

# INFLUENCE OF TILLAGE TOOLS CUTTING EDGE WEAR OVER TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS / INFLUENȚA UZĂRII MUCHIEI ȚĂIETOARE ASUPRA INDICATORILOR TEHNICO-ECONOMICI IN PROCESUL DE PRELUCRARE A SOLULUI

Ph.D.Eng. Fechete Tutunaru L. V.,<sup>1)</sup> Ph.D. Stud. Eng. Nagy E. M.,<sup>2)</sup> Ph.D. Stud. Eng. Coța C-tin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Technical University of Cluj-Napoca, <sup>2)</sup> INMA Bucharest

E-mail: [lucian.fechete@auto.utcluj.ro](mailto:lucian.fechete@auto.utcluj.ro)

**Abstract:** The geometry of the cutting edge or of the surface contour is of great importance in minimizing the energy required for the mechanical processing operations. The vast majority of the research conducted so far in the soil processing field focuses on macro geometry of the tools without taking into account the geometry of the cutting edge. This paper presents the results of experimental research regarding the influence of the modification by wear of the constructive parameters of the cutting edge corresponding to the tillage tool on the economic indicators in the working process. Thus was established a mathematical model that highlights the correlation between the processed surface and the linear wear of tools, with which the average area that a tool can process until it reaches a wear limit value, can be determined.

**Keywords:** tool, soil, wear

## INTRODUCTION

The studies made [1], [3], [9], [11], show that the resistance force of an agricultural tool, is affected by the wear of the tool, that modifies the geometry of the cutting edge according to the soil type and functional parameters. It was shown that a worn cutting edge increases drag resistance and greatly modifies the value of the vertical component of the resistance force (Inns, 1990 [6]). In 1999, [7], measured the drag resistance for six types of thickness of the cutting edge of the plough blade and showed that the measured force increases exponentially with the thickness of the cutting edge. In 1996 [4], in the research on cutting edge geometry and its effect on tillage performance showed an increase of up to 80% of the drag resistance force for the cultivator arrows and that the direction of the vertical force can change from pushing the tool into the soil to raising it in the case of two tools having the same macro geometry but with the cutting edge in one case sharpened and the other case worn. In the X-ray photos, the level of loosening and the penetration resistance measurements showed that the worn cutting edges often induce the appearance of fissures and cracks in the soil layer below the tool. Among the works consulted, there was no study found on the optimal geometry of the cutting edge in relation to final soil parameters and with the drag resistance force.

## MATERIAL AND METHOD

Depending on the soil working tool and its position during operation, the profile of the cutting edge can be symmetrical or asymmetrical. Thus, in general, the tools working in a vertical profile show a symmetrical cutting edge profile whose geometrical parameters are shown in the figures below.

From Figures 1 and 2 is noted that the geometric parameters of the tool's cutting edge and the ones of the tool's contour dependent on two macro geometrical parameters namely: the tool's width  $b$  and thickness  $h$  and the functional parameter  $\alpha$  – the tool's angle of attack.

**Rezumat:** Geometria muchiei tăietoare sau a conturului suprafeței de lucru prezintă o importanță deosebită în minimizarea energiei necesare în cadrul operațiilor de prelucrare mecanică. Marea majoritate a cercetărilor realizate până în prezent în domeniul prelucrării solului se concentrează pe macrogeometria sculelor fără a lua în considerare geometria muchiei tăietoare. În lucrare sunt prezentate rezultatele unor cercetări experimentale privind influența modificării prin uzare a parametrilor constructivi ai muchiei tăietoare aferentă sculei de lucrat solul asupra indicatorilor tehnico-economici în procesul de lucru. Astfel a fost stabilit un model matematic care pune în evidență corespondența între suprafața prelucrată și uzura liniară a sculelor, cu ajutorul căruia se poate stabili suprafața medie pe care o poate prelucra o sculă până să ajungă la o valoare limită a uzurii.

**Cuvinte cheie:** sculă, sol, uzură

## INTRODUCERE

Studiile efectuate de [1], [3], [9], [11], au arătat faptul că forța de rezistență a unei scule agricole este afectată de uzura sculei, care modifică geometria muchiei tăietoare în funcție de tipul solului și parametrii funcționali. S-a arătat că o muchie tăietoare uzată mărește rezistența la înaintare și modifică puternic valoarea componentei verticale a forței de rezistență [6]. În 1999 [7] a măsurat valoarea rezistenței la înaintare pentru șase grosimi ale muchiei tăietoare a brăzdarului plugului și a arătat că valoarea forței măsurate crește exponențial cu grosimea muchiei tăietoare. În 1996 [4], în cercetările efectuate asupra geometriei muchiei tăietoare și efectul ei asupra performanțelor prelucrării solului a arătat o creștere cu până la 80% a forței de rezistență la înaintare pentru săgeți de cultivator și că sensul forței verticale se poate schimba de la a împinge scula în sol la a o ridica în cazul a două scule cu aceeași macrogeometrie dar cu muchia tăietoare într-un caz ascuțită iar în celălalt caz uzată. În fotografiile cu raze X, gradul de afânare realizat și determinările rezistenței la penetrare au arătat că muchiile tăitoare uzate conduc de cele mai multe ori la apariția fisurilor și crăpăturilor în stratul de sol de sub sculă. Printre lucrările consultate nu s-a găsit nici un studiu referitor la geometria optimă a muchiei tăietoare în relație cu durabilitatea sculei, uzura sculei în raport cu parametrii finali ai solului și cu forța de rezistență la înaintare.

## MATERIAL ȘI METODĂ

În funcție de tipul sculei de lucrat solul și de poziția ei în timpul funcționării, profilul muchiei tăietoare poate fi unul simetric sau asimetric. Astfel, în general, sculele ce lucrează în plan vertical prezintă un profil simetric al muchiei tăietoare ai cărei parametri geometrici sunt evidențiați în figurile de mai jos.

Din figurile 1 și 2 se remarcă că parametrii geometrici ai muchiei tăietoare a sculei și cei ai conturului sculei sunt dependenți de doi parametri macrogeometrici respectiv: lățimea  $b$  și grosimea sculei  $h$  și de parametrul funcțional  $\alpha$  – unghiul de atac al sculei.

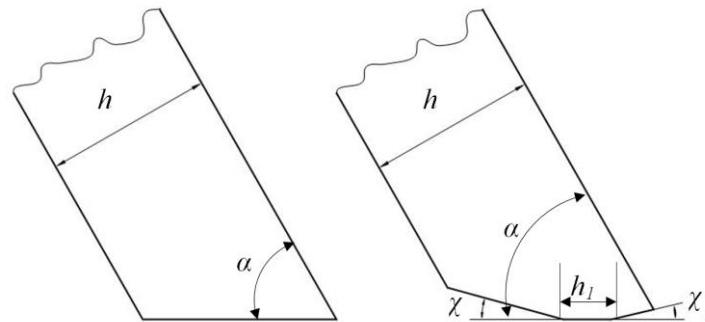


Fig. 1 - Lateral contour of a vertical tillage tool: a) simple; b) complex

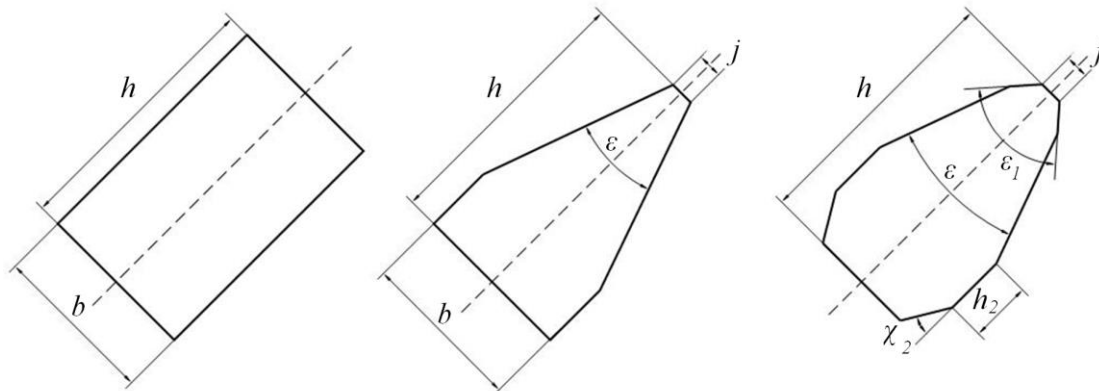


Fig. 2 - Cross section through a vertical tillage tool: a) blunt; b) sharp and chamfered; c) complex profile

For the lateral contour of the tool the following possible geometrical parameters are highlighted:

$\chi$  - angle of setting of the lower surface of the tool (it depends on the elasticity of the soil);

$h_1$  - the friction length of the lower surface of the tool with the soil (furrow bottom) (surface parallel to the ground);

$\chi_1$  - secondary angle of attack (value corresponding to [4] can lead to the compaction of the furrow bottom or on the contrary to the creation of fissures and cracks in the soil beneath the tool).

For the cross section of the tool are outlined the following geometrical parameters of the cutting edge:

$\varepsilon$  - the tool sharpening angle (reducing its value leads to lowering the resistance force and mechanical resistance and rigidity of the tool);

$j$  - cutting edge chamfer width (the decrease of  $j$  leads to a decrease of the drag resistance force of the tool, depending on the angle  $\varepsilon$  there is a minimum value for  $j$  given by the bending resistance of the tip of the cutting edge related to the type of soil that the tool is working on);

$\chi_2$  - setting angle of the lateral surface of the tool compared to the vertical plane of the soil (furrow wall);

$h_2$  - the friction length of the lateral surface of the tool with the furrow wall;

$\varepsilon_1$  - secondary sharpening angle (between  $180^\circ$  and  $\varepsilon$ , allows to reduce the value of  $j$  and the rapid emergence of a worn cutting profile favorable for cutting soil).

The model for the soil processing tool considered, Fig. 3, starts from a narrow and flat tool and is developed to take into account the effect of the cutting edge on cutting the soil, the maximizing of the amount of broken soil and the determining of the force necessary to overcome the soil resistance.

Starting from the first constructive parameter of the tool, its width  $b$ , the model is developed by setting the

Pentru conturul lateral al sculei se evidențiază ca posibili parametri geometrici:

$\chi$  - unghiul de așezare al suprafeței inferioare a sculei (depinde de elasticitatea solului);

$h_1$  - lungimea de frecare a suprafeței inferioare a sculei cu solul (fundul brazdei) (suprafața paralelă cu planul solului);

$\chi_1$  - unghiul de atac secundar (valoarea lui corespunzător cu [4] poate conduce la tasarea fundului brazdei sau dimpotrivă la crearea de fisuri și crăpături în zona solului de sub sculă).

Pentru secțiunea transversală a sculei se conturează următorii parametri geometrici ai muchiei tăietoare:

$\varepsilon$  - unghiul de ascuțire al sculei (micșorarea valorii lui duce la scăderea forței de rezistență și a rezistenței mecanice și a rigidității sculei);

$j$  - lățimea de țesire a tăişului (scăderea lui  $j$  duce la micșorarea forței de rezistență la înaintare a sculei; în funcție de unghiul  $\varepsilon$  există o valoare minimă a  $j$  dată de rezistența la încovoiere a vârfului muchiei tăietoare raportată la tipul de sol în care lucrează scula);

$\chi_2$  - unghiul de așezare al suprafeței laterale al sculei față de planul vertical al solului (peretele brazdei);

$h_2$  - lungimea de frecare a suprafeței laterale a sculei cu peretele brazdei;

$\varepsilon_1$  - unghiul de ascuțire secundar (cuprins între  $180^\circ$  și  $\varepsilon$ ; permite reducerea valorii  $j$  și apariția mai rapidă a unui profil uzat favorabil tăierii solului).

Modelul sculei de prelucrat solul luat în considerare, fig.3, pornește de la o sculă îngustă plană și se dezvoltă pentru a lua în considerare efectul muchiei tăietoare asupra tăierii solului, maximizarea volumului de sol destrămat și determinarea forței necesare de învingere a rezistenței solului.

Pornind de la primul parametru constructiv al sculei, lățimea acesteia  $b$ , se dezvoltă modelul prin impunerea

apex angle  $\epsilon$ , the width of the chamfer  $j$  and of the radius of curvature of the chamfer  $r$  that occurs as a result of the tool's wear. The functional parameters of the tool that are modeled are imposed by the tool angle  $\alpha$ , working depth  $a$ , and working speed  $v$ .

Thus, in Table 1 are indicated the geometric parameters of tools made from S235JR, SR EN 10025-2:2004/AC:2005 material chosen for its high workability, possibility of electric arc welding and low cost. It is noted the use of a constant width and of seven different apex angles for a set of tools along with the realization of four different chamfers, resulting in a total of 28 tested tools.

unghiului la vârf  $\epsilon$ , a lăţimii teşiturii  $j$  şi respectiv a razei de curbură a teşiturii  $r$  ce apare în urma uzării sculei. Parametrii funcţionali ai sculei ce se modelează sunt impuşi prin unghiul sculei  $\alpha$ , adâncimea de lucru  $a$  şi viteza de lucru  $v$ .

Astfel, în tabelul 1 sunt precizaţi parametrii geometrici ai sculelor fabricate din S235JR, SR EN 10025-2:2004/AC:2005, material ales pentru prelucrabilitatea ridicată, posibilitatea sudării lui cu arc electric şi costul scăzut. Se remarcă utilizarea unei lăţimi constante şi a şapte unghiuri la vârf diferite pentru un set de scule, alături de realizarea a patru teşiri distincte rezultând un total de 28 de scule încercate.

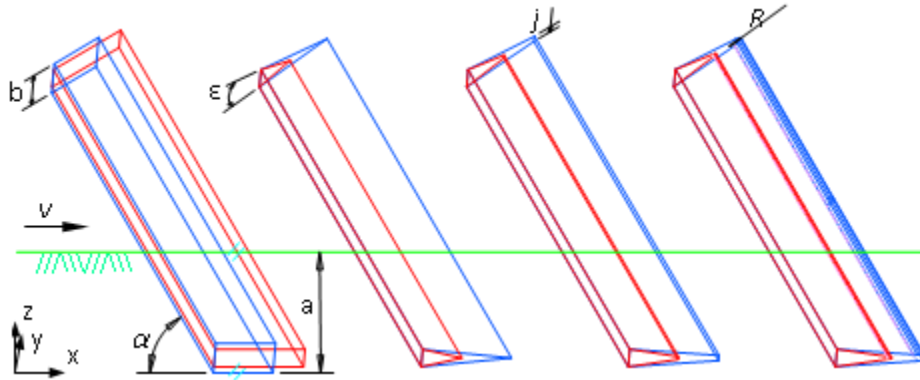


Fig. 3 - Geometrical and functional parameters of the tool

Geometrical parameters of the tools used within the experiment

No.	$\epsilon$ [°]	$b$ [mm]	Chamfer $j$ [mm]			
1	15	20	0	2	4	6
2	30					
3	45					
4	60					
5	90					
6	120					
7	180					

Table 1

The testing environment is a frictional one, without cohesion and without structure - respectively quartz sand for adhesive dried mortars, washed and mechanically classified with a particle diameter between 0 and 0.3 mm. This corresponds to a conformable maximal wearing effect [12] which states that "the wear is maximum when the percentage of abrasive particles having a 0.25 mm size has a maximum value."

It was also determined the resistance to penetration of the testing environment used with the force gauge (penetrometer), and the results are given in Table 2.

Mediul de încercare este unul fricţional, fără coeziune şi fără structură - respectiv nisip fin cuarţos pentru mortare adezive uscate, spălat şi clasat mecanic cu diametrul particulelor între 0 şi 0,3 mm. Acesta corespunde unui efect de uzare maximă conform [12] în care se precizează că „uzura este maximă când procentul de particule abrazive cu dimensiunea de 0,25 mm are valoare maximă”.

A fost de asemenea determinată rezistenţa la penetrare a mediului de încercare utilizat cu ajutorul penetrometrului, iar rezultatele obţinute sunt cele precizate în tabelul 2.

Resistance to penetration of the testing environment used

Depth [mm]	50	100	150	200	250
Average [N]	102.4	191.0	258.0	322.2	333.0
Dispersion [%]	8.246	19.3611	15.111	17.9348	12.986
Cone parameters	Cone no. 4; cone base diameter – 25.33 mm; cone base area – 500 mm <sup>2</sup>				
Soil resistance [N/cm <sup>2</sup> ]	20.48	38.20	51.60	64.44	66.60

Table 2

The tests made under laboratory conditions were carried out on a test stand with a soil channel, by moving the tools in a circular path with a diameter of 1850 mm at a speed of 1.5 m/s. The tool-holder assembly allows changing the depth of processing up to 500 mm with a step of 50 mm and changing the tool's angle of attack between -60° and +60° with a step of 15°.

Încercările în condiţii de laborator s-au realizat pe un stand de încercare cu canal de sol, prin deplasarea sculelor pe o traiectorie circulară cu un diametru de 1850 mm cu o viteză de 1,5 m/s. Ansamblul port-sculă realizat permite modificarea adâncimii de prelucrare până la 500 mm cu un pas de 50 mm şi modificarea unghiului de atac al sculei între -60°÷+60° cu un pas de 15°.

Force measurement was performed with a S2 series force transducers from the HBM company. Data acquisition was performed with the Spider 8 measurement system produced by the same company.

To evaluate the effects of various geometrical and functional parameters of the tillage tool an experiment was designed, which includes four categories of factors. The experiment conception is a standard factorial one that involves all the combinations of the factor levels (3x7x4x3).

Considering the capabilities offered by the experimental stand used, were taken as independent parameters (factors): tool working position (3 positions corresponding to different work depths due to the angle of attack and the tool's constructive parameters - manufacturing errors ) given by adjusting the stand; tool sharpening angle, materialized by the 7 tools used; cutting edge chamfering performed to simulate the effect of wear on the cutting edge on the drag resistance, materialized by four discrete values and the tool's angle of attack (3 positions) also given by the stand adjustments.

Briefly, the experiment carried out is shown in table 3.

Măsurarea forțelor s-a realizat cu traductoare de forță seria S2 ai companiei HBM. Achiziția datelor s-a realizat cu sistemul de măsurare Spider 8 produs de aceeași firmă.

Pentru evaluarea efectelor diferiților parametri geometrici și funcționali ai sculei de lucrat solul s-a conceput un experiment ce include patru categorii de factori. Concepția experimentului este una factorială standard ce presupune toate combinațiile nivelelor factorilor (3x7x4x3).

Luând în considerare capacitățile oferite de standul experimental utilizat s-au luat ca și parametri independenți (factori): poziția de lucru a sculei (3 poziții de lucru ce corespund diferitelor adâncimi de lucru datorate unghiului de atac și parametrilor constructivi ai sculei – erori de fabricare) dată de reglarea standului; unghiul de ascuțire a sculelor, materializate prin cele 7 scule utilizate; teșirea muchiei tăietoare realizată pentru a simula efectul uzării muchiei tăietoare asupra rezistenței la înaintare, materializată prin patru valori discrete și unghiul de atac al sculei (3 poziții) dat de asemenea de reglarea standului.

Sumar, experimentul realizat se prezintă în tabelul 3.

Table 3

Basic data of the experiment carried out

Factors	Levels	Units of measurement	Description
Position	3	mm	Tools working position (vertical)
Tools	7	degrees	Value of the sharpening angle of the tools
Chamfer	4	mm	Value of the cutting edge chamfering of the tools
Angle of attack	3	degrees	Value of the tool's angle of attack
Force		N	Measured value of the drag resistance force of the tools

For each of the 252 tests performed, the measured data were recorded, were further processed by segmenting the appropriate values for starting and stopping the stand. To determine the average value, a low pass Butterworth filter of order 4 was applied with a cutting frequency of 0.1 Hz for all measurements made.

After processing the data from the experimental tests conducted, the average values resulted for the forwarding resistance forces for all (3x7x4x3) combinations of the modeled factor levels.

Pentru fiecare din cele 252 de încercări efectuate, s-au înregistrat datele măsurate care ulterior au fost prelucrate prin segmentarea valorilor corespunzătoare pornirii și opririi standului. Pentru determinarea valorii medii a fost aplicat un filtru Butterworth trece jos de ordinul 4 cu o frecvență de tăiere de 0,1 Hz pentru toate măsurătorile efectuate.

În urma prelucrării datelor încercărilor experimentale efectuate, au rezultat valorile medii ale forțelor de rezistență la înaintare pentru toate cele 3x7x4x3 combinații ale nivelelor factorilor modelați.

Table 4

Tool wear data

Input	Output	New tool					Worn tool							
		<i>F</i>	<i>i</i>	<i>A</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>F<sub>w</sub></i>	<i>i<sub>w</sub></i>	<i>A<sub>w</sub></i>	<i>K<sub>w</sub></i>	<i>L<sub>w</sub></i>	<i>S</i>	<i>T</i>	<i>U</i>
$a = f(\alpha, \epsilon, position);$ $b = 20 [mm];$ $I_{ug} = 3.24 [g/ha];$ $j = \{2, 4, 6\} [mm];$ $\alpha = \{60, 75, 90\} [^\circ];$ $\epsilon = \{15, 30, 45, 60, 90, 120\} [^\circ];$ $\rho = 7.85 \times 10^{-2} [g/mm^3]$		[N]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>3</sup> ]	[g]	[N]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>3</sup> ]	[g]	[%]	[%]	[ha]
		measured	$\frac{b}{2 \cdot \tan \frac{\epsilon}{2}}$	$\frac{b \cdot i}{2}$	$A \cdot \frac{a}{\sin \alpha}$	$\rho \cdot K$	measured	$\frac{j}{2 \cdot \tan \frac{\epsilon}{2}}$	$\frac{j \cdot i_w}{2}$	$A_w \cdot \frac{a}{\sin \alpha}$	$\rho \cdot K_w$	$\frac{L_w \cdot 100}{L}$	$\frac{F_w \cdot 100}{F}$	$\frac{\rho \cdot K_w}{I_{ug}}$

Data was centralized and processed according to Table 4 where the index *w* refers to the worn volume of the cutting edge: *F* - the drag force; *i* - the height of the triangle corresponding to the cutting edge volume (unworn volume) respectively wasted volume; *A* - triangular sectional area of the cutting edge; *K* - cutting edge volume; *L* - mass of the volume of the cutting edge; *S* - mass of worn volume related to unused volume; *T* - the ratio of the worn tool's drag relative to the unworn one; *U* - the equivalent value of the processed area of agricultural land.

Datele au fost centralizate și prelucrate conform tabelului 4 în care indicele *w* se referă la volumul uzat al muchiei tăietoare: *F* - forța de rezistență la înaintare; *i* - înălțimea triunghiului corespunzător volumului muchiei tăietoare (volum neuzat) respectiv volumului uzat; *A* - aria secțiunii triunghiulare a muchiei tăietoare; *K* - volumul muchiei tăietoare; *L* - masa volumului muchiei tăietoare; *S* - masa volumului uzat raportată la masa volumului neuzat; *T* - raportul dintre rezistența la înaintare a sculei uzate raportată la cea neuzată; *U* - valoarea echivalentă a suprafeței terenului agricol prelucrat.

## RESULTS

Starting from the measured and processed data a statistical model was performed to describe the impact of the influence from the tool's sharpening angle on the size of linear wear of the tools used in the experimental tests performed. Having as a dependent variable (Y) the *linear wear* parameter and as the independent variable (X) the values of the sharpening angles ( $\epsilon$ ) of the tools used in the experimental tests conducted, the general form of the model selected from the models in the Statgraphics software which shows the maximum correlation and  $R^2$  parameter has the shape (1), where  $n$  and  $m$  are the coefficients of the regression equation equivalent to the origin ordinate respectively the slope of a line. The results of the statistical procedure are presented in Table 5.

The regression curve equation obtained is presented in the relation (2).

$$Y = (n+m \cdot \ln(X))^2 \quad (1)$$

(1)  
Table 5

Results of simple regression procedure

Parameter	Estimated value (smallest squares)	Standard error	T	P
n	10.0625	0.428296	23.4943	0.0000
m	-1.87473	0.103318	-18.1452	0.0000

Dispersion error

Source	Sum of squares	Diff.	Square average	F	P
Model	548.199	1	548.199	329.25	0.0000
Residue	416.25	250	1.665		
Total (Corr.)	964.45	251			

Correlation coefficient= -0.753927  
 $R^2= 56.8407\%$   
 Standard estimation error= 1.29035  
 Absolute error average= 0.935438  
 d (Durbin-Watson test)= 0.0252341 (P=0.0000)  
 h (D-W test for residue autocorrelation) = 0.970523

$$\text{Linear wear} = (10.0625 - 1.87473 \cdot \ln(\epsilon))^2 \quad (2)$$

Having a value on the  $P$  coefficient from the ANOVA table of less than 0.05 results in a link relation statistically significant between the linear wear and the tool's angle of sharpening. Statistically adjusted  $R^2$  value indicates that the obtained regression curve equation explains 56.8% of the variability for the *linear wear* parameter after the linearization of the model. The value of the correlation coefficient indicates a moderate intensity of the link between variables. The standard error of the estimate shows the standard residue deviation and can be used to define the limits of prediction of the new observations where it is desired to make predictions on the basis of the developed model.

The average absolute error shows the average of the residue values. The Durbin-Watson statistic test tests the residues to determine if there are significant correlations based on the order in which they occur in the data used. Because the value of  $P$  coefficient is smaller than 0.05, this indicates the possibility of serial correlation to a minimum confidence level of 95%.

Because the  $R^2$  value is only 56.8%, a discrepancy test was applied to determine whether the selected model is appropriate to describe the measured data or if it is necessary to use a different, more complex model. The test is performed by comparing the waste dispersion from the current model with the dispersion between measurements at the iterated values of the independent variable X, and its results are presented in Table 6.

## REZULTATE

Pornind de la datele măsurate și prelucrate s-a realizat un model statistic care să descrie impactul influenței unghiului de ascuțire al sculei asupra mărimii uzării liniare a sculelor utilizate în cadrul încercărilor experimentale efectuate. Având ca variabilă dependentă (Y) parametrul *uzare liniară* și ca variabilă independentă (X) valorile unghiurilor de ascuțire ( $\epsilon$ ) a sculelor utilizate în cadrul încercărilor experimentale efectuate, forma generală a modelului selectată dintre modelele aplicației Statgraphics ce prezintă valoarea maximă a corelației și a parametrului  $R^2$  are forma (1), unde  $n$  și  $m$  sunt coeficienții ecuației de regresie echivalenți ordonate la origine respectiv pantei unei drepte. Rezultatele procedurii statistice sunt prezentate în tabelul 5.

Ecuația curbei de regresie obținută este prezentată în relația (2).

Având valoarea coeficientului  $P$  din tabelul ANOVA mai mică decât 0.05 rezultă o relație de legătură semnificativă din punct de vedere statistic între uzura liniară și unghiul de ascuțire al sculei. Valoarea  $R^2$  ajustată statistic indică faptul că ecuația curbei de regresie obținută explică 56.8% din variabilitatea parametrului *uzare liniară* după liniarizarea modelului. Valoarea coeficientului de corelare indică o intensitate moderată a legăturii între variabile. Eroarea standard a estimării arată deviația standard a reziduurilor și poate fi folosită pentru a defini limitele de predicție a noilor observații în cazul în care se dorește a se face predicții pe baza modelului dezvoltat.

Eroarea absolută medie arată media valorilor reziduurilor. Testul statistic Durbin-Watson testează reziduurile pentru a determina dacă există corelații semnificative bazate pe ordinul la care apar în datele utilizate. Pentru că valoarea coeficientului  $P$  este mai mică de 0.05, aceasta indică posibilitatea unei corelații seriale la un nivel minim de încredere de 95 %.

Pentru că valoarea  $R^2$  este de doar 56.8 % s-a aplicat și un test de neconcordanță pentru a determina dacă modelul selectat este adecvat pentru a descrie datele măsurate sau dacă este necesară utilizarea unui alt model mai complex. Testul este realizat prin compararea dispersiei reziduurilor modelului curent cu dispersia între măsurători la valorile iterate ale variabilei independente X iar rezultatele acestuia se prezintă în tabelul 6.

Table 6

**Dispersion analysis for the discrepancy test**

Source	Sum of squares	Diff.	Square average	F	P
Model	548.199	1	548.199	329.25	0.0000
Residue	416.25	250	1.665		
Discrepancy	10.027	5	2.0054	1.21	0.3052
Error	406.223	245	1.65805		
Total (correlated)	964.45	251			

The value of P coefficient is higher than 0.05 for the discrepancy value which indicates that the model used is suitable for the measured data at a confidence level of at least 95%.

On the basis of the above, was passed to the graphic representation of the regression equation, the limits of the confidence interval and the prediction limits, together with the measured data (Fig. 4).

Valoarea coeficientului P este mai mare decât 0,05 pentru valoarea neconcordanței ceea ce denotă faptul că modelul utilizat este adecvat pentru datele măsurate la un nivel de încredere de minim 95%.

În baza celor de mai sus, s-a trecut la reprezentarea grafică a ecuației de regresie, a limitelor intervalului de încredere și a limitelor de predicție, alături de datele măsurate (fig. 4).

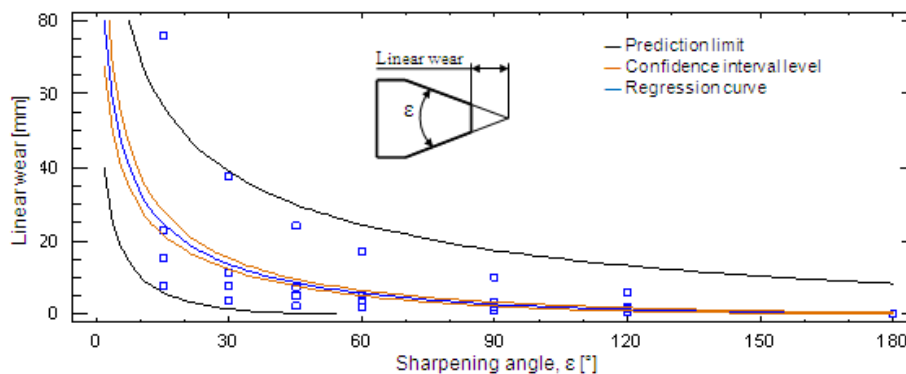


Fig. 4 – The influence of the tool’s sharpening angle on their linear wear

From the figure above is easily observed the great influence that the tool’s sharpening angle has on the wear, respectively on the linear wear, so that it shows a great importance the choice of this angle in order to achieve a compromise between the tool’s drag force (which increases with the increase of wear), and the value of the volume of mobilized soil.

Taking into account the results presented by Tomescu et al. [13] for the witness furrows of the SPC-6 seed drill, respectively the value for the average intensity of wear on the working tool  $I_{ug} = 3.24$  g/ha, results in a set of data in conformity with table X that expresses the used volume mass and the equivalent value of processed agricultural land area. Thus, another model was developed to show the influence of equivalent processed area in relation to the linear wear of the tools used in the experimental tests of this paper.

The general form of the model used that best responds to the measured data, chosen for the maximum values of the correlation coefficient and the  $R^2$  value is given in the relation (3).

Following the introduction of measured data in the Statgraphics application revealed the following in accordance with Table 7.

The equation of the regression curve obtained is shown in the relation (4).

Din figura de mai sus se observă cu ușurință influența mare pe care o prezintă unghiul de ascuțire al sculelor asupra uzării respectiv asupra uzurii liniare, astfel încât prezintă o mare importanță alegerea acestui unghi în a realiza un compromis între valoarea rezistenței la înaintare a sculei (care crește odată cu creșterea uzurii) și valoarea volumului de sol mobilizat.

Luând în considerare rezultatele prezentate de Tomescu et al. [13] pentru brăzdarile maritor ale semănătorii SPC-6, respectiv valoarea intensității medii a uzurii pe scula de lucru de  $I_{ug} = 3.24$  g/ha, rezultă o serie de date în conformitate cu tabelul X ce exprimă valoarea masei volumului uzat și respectiv valoarea echivalentă a suprafeței terenului agricol prelucrat. Astfel, s-a realizat un alt model care să arate influența ariei prelucrate echivalente în raport cu uzura liniară a sculelor utilizate în cadrul încercărilor experimentale din prezenta lucrare.

Forma generală a modelului utilizat ce răspunde cel mai bine datelor măsurate, ales pentru valorile maxime ale coeficientului de corelare și a valorii  $R^2$  este dată în relația (3).

În urma introducerii datelor măsurate în cadrul aplicației Statgraphics au rezultat următoarele în conformitate cu tabelul 7.

Ecuația curbei de regresie obținută este prezentată în relația (4).

$$Y = (a+b \cdot X)^2 \tag{3}$$

Table 7

**Result of the simple regression procedure**

Parameter	Estimated value (smaller squares)	Standard error	T	P
n	0.886856	0.110713	8.01041	0.0000
m	0.224812	0.0060662	37.0598	0.0000

Dispersion analysis					
Source	Sum of squares	Diff.	Square average	F	P
Model	3033.37	1	3033.37	1373.43	0.0000
Residue	552.151	250	2.20861		
Total (correlated.)	3585.52	251			

Correlation coefficient = 0.919785  
 $R^2 = 84.6005\%$   
 $R^2(\text{adjusted for d.f.}) = 84.5389\%$   
 Standard estimation error = 1.48614  
 Absolute error average = 1.00157  
 d (Durbin-Watson test) = 0.62325 (P=0.0000)  
 h (D-W test for residue autocorrelation) = 0.645962

$$\text{Processed area} = (0.886856 + 0.224812 \cdot \text{linear wear})^2 \tag{4}$$

In this model also, the value of the P coefficient from the ANOVA table is less than 0.05 indicating a significant relation from a statistical point of view between the processed area and linear wear. The value of  $R^2$  statistically adjusted shows a rate of 84.6% explaining the variability of the processed area parameter after linearization of the model. The correlation coefficient of 0.919 indicates a strong relation between the variables of the model. The value of the P coefficient in the Durbin-Watson test indicates a possible serial correlation at a confidence level of at least 95%, for this being necessary to test the level of discrepancy (Table 8).

Și în acest model, valoarea coeficientului P din tabelul ANOVA este mai mică decât 0.05 ceea ce indică o relație semnificativă din punct de vedere statistic între aria prelucrată și uzura liniară. Valoarea lui  $R^2$  ajustată statistic arată un procent de 84,6% care explică variabilitatea parametrului aria prelucrată după liniarizarea modelului. Coeficientul de corelare de 0,919 arată o relație puternică între variabilele modelului. Valoarea coeficientului P în cadrul testului Durbin-Watson arată o posibilă corelare serială la un nivel de încredere de minim 95%, pentru aceasta fiind necesar a se testa și nivelul de neconcordanță (tabelul 8).

Table 8

Dispersion analysis for the discrepancy test					
Source	Sum of squares	Diff.	Square average	F	P
Model	3033.37	1	3033.37	1373.43	0.0000
Residue	552.151	250	2.20861		
Discrepancy	395.018	22	17.9553	26.05	0.0000
Error	157.134	228	0.689183		
Total (correlated)	3585.52	251			

The results of the above test show that although the value of  $R^2$  is higher, there is a significant discrepancy from a statistical point of view, by the value of the P coefficient of less than 0.05, which imposes the selection of a different model that describes the influence of the linear wear on the processed area.

Rezultatele testului de mai sus arată faptul că deși valoarea lui  $R^2$  este mare, apare o neconcordanță semnificativă din punct de vedere statistic, prin valoarea coeficientului P mai mică de 0.05, ceea ce impune selectarea unui alt model care să descrie influența uzurii liniare asupra suprafeței prelucrate.

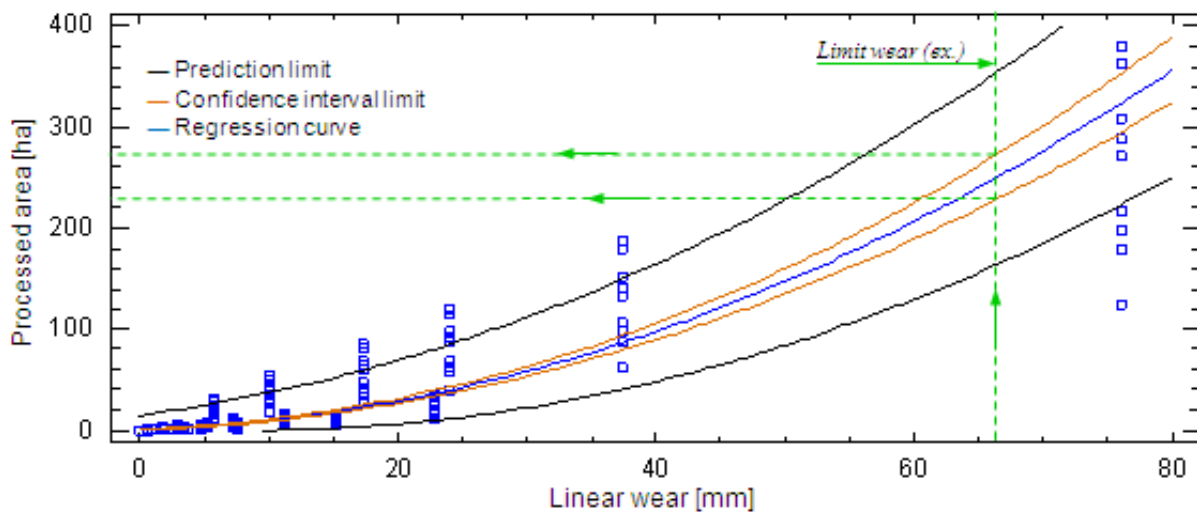


Fig. 5 - Correspondence between the processed area and the tool's linear wear

Figure 5 shows a logarithmic increase of the linear wear according to the processed area, the utility of such chart being that it shows the average area that can be processed by a tool until it reaches a limit value of linear wear.

## CONCLUSIONS

The geometry of the cutting edge or of the work surface contour of a tool for processing soil shows a particular importance in minimizing the necessary energy for the working process.

Through wear, during the working process, the constructive parameters of the cutting edge corresponding to the soil processing tools change, having a negative influence on the technical-economic indicators of the process.

Processing the experimental results obtained by mathematical modeling highlights the correlation between the processed surface and the linear wear of tools.

The results obtained and presented can be used to determine the area of the agricultural surface processed by a tool that has reached a certain value of linear wear.

## REFERENCES

- [1]. Bobobee E.Y.H., Gebresenbet G., (2007) - *Effect of cutting edge thickness and state of wear of ploughshare on draught force and heart rates of Sanga oxen in Ghana*. Soil & Tillage Research, 95, pg.298-307;
- [2]. Fehete L.V., (2008) - *Researches regarding optimization of soil tillage process*, Doctoral Thesis, Cluj-Napoca;
- [3]. Fielke J.M. et al., (1993) - *Comparisons of tillage forces and wear rates of pressed and cast cultivator shares*. Soil & Tillage Research, 25, pg.317-328;
- [4]. Fielke J.M., (1996) - *Interactions of the cutting edge of tillage implements with soil*. JAER, 63, pg.61-72;
- [5]. Godwin R.J. (2007) - *A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces*. Soil & Tillage Research 97, pg.331-340;
- [6]. Inns F.M. (1990) - *The mechanics of animal-draught cultivation implements*. Agricultural Engineering, 45 (1) pg.13-17;
- [7]. Natsis A., Papadakis G., Pitsilis J., (1999) - *The influence of soil type, soil water and share sharpness of a moldboard plough on energy consumption, rate of the tillage quality*. JAER, 72, pg.171-176;
- [8]. Neculăiasa V., Țenu I., (1996) - *The basis of experimental research on machines and installations in agriculture and food industry (tribological research)*, Iași;
- [9]. Nichols M.L., Reed I.F., Reeves C.A., (1958) - *Soil reaction to plough share design*. Agricultural Engineering, 39 (6), pg.336-339;
- [10]. Roș V. et al., (1993) - *Analysis of tillage tool geometry*. ASAE Paper No. 931091. Spokane, Washington: ASAE;
- [11]. Shoji K., (2004) - *Forces on a model 'spot plough'*. Biosyst. Eng., 87 (1), pg.39-45;
- [12]. Tenenbaum M.M. et al., (1957) - *Particularities of wear for parts from carboniferous machines*, IDT Bucharest;
- [13]. Tomescu D. et al., (1971) - *Reconditioning and increasing the wear resistance of active bodies form agricultural machines*. Ceres Publishing, Bucharest;
- [14].\*\*\* <http://www.hbm.com/>
- [15].\*\*\* <http://www.statgraphics.com/>

Din figura 5 se observă o creștere logaritmică a uzurii liniare în funcție de aria prelucrată, utilitatea unui astfel de grafic regăsindu-se în a arăta suprafața medie pe care o poate prelucra o sculă până să ajungă la o valoare limită a uzurii liniare.

## CONCLUZII

Geometria muchiei tăietoare sau a conturului suprafeței de lucru a sculelor pentru prelucrarea solului prezintă o importanță deosebită în minimizarea energiei necesare în cadrul procesului de lucru.

Prin uzare, în timpul procesului de lucru, parametrii constructivi ai muchiei tăietoare aferente sculelor de prelucrat solul se modifică, având influență negativă asupra indicatorilor tehnico-economici de proces.

Prelucrarea rezultatelor obținute experimental prin modelare matematică pune în evidență corelarea între suprafața prelucrată și uzura liniară a sculelor.

Rezultatele obținute și prezentate pot fi folosite pentru stabilirea ariei suprafeței agricole prelucrate de către o sculă care a atins o anumită valoare a uzurii liniare.

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. Bobobee E.Y.H., Gebresenbet G., (2007) - *Efectul grosimii muchiei tăietoare și a gradului de uzură a brăzdarului asupra forței de înaintare și a incidenței ei bolilor cardiace la boii Sanga din Ghana*, Soil & Tillage Research, 95, pag.298-307;
- [2]. Fehete L.V., (2008) - *Cercetări privind optimizarea procesului de prelucrare mecanică a solului*, Teză de doctorat, Cluj-Napoca;
- [3]. Fielke J.M. et al., (1993) - *Comparații între forțele de prelucrare a solului și gradul de uzură a cuțitelor cultivatoarelor turnate*, Soil & Tillage Research, 25, pag.317-328;
- [4]. Fielke J.M., (1996) - *Interacțiuni ale muchiei tăietoare utilizării cu solul*, JAER, 63, pag.61-72;
- [5]. Godwin R.J., (2007) - *O analiză a efectului geometriei sculei și forțelor aplicate, asupra deformării solului și a forțelor de implementare*, Soil & Tillage Research 97, pag.331-340;
- [6]. Inns F.M., (1990) - *Mecanica animalelor - unelte pentru cultivare*, Agricultural Engineering, 45 (1) p:13-17;
- [7]. Natsis A., Papadakis G., Pitsilis J., (1999) - *Influența tipului de sol, a umidității solului și a gradului de ascuțire a cormanei plugului, asupra consumului de energie și a calității lucrării de arat*, JAER, 72, pag.171-176;
- [8]. Neculăiasa V., Țenu I., (1996) - *Bazele cercetării experimentale a mașinilor și instalațiilor din agricultura și industria alimentară (cercetări tribologice)*, Iași;
- [9]. Nichols M.L., Reed I.F., Reeves C.A., (1958) - *Influența construcției plugului asupra solului*, Agricultural Engineering, 39 (6), pag.336-339;
- [10]. Roș, V. et al., (1993) - *Analiza geometriei sculei de prelucrare a solului*, ASAE Paper No. 931091. Spokane, Washington: ASAE;
- [11]. Shoji K., (2004) - *Analiza forțelor la un plug cu întoarcerea în loc a brazdei*, Biosyst. Eng., 87(1), pag.39-45;
- [12]. Tenenbaum M.M. et al., (1957) - *Particularitățile uzurii pieselor de la mașinile carboniere*, IDT București;
- [13]. Tomescu D. ș.a., (1971) - *Recondiționarea și mărirea rezistenței la uzură a organelor active de la mașinile agricole*. Editura Ceres, București;
- [14].\*\*\* <http://www.hbm.com/>
- [15].\*\*\* <http://www.statgraphics.com/>