta_3 = \frac{l_3}{l_2}$ .

The inclined oblique cutting is characterized by the variation of both angles  $\delta$  and  $\theta$  the entire range of values, which means that it is the most general cutting case of fodder plants stalks.

The specific mechanical work in the case of oblique-inclined cutting with sliding is given by the relation:

$$l_w = l_\delta \cos^2 \theta + l \sin^2 \theta = (l_1 \cos^2 \delta + l_2 \sin^2 \delta) \cos^2 \theta + (l_3 \cos^2 \delta + l_2 \sin^2 \delta) \sin^2 \theta \quad (11)$$

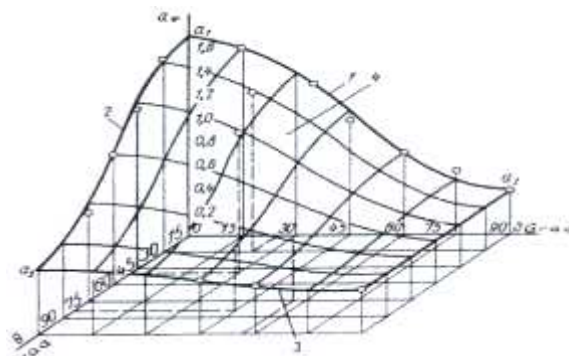


Fig. 3 - The dependency between the specific mechanical work of the oblique inclined cutting and the angles  $\delta$  and  $\theta$  represented in the spatial diagram / Dependența dintre lucrul mecanic specific al tăierii oblice înclinate și unghiurile  $\delta$  și  $\theta$  reprezentat în diagrama spațială

The relation between the specific work of the oblique inclined cutting and the angles  $\delta$  and  $\theta$  is graphically represented as a spatial diagram (Fig. 3).

The main types of cuttings are represented by the points:

- $a_1$  the frontal cutting;
- $a_2$  the transversal cutting;
- $a_3$  the longitudinal cutting.

The curves represent as follows:

1. oblique cutting;
2. inclined cutting;
3. longitudinal-transversal cutting;
4. oblique-inclined cutting.

The straight line of the surface represents the transversal cutting, for which the specific mechanical work does not depend on the variation of angle  $\theta$ . The rest of surface characterizes the specific mechanical work of the oblique inclined cutting under different angles. The sinusoidal surface  $l_\psi = f(\delta, \theta)$  contains all possible cutting cases.

From the diagram results that the specific mechanical work is minimal in the case of transversal position. Generally, mechanical operation needed for the stalk cutting is:

$$L_\psi = l_\psi \frac{d^2 \pi}{4 \cos \psi} = l_\psi \frac{d^2 \pi}{4 \cos \delta \cos \theta} \quad (12)$$

$$L_\psi = L_1 (\cos \delta \cos \theta + \frac{1}{\eta_1} \frac{\sin \delta}{\cos \theta} \operatorname{tg} \delta + \frac{1}{\eta_2} \cos \delta \sin \theta \operatorname{tg} \theta) \quad (13)$$

where:  $L_1$  is the mechanical work needed for the frontal cutting with an inclination  $\zeta$  of the knife, to ensure the cutting with sliding. The following paragraph presents a spatial diagram (Fig. 4), that shows the mechanical work variation depending on the angles  $\delta$ ,  $\theta$  in the case of the oblique cutting with sliding;

where:  $A_1$  the frontal cutting;

- 1 the oblique cutting;
- 2 the inclined cutting;
- 3 the oblique-inclined cutting;
- 4 the minimum values line of mechanical work.

Relația dintre lucrul specific al tăierii oblice înclinate și unghiurile  $\delta$  și  $\theta$  se reprezintă grafic sub forma unei diagrame spațiale (fig. 3).

Tipurile principale de tăieri sunt reprezentate prin punctele:

- $a_1$  tăierea frontală;
- $a_2$  tăierea transversală;
- $a_3$  tăierea longitudinală.

Curbele reprezintă după cum urmează:

1. tăierea oblică;
2. tăierea înclinată;
3. tăierea longitudinal-transversală;
4. tăierea oblică-înclinată.

Linia dreaptă a suprafeței reprezintă tăierea transversală, pentru care lucrul mecanic specific nu depinde de variația unghiului  $\theta$ . Restul suprafeței caracterizează lucrul mecanic specific al tăierii oblice înclinate sub diferite unghiuri. Suprafața sinusoidală  $l_\psi = f(\delta, \theta)$  cuprinde toate cazurile de tăiere posibile. Din diagramă reiese că lucrul mecanic specific este minim în cazul poziției transversale. În general, lucrul mecanic necesar tăierii tulpinii este:

unde:  $L_1$  este lucrul mecanic necesar pentru tăierea frontală cu o înclinare  $\zeta$  a cuțitului, care să asigure tăierea cu alunecare. În continuare se prezintă o diagramă spațială (fig. 4), care ne arată variația lucrului mecanic în funcție de unghiurile  $\delta$ ,  $\theta$  în cazul tăierii oblice cu alunecare,

unde:  $A_1$  tăierea frontală;

- 1 tăierea oblică;
- 2 tăierea înclinată;
- 3 tăierea oblică înclinată;
- 4 linia valorilor minime ale lucrului mecanic.

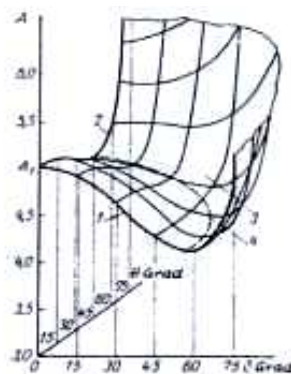


Fig. 4 - Variation of the mechanical work according to the angles  $\delta$  and  $\theta$  in the case of the oblique cutting with sliding / Variația lucrului mecanic în funcție de unghiurile  $\delta$  și  $\theta$  în cazul tăierii oblice cu alunecare

It can be concluded from those shown above, that the oblique cutting is characterized by a minimum mechanical work consumption and with the passing in an inclined position, the mechanical work rises to 80-90% from the value of the mechanical work at the frontal cutting. The curvilinear surface forms the minimum values zone, with inclination to oblique cutting side.

For some materials is valid the relation of proportionality:

$$\sigma_r = \varepsilon E \quad (14)$$

where:

- E - the modulus of elasticity;
- $\varepsilon$  - relative deformation at the cutting limit.

unde:

- E - modulul de elasticitate;
- $\varepsilon$  - deformația relativă la limita de tăiere.

$$\varepsilon = h_0/h \quad (15)$$

The relative deformation, respectively the pre-compression up to beginning of the cutting decreases with increasing of cutting speed. The value  $\sigma_r = 25 - 50 \text{ N/mm}^2$ .

According to Fig. 2, results:

$$N = F_{c_v} \sin i_c + F_{c_o} \cos i_c \quad (16)$$

The lateral friction force  $F_1$ , is:

$$F_1 = f F_{c_o} \quad (17)$$

in which  $f$  is the coefficient of friction between the knife and the material. The vertical component  $F_{2v}$  of friction force  $F_2 = f N$  is given by the relation:

$$F_{2v} = f N \cos i_c = f ( F_{c_v} \frac{\sin 2i_c}{2} + F_{c_o} \cos^2 i_c ) \quad (18)$$

The elementary force that produces the pre-compression of material on the transversal direction (Fig. 2.b), reported to one unit length of knife, is:

$$dF_{c_v} = \varepsilon E dx = \varepsilon E dh_c \operatorname{tg} i_c = E \frac{h_c}{h} dh_c \operatorname{tg} i_c \quad (19)$$

The vertical component will be:

$$F_{c_v} = \frac{E}{h} \operatorname{tg} i_c \int_0^{h_c} h_c dh_c = \frac{E}{2h} h_c^2 \operatorname{tg} i_c \quad (20)$$

The horizontal component  $F_{c_o}$  produces the deformation of material in the longitudinal direction. It is considered that the relative longitudinal deformation  $\varepsilon_1 = \varepsilon \mu$ , where  $\mu$  is the Poisson coefficient,  $\mu = 0,08 - 0,1$ , for the layer of fibrous forages.

The elementary horizontal force is:

$$dF_{c_o} = \varepsilon_1 E dh_c = \mu \frac{h_c}{h} E dh_c \quad (21)$$

from where:

$$F_{c_o} = \mu \frac{E}{h} \int_0^{h_c} h_c dh_c = \mu \frac{E h_c^2}{2h} \quad (22)$$

Knowing all this, we can determine the total force per a unit of length of knife, which is:

$$F_n = t \sigma_r + \frac{E h_c^2}{2h} [ \operatorname{tg} i_c + f \sin^2 i_c + \mu (f + \cos^2 i_c) ] \quad (23)$$

In the relation (22) the first term represents the cutting resistance, and the second term represents the parasitic resistance caused by material at the cutting blades penetration. In large part, during the cutting process 50÷70% of the total cutting energy is due to parasitic resistances, and they are significantly influenced by the angle of sharpening  $i_c$ . Reducing the sharpening angle  $i_c$  leads to easier penetration of knife in the plants layer, to the reduction of frictions with the material and to the reduction of energy consumption. The drawback of this aspect is that at small values of the angle of sharpening  $i_c$  resistance to mechanical stresses the cutting edge shall be reduced and the wear increases. The common values of the sharpening angle  $i_c$  are between  $20^\circ$  și  $24^\circ$ .

Deformarea relativă, respectiv precomprimarea până începe tăierea scad cu creșterea vitezei de tăiere. Valoarea  $\sigma_r = 25 - 50 \text{ N/mm}^2$ .

Conform fig. 2, rezultă:

Forța de frecare laterală  $F_1$ , este:

în care  $f$  este coeficientul de frecare între cuțit și material. Componenta verticală  $F_{2v}$  a forței de frecare  $F_2 = f N$  este dată de relația:

Forța elementară care produce precomprimarea materialului pe direcția transversală (fig. 2.b), raportată la o unitate de lungime de cuțit, este:

Componenta verticală va fi:

Componenta orizontală  $F_{c_o}$  produce deformarea materialului pe direcția longitudinală. Se consideră că deformarea relativă longitudinală  $\varepsilon_1 = \varepsilon \mu$ , unde  $\mu$  este coeficientul lui Poisson,  $\mu = 0,08 - 0,1$ , pentru stratul de furaje fibroase.

Forța elementară orizontală este:

de unde:

Cunoscând toate acestea, se poate determina forța totală pentru o unitate de lungime de cuțit, care este:

În relația (22) primul termen reprezintă rezistența la tăiere, iar al doilea termen reprezintă rezistențele parazite produse de material la pătrunderea lamei tăietoare. În mare parte în cursul procesului de tăiere 50 - 70% din energia totală de tăiere se datorează rezistențelor parazite, iar acestea sunt semnificativ influențate de valoarea unghiului de ascuțire  $i_c$ . Micșorarea unghiului de ascuțire  $i_c$  duce la pătrunderea mai ușoară a cuțitului în stratul de plante, la diminuarea frecărilor cu materialul și la reducerea consumului de energie. Neajunsul acestui aspect îl reprezintă faptul că la valori mici al unghiului de ascuțire  $i_c$  se reduce rezistența tăișului la solicitări mecanice și crește uzura. Valorile uzuale ale unghiului de ascuțire  $i_c$  se situează între  $20^\circ$  și  $24^\circ$ .

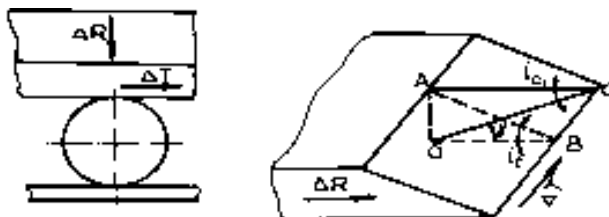


Fig. 5 - Schematic representation of cutting with sliding / *Reprezentarea schematică a tăierii cu alunecare*

In the case of cutting with sliding fig. 5, the knife is moving both on the normal direction to fibers, and on the longitudinal direction.

From the OAB and OAC triangles, results:

În cazul tăierii cu alunecare, fig. 5, cuțitul se deplasează atât pe direcția normală față de fibre, cât și pe direcția longitudinală.

Din triunghiurile OAB și OAC rezultă:

$$\operatorname{tg} i_c = \frac{OA}{OB} \text{ și } \operatorname{tg} i_{c1} = \frac{OA}{OC} \quad (24)$$

By division is obtained:

Prin împărțire se obține:

$$\frac{\operatorname{tg} i_{c1}}{\operatorname{tg} i_c} = \frac{OB}{OC} = \cos \gamma \quad (25)$$

from where:

de unde:

$$\operatorname{tg} i_{c1} = \operatorname{tg} i_c \cos \gamma \quad (26)$$

namely  $i_{c1}$  is smaller than  $i_c$ , and consequently the effective cutting angle is smaller than the sharpening angle of the knife.

adică  $i_{c1}$  este mai mic decât  $i_c$  și prin urmare unghiul efectiv de tăiere este mai mic decât unghiul de ascuțire al cuțitului.

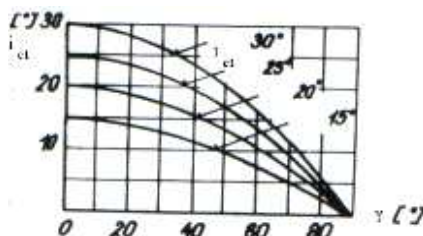


Fig. 6 - The correlation between the effective cutting angle and the sharpening angle of the knife /  
Corelația între unghiul efectiv de tăiere și unghiul de ascuțire al cuțitului

Reducing the effective cutting angle has as a result reducing the cutting resistance by reducing the parasitic resistance. This decrease of the cutting angle in the case of cutting with sliding is called kinematic transformation of the sharpening angle.

Analyzing the relation (22), we notice that the first term, regarding the cutting resistance, depends on the cutting edge thickness. An ideal cutting can be obtained with a knife whose cutting edge has the thickness of  $t = 1 - 2 \mu\text{m}$ . But practically, such a knife wears out very quickly. Simultaneously with the increasing of the cutting edge thickness the energy consumption increases too.

Micșorarea unghiului de tăiere efectiv are ca rezultat, micșorarea rezistenței la tăiere prin reducerea rezistențelor parazite. Această micșorare a unghiului de tăiere în cazul tăierii cu alunecare se numește transformare cinematică a unghiului de ascuțire.

Analizând relația (22) observăm că primul termen, în ceea ce privește rezistența la tăiere, depinde de grosimea tăișului. O tăiere ideală se poate obține cu un cuțit al cărui tăiș are grosimea  $t = 1 - 2 \mu\text{m}$ . Practic însă, un asemenea cuțit se uzează foarte repede. Odată cu creșterea grosimii tăișului crește și consumul de energie.

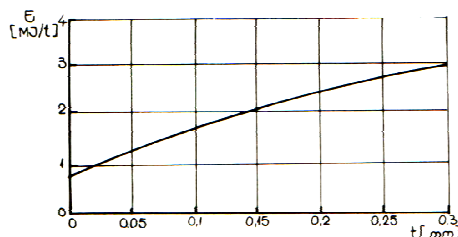


Fig. 7 - Variation of specific energy consumption depending on the thickness of the cutting edge /  
Variația consumului specific de energie în funcție de grosimea tăișului

The variation of specific energy consumption depending on the thickness of the cutting edge in the case of grassy forage plants shredding at the length  $l_t = 24.5 \text{ mm}$  is shown in the graph in Fig. 7.

In the case of shredding of a thick layer of corn stalks with a knife with the sharpening angle  $i_c = 30^\circ$ , the specific mechanical work for cutting increases with the thickness of the cutting edge after the following law:

$$I_s = K \sqrt{t} \quad (\text{J/cm}^2) \quad (27)$$

where:  $t$  - the thickness of the cutting edge in  $\mu\text{m}$ ;  $K$  - proportionality coefficient varying between the values  $0.12 \div 0.2$ .

For a good cutting of fibrous forages with relatively low energy consumption and knives duration of use acceptable for the practice, the thickness of the cutting edge should be between the following values  $t = 15 \div 150 \mu\text{m}$ . Cutting conditions are getting worse when  $t = 0.5 \text{ mm}$ , and if it reaches the values  $t \geq 1.5 \text{ mm}$ , cutting ceases and is replaced by tearing.

Experimentally has been established that the distance between the cutting pair elements, knife and counter-knife, has an influence on the energetics of the cutting process, which follows from Fig. 8.

Variația consumului specific de energie funcție de grosimea tăișului în cazul tocării plantelor furajere ierboase la lungimea  $l_t = 24,5 \text{ mm}$  este prezentată în graficul din fig. 7.

În cazul tocării unui strat gros de tulpini de porumb cu un cuțit cu unghiul de ascuțire  $i_c = 30^\circ$ , lucrul mecanic specific de tăiere crește în funcție de grosimea tăișului după următoarea lege:

unde:  $t$  - grosimea tăișului în  $\mu\text{m}$ ;  $K$  - coeficientul de proporționalitate care variază între valorile  $0,12 \div 0,2$ .

Pentru o tăiere bună a furajelor fibroase cu consum de energie relativ scăzut și durată de utilizare a cuțitelor acceptabilă pentru practică, grosimea tăișului trebuie să fie între următoarele valori  $t = 15 \div 150 \mu\text{m}$ . Condițiile de tăiere se înrăutățesc când  $t = 0,5 \text{ mm}$ , iar dacă ajunge la valori  $t \geq 1,5 \text{ mm}$ , tăierea încetează și este înlocuită cu rupere.

Experimental s-a stabilit că distanța dintre elementele perechii tăietoare, cuțit și contracuțit, are influență asupra energeticii procesului de tăiere, fapt care reiese din fig. 8.



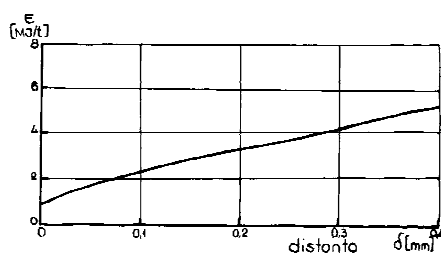


Fig. 8 - Variation of specific energy consumption depending on the clearance between knife and counter-knife /  
 Variația consumului specific de energie în funcție de jocul dintre cuțit și contracuțit

The specific energy consumption increases with increasing of the clearance  $\delta$  between the knife and counter-knife because the propping of strains by counter-knife is made at a certain distance from the cutting section and occurs the bending of the stalks. The bending part is collected in the space  $\delta$ , requiring additional efforts for overcoming the frictions. The size of deformation on bending of plants increases with the increasing of the force that it produces. As a result, when the cutting resistance increases due to blunting of the cutting edge, will increase the bending arrow of stalks in the active interstice and the wedging effect of the knife in the layer of material. The gap  $\delta$  has a smaller influence in the case of good sharp knives and of plants with thick shank.

The influence of distance between knife and counterknife is also linked to the form counterknife. If the sharpening angle of the counter-cutting plate decreases, it reduces and the energy consumption due to the removal or reduction of parasitic friction between the layer of material bent on the edge of counterknife and squeezed between the counterknife face and knife. At the same time, in the case of sharp counter-cutting plate, occurs also a counter-cutting of the layer of material, therefore a reduction in its thickness.

The specific energy consumption in the process of shredding is estimated to decrease with increasing of cutting speed. The decrease is obvious when most part of the energy consumed is due to the deformation of the layer of material. Reducing of energy consumption at increasing of cutting speed is explained by the fact that the stresses in the place of contact between knife and strain are transmitted with a certain speed along the stalk, deforming the fibers not only under the blade, but also in the surrounding portion. For this is consumed energy. If the cutting speed increases, only a small part of the tensions succeeds to propagate longitudinally, and mostly focuses around the cutting edge producing the fibers rupture. It is estimated that the optimal cutting speed is of 32÷35 m /s.

The shredding device used at trailers for collecting and loading of fodder plant, must meet the following technical requirements:

- to ensure the material shredding at the prescribed length;
- to achieve a high uniformity of fragments length of the fodder material;
- to carry the breakage or shredding of stalk fragments with a large diameter.

## CONCLUSIONS

From the analysis of the main studies and researches on cutting of agricultural plant stalks used in feeding of animals published in the specialized literature, the following conclusions can be drawn:

- the knowledge of cutting-shredding resistance of stalks of fodder plants is necessary both for the calculation and design of new agricultural machinery and to their correct operation;
- cutting resistance of stalks of fodder plants is very changeable, depending on the cultivated plant variety, the phases of its development, climatic and soil conditions, agro-technical works applied, the environment humidity, etc.;
- the stalks of fodder plants have a high capacity to

Consumul specific de energie crește odată cu creșterea jocului  $\delta$  dintre cuțit și contracuțit datorită faptului că rezemarea tulpinilor de către contracuțit se face la o anumită distanță față de secțiunea de tăiere și are loc încovoierea țigilor. Partea încovoiată este strânsă în spațiul  $\delta$ , necesitând eforturi suplimentare pentru învingerea frecărilor. Mărimea deformației la încovoiere a plantelor crește odată cu creșterea forței care o produce. Ca urmare, atunci când rezistența la tăiere crește datorită tocirii tăișului, vor crește săgeata la încovoiere a tulpinilor în interstițiul activ și efectul de împănare a cuțitului în stratul de material. Jocul  $\delta$  are o influență mai mică în cazul cuțitelor bine ascuțite și al plantelor cu tijă groasă.

Influența distanței dintre cuțit și contracuțit este legată și de forma contracuțitului. Dacă unghiul de ascuțire al plăcii contratăietoare se micșorează, se reduce și consumul de energie ca urmare a înlăturării sau diminuării frecării parazite dintre stratul de material îndoit pe marginea contracuțitului și strâns între fața contracuțitului și cuțit. Totodată, în cazul plăcii contratăietoare ascuțite, se produce și o contratăiere a stratului de material, deci o reducere a grosimii lui.

Consumul specific de energie în procesul de tocare se apreciază că scade cu creșterea vitezei de tăiere. Scăderea este evidentă atunci când cea mai mare parte din energia consumată se datorează deformării stratului de material. Reducerea energiei consumate la creșterea vitezei de tăiere se explică prin aceea că tensiunile în locul de contact dintre cuțit și tulpină se transmit cu o anumită viteză de-a lungul tulpinii, deformând fibrele nu numai sub tăiș, dar și în porțiunea învecinată. Pentru aceasta se consumă energie. Dacă viteza de tăiere crește, numai o mică parte a tensiunilor reușește să se propage longitudinal, iar cea mai mare parte se concentrează în jurul tăișului producând ruperea fibrelor. Se apreciază că viteza optimă de tăiere este de 32÷35 m /s.

Dispozitivul de mărunțire folosit la remorcile de adunat și încărcat plante furajere, trebuie să îndeplinească următoarele cerințe tehnologice:

- să asigure mărunțirea materialului la lungimea prescrisă;
- să realizeze o uniformitate ridicată a lungimii fragmentelor de material furajer;
- să execute spargerea sau fibrarea fragmentelor de tulpini cu diametru mare.

## CONCLUZII

Din analiza principalelor studii și cercetări privind tăierea tulpinilor plantelor agricole utilizate la furajarea animalelor publicate în literatură de specialitate, se desprind următoarele concluzii:

- cunoașterea rezistenței la tăiere-mărunțire a tulpinilor plantelor furajere este necesară atât pentru calculul și proiectarea mașinilor agricole noi cât și la exploatarea corectă a acestora;
- rezistența la tăiere a tulpinilor plantelor furajere este foarte schimbătoare, depinzând de soiul plantei cultivate, fazele de dezvoltare ale acesteia, condițiile de climă și sol, lucrările agrotehnice aplicate, umiditatea mediului înconjurător, etc.;
- tulpinile plantelor furajere au o mare capacitate de a se

deform being characterized by heterogeneity and anisotropy and therefore it is necessary to apply cutting tasks with high enough speed;

- increasing the chopping- shredding capacity of fodder plants depends primarily on the type of chopping device used and not the least on the type cutting;
- studies conducted so far have only partially succeeded to analyze the cutting process of stalks of fodder plants correlated with all the factors on which depends this complex phenomenon, because of their multitude such as: the knife geometry, the cutting speed, the friction forces, the trajectory the knife, the knife arrangement to counter-knife, etc.;
- the energy consumption required for cutting is greatly influenced by kinematic and constructive parameters of the cutting couple;
- of those shown is evident why the study of cutting-shredding process of fodder plants strains must be continued, in order to find the best solutions for cutting in the case of shredding machines of self loading trailers of hay, to reduce the energy consumption in the cutting-shredding process, which would implicitly mean reducing of fuel consumption of equipment;
- from the desire to contribute to improving the agricultural machines building and to the development of the agricultural mechanics as a science, we proposed the improvement of cutting-shredding process which occurs in the channel of transportation at the self loading trailers for transportation of hay, and the establishment of a profile of knife to accomplish this, allowing a cutting with minimum energy consumption, regardless of disturbing influences such as humidity variation, type of forage and the degree of development of the harvested plants.

#### REFERENCES

- [1]. Neculăiasa V.; Dănilă I., (1986) - *Agricultural machines for harvesting*. Lithographed I. P. Iași;
- [2]. Neculăiasa V.; Dănilă I., (1986-1989) - *Agricultural machines for harvesting*. Vol. I, II (The practical activities guide), Publishing House Litografia I. P. Iași;
- [3]. Neculăiasa V., Dănilă I., (1995) - *Working processes and agricultural harvesting machines*, Publishing House A92, Iași;
- [4]. Szendro P. (2000) - *Analysis shredding process based on analyzing the distribution of lengths cut*, Agricultural University Saint Stephen, Godollo;
- [5]. Szendrő P., Lengyel A., László A., Patay I., Jóri J. I., Fodor D., Csizmazia Z., Szüle Z., Láng Z., Neményi M., Győrfi G., Horváth B., Szabó G., Takátsy T., Wachtler I., Vermes P. (2003) - *Mechanics*, Agricultural Publishing House, Budapest.

deforma fiind caracterizate prin neomogenitate și anizotropie și din această cauză este necesară aplicarea sarcinilor de tăiere cu viteză suficient de mare;

- mărirea capacităților de tocare-mărunțire a plantelor furajare depinde în primul rând de tipul aparatului de tocat utilizat și nu în ultimul rând de tipul tăierii;
- studiile efectuate până în prezent au reușit numai parțial să analizeze procesul de tăiere a tulpinilor plantelor furajare în corelație cu toți factorii de care depinde acest fenomen complex, din cauza multitudinii acestora cum ar fi: geometria cuțitului, viteza de tăiere, forțele de frecare, traiectoria cuțitului, așezarea cuțitului față de contracuțit, etc.;
- consumul de energie necesar tăierii este influențat în mare măsură de parametrii cinematici și constructivi ai cuplului tăietor;
- din cele arătate reiese evident motivul pentru care studiul procesului de tăiere-mărunțire al tulpinilor de plante furajare trebuie să fie continuat, în vederea găsirii celor mai bune soluții de tăiere în cazul aparatelor de tocare ale remorcilor autoîncărcătoare fân, pentru a reduce consumul de energie în procesul de tăiere-mărunțire, care ar însemna implicit reducerea consumului de carburanți ale utilajelor;
- din dorința de a contribui la îmbunătățirea construcției de mașini agricole și la dezvoltarea mecanicii agricole ca știință, am propus îmbunătățirea procesului de tăiere-mărunțire care are loc în canalul de transport la remorcile autoîncărcătoare de transportat fân, precum și stabilirea unui profil de cuțit care să realizeze acest lucru, permițând obținerea unei tăieri cu consum minim de energie, indiferent de influențele perturbatoare cum ar fi variația umidității, felul furajului și gradul de dezvoltare al plantelor recoltate.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1]. Neculăiasa V.; Dănilă I., (1986) - *Mașini agricole de recoltat*. Litografiat I. P. Iași;
- [2]. Neculăiasa V.; Dănilă I., (1986-1989) - *Mașini agricole de recoltat*. Vol. I, II (îndrumător de lucrări practice), Ed. Litografia I. P. Iași;
- [3]. Neculăiasa V., Dănilă I., (1995) - *Procese de lucru și mașini agricole de recoltat*, Editura A92, Iași;
- [4]. Szendro P. (2000) - *Analiza procesului de mărunțire, bazat pe analiza distribuției lungimilor tăiate*, Universitatea Agricolă Sfântul Ștefan, Godollo;
- [5]. Szendrő P., Lengyel A., László A., Patay I., Jóri J. I., Fodor D., Csizmazia Z., Szüle Z., Láng Z., Neményi M., Győrfi G., Horváth B., Szabó G., Takátsy T., Wachtler I., Vermes P. (2003) - *Mecanică*, Editura Agricultura, Budapesta.