

RESEARCHES ON DETERMINATION OF DRAG FORCE OF THE ACTIVE TILLAGE TOOLS FROM THE RIDGING EQUIPMENT MB-4, IN LABORATORY CONDITIONS

CERCETĂRI PRIVIND DETERMINAREA FORȚEI DE REZISTENȚĂ LA ÎNAINȚARE A ORGANELOR ACTIVE DE LUCRU DE LA MAȘINA DE BILONAT MB-4, ÎN CONDIȚII DE LABORATOR

Ph.D. Stud. Nagy E.M.¹⁾, Ph.D. Eng. Fecete L.V.²⁾, Ph.D. Stud. Coța C.¹⁾, Ph.D. Eng. Stănilă S.³⁾, Ph.D. Eng. Herak D.⁴⁾

¹⁾INMA Bucharest; ²⁾U.T. Cluj-Napoca; ³⁾USAMV Cluj-Napoca; ⁴⁾Czech University of Life Sciences Prague

Tel: 0264-418162; Fax: 0264/418162; E-mail: nagy_m2002@yahoo.co.uk

Tel.0264-4016; Lucian.Fecete@maar.utcluj.ro; Tel. 0264-596384, s_stanila@yahoo.com

Abstract: This paper presents an experimental testing program for laboratory conditions, designed and implemented to active tillage tool, component of the ridging equipment - MB-4, in order to determine the drag force depending on two parameters: the working depth and setting angle, and statistically validate the results.

Keywords: active tillage tool, drag force, setting angle, working depth

INTRODUCTION

The MB-4 ridging equipment is designed to make ridges on 4 rows, in potato crop, being provided with active tillage tools which "chop" the soil between the potato rows and throw it in the opposite direction of movement of the unit, where the soil is "shaped" in trapezoidal ridges by the passive working parts.

Active tillage tools are narrow tillage tools, made from steel, with the active area coated with carbide, mounted through half-disks on a rotor driven by the PTO through transmission.

To determine the energy requirement for unit consisting of tractor and the ridging machine MB-4 it is necessary to determine the drag force for one active tillage to variation of drag force under laboratory conditions, on a test bench.

MATERIALS AND METHOD

Experimental testing program designed and implemented to the active tillage tool (fig. 1), from MB-4 machines, comprises the following representative steps:

- Defining the measurements that will be determined (the drag force of the tool for the testing environment);
- Define parameters to be changed (working depth and tool's setting angle);
- Adapting the stand for the functional requirements of the active tillage tool;
- Experiment designing in accordance with the parameters of the tool and of the device designed and built (definition from statistical point of view of the dependent and independent variables, their values and order of performing tests to eliminate confusing variables);
- Performing measurements according to previously defined testing program;
- Analysing from the mechanical point of view, the values obtained;
- Analysing and testing the validity of the experiment in statistical terms;
- Determining the function of drag force relative to parameters of influence;
- Optimizing and graphics presentation of the variation of measured parameter with the parameters of influence.

The test environment used (soil) is a frictional environment, without cohesion and without structure, with maximum wearing effect [7] stating that "wear is greatest

Rezumat: Prezenta lucrare prezintă programul de încercări experimentale în condiții de laborator, conceput și aplicat sculei active de lucrat solul, din componența mașinii de bilonat MB-4, pentru a determina forța de rezistență la înaintare în funcție de doi parametri: adâncimea de lucru și unghiul de atac, și validarea statistică a rezultatelor obținute.

Cuvinte cheie: adâncime lucru, forță rezistență la înaintare, sculă activă de lucrat solul, unghi atac

INTRODUCERE

Mașina de bilonat MB-4, este destinată realizării de biloane pe 4 rânduri, în cultura de cartof, fiind echipată cu organe de lucru active care „mărunțesc” solul dintre rândurile de cartof și îl aruncă în sens opus direcției de deplasare a agregatului, unde este „modelat” în biloane de forma trapezoidală de către organele de lucru pasive.

Organele de lucru active sunt cuțite profilate, din oțel, cu zona activă placată cu carburi metalice, fiind montate prin intermediul unor semidiscuri pe un rotor acționat de la priza de putere prin intermediul transmisiei.

Pentru a putea determina necesarul energetic pentru agregatul format din tractor și mașina de bilonat MB-4 trebuie determinată forța de rezistență la înaintare pentru o sculă (cuțit) activă. Pentru aceasta s-a studiat în condiții de laborator, variația forței de rezistență la înaintare, cu ajutorul unui stand de încercări.

MATERIALE ȘI METODA

Programul de încercări experimentale conceput și aplicat sculei active de lucrat solul (fig. 1), a mașini MB-4, cuprinde următorii pași reprezentativi:

- Definierea mărimii ce urmează a fi determinată (forța de rezistență la înaintarea sculei în mediul încercat);
- Definierea parametrilor ce urmează a fi modificați (adâncimea de prelucrare și unghiul de atac al sculei);
- Adaptarea standului pentru cerințele funcționale ale sculei active de prelucrat solul;
- Proiectarea experimentului în concordanță cu parametrii sculei și ai dispozitivului proiectat și realizat (definirea din punct de vedere statistic a variabilelor dependente și independente, a valorilor lor și ordinea efectuării încercărilor pentru eliminarea variabilelor confundabile);
- Efectuarea măsurătorilor conform programului de încercări anterior definit;
- Analizarea din punct de vedere mecanic a valorilor obținute;
- Analizarea și testarea din punct de vedere statistic a validității experimentului;
- Determinarea funcției forță de rezistență la înaintare raportată la parametrii de influență;
- Optimizarea și prezentarea sub forma grafică a variației parametrului măsurat cu parametrii de influență.

Mediul de încercare utilizat (solul) reprezintă un mediu fricțional, fără coeziune și fără structură, cu efect de uzare maximă conform [7] în care se precizează că "uzura este

when the percentage of abrasive particles of size 0.25 mm is maximum". As test environment we elected fine quartz sand, washed and mechanically ranked, which fall in class size: coarse sand and fine sand (after Attenberg scale), with particles diameter between 0 to 0.3 mm. The test environment's resistance to penetration was assessed using a penetrometer, achieving a 20.48 N/cm² soil resistance at a depth of 50 mm and a resistance of 38.20 N/cm² at a depth of 100 mm.

The *active tillage tool* studied is knife – narrow tillage tool, with thickness (working width) by 10 mm, (working depth of this tool is 100-150 mm), at which the ratio depth/width is greater than 6, according to [6] the breaking area / disturbance, occurs only in shallow soil, while deeper it can be observed sideways push of the soil and creating a channel.

The *test bench* used, allows, by its functional and overall dimensions, testing of tools along a circular trajectory with a diameter between 1700-2000 mm, to a maximum depth of 90 mm. To test on this test bench (fig.2) the active tillage tool of the MB-4 ridging machine, a tool-holder has been made, that allows adjustment of working depth in 8 steps with an increment of 50 mm and adjustment of setting angle in 4 steps with a pitch of 20 degrees.

The narrow tillage tool moves in a circular path with a diameter of 1850 mm, with a peripheral speed of 1.5 m/s

maximă când procentul de particule abrazive cu dimensiunea de 0,25 mm are valoare maximă". Mediul de încercare s-a ales nisip cuarțos fin, spălat și clasat mecanic, ce se încadrează în clasa granulometrică nisip grosier și nisip fin (după scara Attenberg), cu diametrul particulelor între 0-0,3 mm. Rezistența la penetrare a mediului de încercare a fost evaluată cu ajutorul penetrometrului, obținându-se o rezistență a solului de 20,48 N/cm² la o adâncime de 50 mm și o rezistență de 38,20 N/cm² la adâncimea de 100mm.

Organul de lucru studiat este tip cuțit - scula foarte îngustă, cu o grosime (latime de lucru) de 10 mm (adâncimea de lucru a acestei scule este de 100-150 mm), la care raportul adâncime/latime de lucru este mai mare de 6, conform [6] zona de rupere, respectiv disturbare se manifesta doar la adâncime mica în sol, în timp ce la adâncime mai mare se remarcă o împingere laterală a solului și crearea unui canal.

Standul experimental utilizat permite, prin dimensiunile funcționale și de gabarit, încercarea unor scule de-a lungul unei traiectorii circulare cu diametrul cuprins între 1700-2000 mm, la o adâncime maximă de 900 mm. Pentru a încerca pe acest stand (fig.2) scula activă a mașinii de bilonat MB-4, s-a realizat un suport port-sculă care permite reglarea adâncimii de lucru în 8 trepte cu un pas de 50 mm și reglarea unghiului de atac în 4 trepte cu un pas de 20 grade.

Scula se deplasează pe o traiectorie circulară cu un diametru de 1850 mm, cu o viteză periferică de 1,5 m/s.



Fig. 1 – The active tillage tool of the ridging machine MB-4 / Scula activă de lucrat solul a mașinii de bilonat MB-4

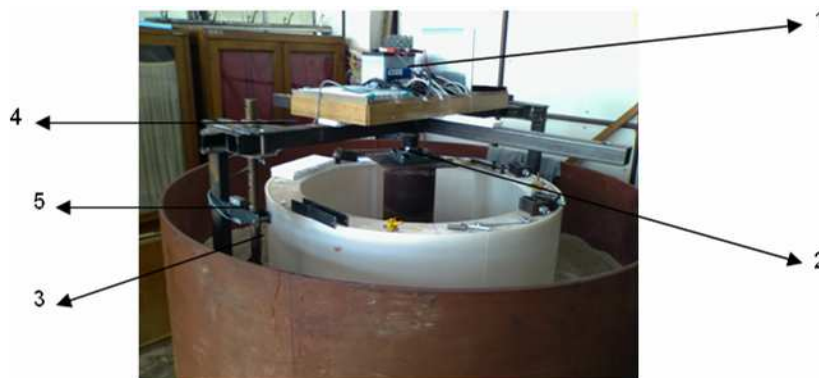


Fig. 2 – Stand for testing tillage tools / Stand pentru încercarea sculelor de lucrat solul

1 - data acquisition system / sistem achiziției date; 2 - vertical shaft / arbore de antrenare vertical; 3 - tool-holder / portsculă; 4 - driving cross / cruce de antrenare; 5 - force transducer / traductor de forță

For the measurements ensuring a system was designed (fig. 3) to record data without using a device with sliding rings contacts or using telemetry. The system that allows the measurements and recording data contains a data acquisition unit with 8 channels – Spider 8, and a force transducer S2 200 – nominal force 200 N, accuracy class 0.05.

Pentru efectuarea măsurătorilor a fost conceput un sistem (fig. 3) care să permită înregistrarea datelor fără utilizarea unui dispozitiv cu contacte cu inele lunecătoare sau a unuia ce folosește telemetria. Sistemul care permite efectuarea măsurătorilor și înregistrarea datelor cuprinde o unitate de achiziție date cu 8 canale - Spider 8, și un traductor de forță S2 200 – forța nominală 200 N, clasa de acuratețe 0,05.

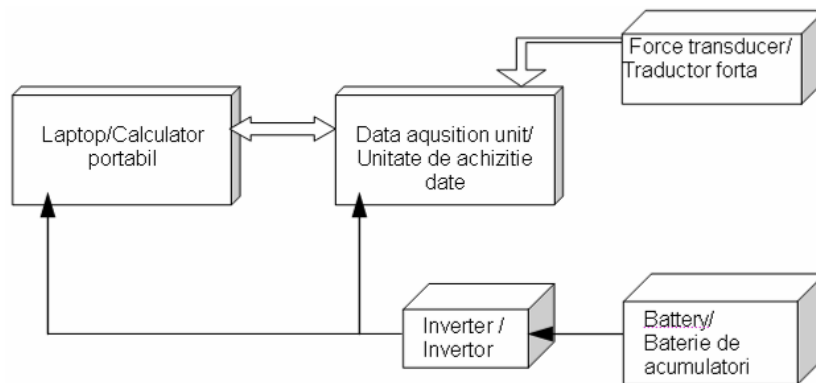


Fig. 3 – Block diagram of the data acquisition system / Schema bloc a sistemului de achiziții date

For the execution of the experimental tests we used a statistical application where, after defining the variables and their values, a program of multi-level factorial experimental tests (2x3 levels) resulted where the tests were set to be accidentally run in order to eliminate the effects of variables that may be confused.

- Number of factors experienced: 2;
- Number of test blocks: 1;
- Number of response variables: 1;
- Test number: 6;
- Freedom degrees of error: 1;
- Random: yes.

Pentru realizarea planului de încercări experimentale s-a utilizat o aplicație statistică în care după definirea variabilelor și a valorilor acestora a rezultat un program de încercări experimentale factorial multi-nivel (2x3 nivele) în care încercările au fost stabilite a rula în mod aleator pentru a elimina efectele variabilelor confundabile.

- Numărul de factori experimentați: 2;
- Numărul de blocuri de încercări: 1;
- Numărul de variabile de răspuns: 1;
- Numărul de încercări: 6;
- Grade de libertate a erorii: 1;
- Aleator: Da.

Table 1 / Tabel 1

The basic data of the experiment conducted / Datele de bază ale experimentului efectuat

Factors / Factori	Lower value / Valoare inferioară	Superior value / Valoare superioară	Levels / Niveluri
Tool-holder position (Depth „a”) / Poziție port sculă (adâncime „a”)	0 (100 mm)	5 (50 mm)	2
Setting angle (β) / Unghi atac(β)	0 (0°)	40 (0°, 20°, 40°)	3

Answer / Răspuns	Measurement unit / Unitate măsură
Force / Forță	[N]

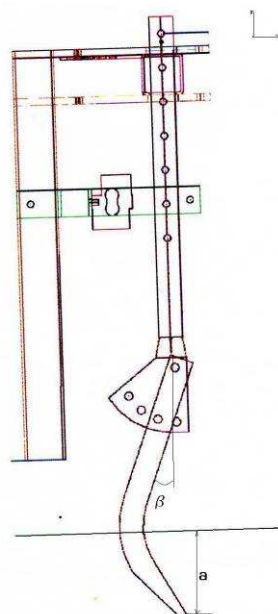


Fig. 4 - Tool position in tool-holder assembly for one of the measurements / Poziția sculei în ansamblul port-scula la una din măsurători

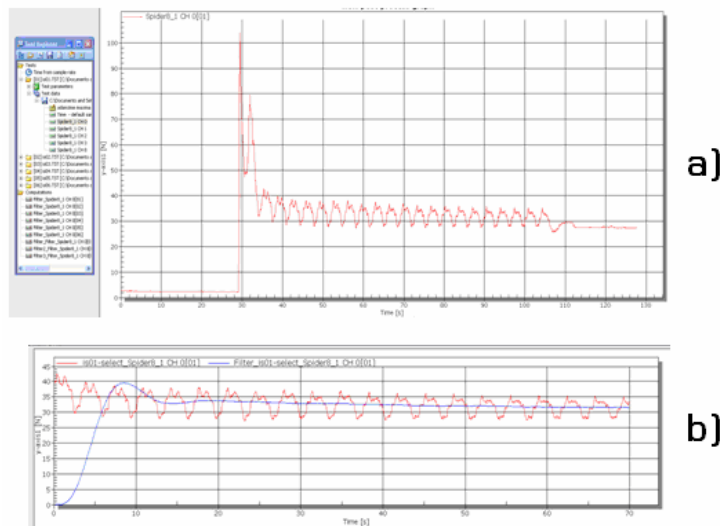


Fig. 5 - Screenshot of Easy-Catman -graphical representation of measured values and the filtered values for one of the measurements / Captură de ecran Catman Easy-reprezentarea grafică a valorilor măsurate și a valorilor filtrate pentru una din măsurători

RESULTS

In the graphical representation of the drag force (fig. 3 a and b), there is an oscillation of the values due to the elasticity of the cinematic chain. At the same time, there is a downward slope of the drag force's average value, due to the movement on the same path, respectively of diminishing the compactness of testing environment used.

It has been achieved a synthesis of measurements in table 2, where one can see in the graphic representation of the drag force (fig.3.a) the influence of the solution adopted for data acquisition, namely starting and stopping the test bench.

Due to this fact, in order to analyze the data corresponding to a quasi-stationary regime, data recorded during the measurements were segmented by removing the appropriate starting and stopping values of the test bench (fig. 3.b). To determine the average value was applied a *Butterworth* low pass filter of order 4 with a cutoff frequency of 0.1 Hz for all measurements.

Based on measured values, the values obtained by filtration (Table 3) can be inserted in the statistics application for analysis.

REZULTATE

În reprezentarea grafică a forței de rezistență la înaintare (fig. 3.a și b), se observă o oscilație a valorilor datorată elasticității lanțului cinematic. De asemenea se remarcă o pantă descendentă a valorii medii a forței de rezistență la înaintare, datorată deplasării pe aceeași urmă, respectiv a scăderii compactității mediului de încercare utilizat.

În tabelul 2 s-a realizat o sinteză a măsurătorilor efectuate, putându-se observa în reprezentarea grafică a forței de rezistență la înaintare (fig.3.a) influența soluției adoptate pentru achiziția datelor, respectiv pornirea și oprirea standului.

Datorită acestui fapt, pentru a putea analiza datele corespunzătoare unui regim cvasistaționar, datele înregistrate în timpul măsurătorilor au fost segmentate prin eliminarea valorilor corespunzătoare pornirii și opririi standului (fig. 3.b). 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 baza valorilor măsurate, valorile obținute prin filtrare (tabel 3) se pot introduce în aplicația statistică pentru a fi analizate.

Synthesis of the Force values obtained from measurements / Sinteza valorilor Forței obținute la măsurători **Table 2 / Tabel 2**

Measurement / Măsurătoare	Number of values / Nr.valori	Sampling rate / Rată eșantionare	Force / Forța [N]			Average standard deviation / Abaterea medie standard
			Minimum value / Val. minimă	Maximum value / Val. maximă	Average / Media	
is01	6397	50 Hz	2.196 / 2,196	104.0 / 104,0	26.06 / 26,06	14.61 / 14,61
is02	5486	50 Hz	5.772 / 5,772	75.73 / 75,73	29.3 / 29,30	13.01 / 13,01
is03	5663	50 Hz	28.90 / 28,90	151.8 / 151,8	82.76 / 82,76	30.97 / 30,97
is04	5031	50 Hz	-404.2 / -404,2	382.2 / 382,2	190.4 / 190,4	69.48 / 69,48
is05	4960	50 Hz	14.05 / 14,05	307.7 / 307,7	176.7 / 176,7	59.82 / 59,82
is06	4825	50 Hz	8.184 / 8,184	109.5 / 109,5	40.0 / 40,0	13.09 / 13,09

Data obtained after filtration of measured values / Datele obținute în urma filtrării valorilor măsurate **Table 3 / Tabel 3**

Den.No. / Nr. crt.	Tests block / Bloc încercări	Tool-holder position (Depth „a”) / Poziție port-sculă (adâncime „a”)	Setting angle (β) / Unghi atac(β)	Force / Forță [N]
1.	1	0 (a = 100 mm)	β = 40°	200
2.	1	5 (a = 50 mm)		45
3.	1	0 (a = 100 mm)	β = 0°	32.5 / 32,5
4.	1	5 (a = 50 mm)		37.5 / 37,5
5.	1	5 (a = 50 mm)	β = 20°	104
6.	1	0(a = 100 mm)		220

Based on statistical assumptions (table 1 and 2), using statistical tests, verified accuracy of measured values (assessment of experimental error).

Based on total error with one degree of freedom, can make an analysis of variance for the variable Force (table 4 ANOVA) and represent the effects of parameters (depth and setting angle) on the variable Force (fig. 6).

Pe baza ipotezelor statistice (tabelul 1 și 2), cu ajutorul testelor statistice se verifică corectitudinea valorilor măsurate (evaluarea erorii experimentale).

Pe baza erorii totale cu un grad de libertate, se poate efectua o analiză a varianței pentru variabila Forța (tabel 4-ANOVA) și reprezentarea efectelor parametrilor (adâncime și unghi atac) asupra variabilei Forța (fig. 6)

Table 4 / Tabel 4

Variance analysis of the Force variable / Analiza varianței variabilei Forță

Source / Sursa	Sum of Squares / Suma pătratelor	D.f.	Mean Square / Medie patratice	F-Ratio / Ratia F	P-Value / Valoare P
A: tool-holder position (depth) / poziție port-scula (adâncime)	11792.7 / 11792,7	1	11792.7 / 11792,7	21.05 / 21,05	0.1366 / 0,1366
B: setting angle / unghi de atac	7656.25 / 7656,25	1	7656.25 / 7656,25	13.66 / 13,66	0.1682 / 0,1682
AB	6400	1	6400	11.42 / 11,42	0.1831 / 0,1831
BB	9240.75 / 9240,75	1	9240.75 / 9240,75	16.49 / 16,49	0.1537 / 0,1537
Total error / Eroare totală	560.333 / 560,33	1	560.333 / 560,33		
Total (corr.) / Total (corectat)	35650	5			

R-squared / $R^2 = 98.4282 / 98,4282 \%$

R-squared (adjusted for d.f.) / R^2 (corectat pentru grad libertate) = 92.1412 / 92,1412 %;

Standard Error of Est. / Eroare standard estim. = 23.6714 / 23,6714;

Mean absolute error / Eroare medie absolută = 9.11111 / 9,11111;

Durbin-Watson statistic / statistica Durbin-Watson = 3.08333 / 3,08333;

Lag 1 residual autocorrelation/ autocorelație a rezidualilor = -0.75 / - 0,75.

In Table 4 (ANOVA), parameter Force variability is partitioned into separate components for each effect (parameter or parameters' interaction). Then, we test how statistically significant is, for each effect by comparing square average with estimated experimental error. In this case there are no effects that have P value less than 0.5, this indicating that the effects are significantly different from zero at a confidence level of 95%.

R-squared shows that the resulting model is according to 98.4282% with parameter Force variability. The next parameter that has a value of 92.1412% is more appropriate for comparing models with different numbers of independent variables (R^2 corrected take into account the statistical assumptions with error's degree of freedom less than 3).

Standard estimated error shows the standard deviation of residuals at 23.6714 value. Mean absolute error of 9.11111 is the average value of residuals. Durbin-Watson value tests residuals to determine if there are significant correlations based on order occurring in the entered values.

În tabelul 4 (ANOVA), variabilitatea parametrului Forță este partiționată în piese separate pentru fiecare efect (parametru sau interacțiune a parametrilor). Apoi se testează cât este de semnificativ statistic pentru fiecare efect comparând media pătratică cu estimarea erorii experimentale. În acest caz nu sunt efecte care să aibă valoarea P mai mică de 0,5 aceasta indicând că efectele sunt semnificativ diferite de zero la un nivel de încredere de 95%.

R^2 arată că modelul rezultat se conformează 98,4282% cu variabilitatea parametrului Forță. Următorul parametru ce are valoarea de 92,1412% este mai potrivit pentru compararea modelelor cu un număr diferit de variabile independente (R^2 corectat ia în considerare și ipotezele statistice cu grad de libertate a erorii mai mic de 3).

Eroarea standard estimată arată deviația standard a rezidualilor la valoarea 23,6714. Eroarea medie absolută de 9,11111 este valoarea medie a rezidualilor. Valoarea Durbin-Watson testează rezidualii pentru a determina dacă există corelații semnificative bazate pe ordinul la care apar în cadrul valorilor introduse.

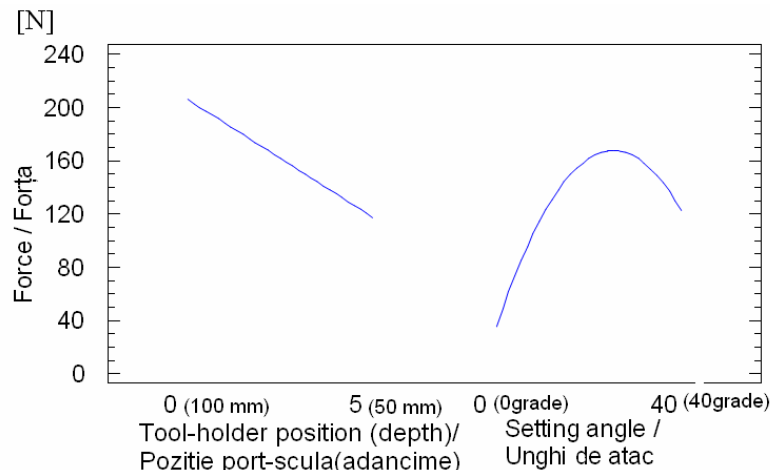


Fig. 6 - Representation of effects of the parameters and their interaction on the variable Force / Reprezentarea efectelor parametrilor și interacțiunii acestora, asupra variabilei Forța

The following procedure implies to establish a statistical model that describes the impact of the two independent parameters (position and setting angle) as their quantity on dependent variable (Force). By means of this procedure can be performed predictions with appropriate confidence limits and, also, can be represented graphically and identify the different influences of the residuals.

The results of the statistical procedure applied are presented in Table 5 and 6, appropriate model equation being given by equation (1).

Următoarea procedură de interes presupune stabilirea unui model statistic care să descrie impactul celor doi parametri independenți (poziție și unghi atac) sub forma lor cantitativă, asupra variabilei dependente (Forța). Prin intermediul acestei proceduri se pot realiza predicții cu limitele de încredere corespunzătoare și, de asemenea, se pot reprezenta grafic și identifica diferitele influențe ale rezidualilor.

Rezultatele procedurii statistice aplicate sunt prezentate în tabelul 5 și 6, ecuația adecvata modelului fiind data de relația (1).

Table5 / Tabel 5

**The results of the multiple parameters regression procedure/
Rezultatele procedurii regresie cu parametri multipli**

Parameter / Parametru	Estimated / Estimată	Standard Error / Eroare standard	T Statistic / T statistic	P-Value / valoarea P
CONSTANT	107.083 / 107,083	56.1267 / 56,1267	1.90788 / 1,90788	0.1524 / 0,1524
Tool-holder position(depth) / poziție port-sculă (adâncime)	-17.7333 / -17,7333	12.0004 / 12,0004	-1.47773 / -1,47773	0.2360 / 0,2360
Setting angle / unghi de atac	2.1875 / 2,1875	1.83718 / 1,83718	1.19068 / 1,19068	0.3194 / 0,3194

Table 6 / Tabel 6

Analysis of variance of the Force variable / Analiza varianței variabilei Forța

Source / Sursă	Sum of Squares / Suma pătratelor	Df	Mean Square / Media pătratică	F-Ratio / rația F	P-Value / valoarea P
Model / Model	19448.9 / 19448,9	2	9724.46 / 9724,46	1.80 / 1,80	0.3064 / 0,3064
Residual / Rezidual	16201.1 / 16201,1	3	5400.36 / 5400,36		
Total (Corr.) / Total (corectat)	35650	5			

R-squared / $R^2 = 54.5552 / 54,5552$ %;

R-squared (adjusted for d.f.) / R^2 (corectat pentru grad libertate) = 24.2586 / 24,2586 %;

Standard Error of Est. / Eroare standard estim = 73.4871 / 73,4871;

Mean absolute error / Eroare medie absolută = 45.1667 / 45,1667;

Durbin-Watson statistics / statistica Durbin-Watson = 0.902718 / 0,902718 (P = 0.0855 / 0,0855);

Lag 1 residual autocorrelation / autocorelație a rezidualilor = 0.40009 / 0,40009.

$$\text{Force} = 107.083 - 17.7333 * \text{position (depth)} + 2.1875 * \text{setting angle} / \text{Forță} = 107.083 - 17.7333 * \text{poziție (adâncime)} + 2.1875 * \text{unghi de atac} \quad (1)$$

The value of R^2 is the percentage of Force parameter's variability explained by the regression model determined, and can vary between 0-100%. In this case the regression equation (1) explains 54.55% of Force's variability, the remaining 45.45% being attributed to model deviations due to other factors such as measurement errors or failures of the current model used to correlate the data properly.

Statistically adjusted R^2 , has an adjusted value for the number of model's coefficients, and its value is often used for comparing models with different numbers of coefficients.

Standard estimated error shows the residuals' deviation (around the model) and can be used to show prediction limits of the new measured values.

Mean absolute error shows the average of residual's absolute values.

Durbin-Watson value is a measure of serial correlation of residuals. If the residuals vary randomly, this value should be close to 2. A low value of coefficient P indicates a template (it is not random) in residuals value.

In terms of drag Force function's variability, for an intuitive graphical representation, was applied an optimization procedure (maximization / minimization) of Force function (1), achieving a new function- "Desirability" that can be represented as an area. The "Desirability" function helps to determine the combination of experimental factors that lead simultaneously to optimize response ("Desirability" function).

From Table 2 the observed limit values of Force

Valoarea lui R^2 reprezintă procentajul variabilității parametrului Forța care este explicat de modelul regresiei determinat și poate varia între 0-100%. În cazul de față ecuația curbei de regresie (1) explică 54,55% din variabilitatea Forței, restul de 45,45% fiind atribuit deviațiilor modelului datorate altor factori ca erori de măsurare sau disfuncționalități ale modelului curent utilizat în a corela datele adecvat.

R^2 ajustat statistic, prezintă o valoare ajustată pentru numărul de coeficienți ai modelului, iar valoarea lui este de cele mai multe ori utilizată pentru compararea modelelor cu un număr diferit de coeficienți.

Eroarea standard a estimării arată deviația rezidualilor (în jurul modelului) și poate fi utilizată pentru a arăta limitele de predicție a valorilor nou măsurate.

Eroarea absolută medie arată media valorilor absolute a rezidualilor.

Valoarea Durbin-Watson reprezintă o măsură a corelațiilor seriale a rezidualilor. Dacă rezidualii variază aleator, această valoare trebuie să fie apropiată de 2. O valoare a coeficientului P mică indică un șablon (nu este aleator) în valoarea rezidualilor.

În condițiile variabilității funcției Forța de rezistență la înaintare, pentru o reprezentare grafică intuitivă s-a aplicat o procedură de optimizare (maximizare / minimizare) a funcției Forță (1), obținându-se o nouă funcție „Forța dorită” ce poate fi reprezentată sub forma unei suprafețe. Funcția „Forța dorită” ajută la determinarea combinației factorilor experimentali care conduc simultan, la optimizarea răspunsului (funcției „Forța dorită”).

Din tabelul 2 se extrag valorile limită observate ale

variable are extracted, which overlap with the margins of "Desirability" function.

For the application below are presented, both, the maximization of "Desirability" function (Table 8 and Fig. 7) and its minimization (Table 9 and Fig. 8)

variabilei Forță, care se suprapun cu limitele intervalului funcției „Forța dorită”.

Pentru aplicația de mai jos sunt prezentate atât maximizarea funcției „Forța dorită” (tabel 8 și fig. 7), cât și minimizarea ei (tabel 9 și fig. 8)

Table 7 / Tabel 7

**Statistical values to maximize/minimize „Desirability” /
Valorile statistice pentru maximizarea / minimizarea funcției „Forța dorită”**

	Desirability / „Forța dorită”	Desirability „Forța dorită”		Weights / Pondere	Weights / Pondere	
Response / Răspuns	Low / Jos	High / Înalt	Goal / Scop	First / Prim	Second / Secund	Impact / Impact
Force / Forță	32.5 / 32,5	220	Maximize / Minimize	1		3

Table 8 / Tabel 8

**The results of the statistical procedure to maximize „Desirability” /
Rezultatele procedurii statistice de maximizare a funcției „Forța dorită”**

		Predicted / Estimat	Observed / Observat
Row / Șir	Force / Forță	Desirability / Forța dorită	Desirability / „Forța dorită”
1	200	0.929778 / 0,929778	0.893333 / 0,893333
2	45	0.0302222 / 0,0302222	0.0666667 / 0,0666667
3	32.5 / 32,5	0.0364444 / 0,0364444	0.0
4	37.5 / 37,5	0.0	0.0266667 / 0,0266667
5	104	0.454222 / 0,454222	0.381333 / 0,381333
6	220	0.927111 / 0,927111	1.0 / 1,0

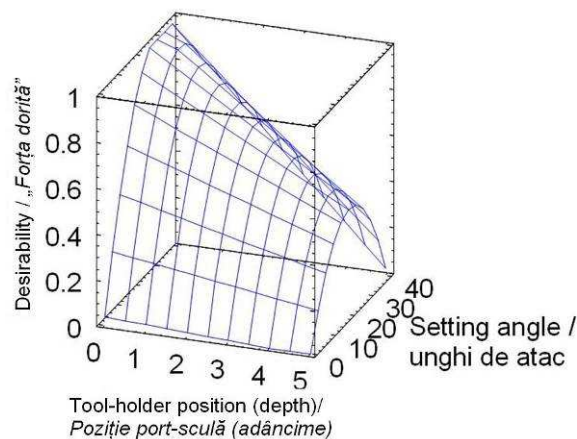


Fig. 7 - Estimated response surface(maximize force) / Suprafața de răspuns estimată (maximizarea forței)

Table 9 / Tabel 9

**The results of the statistical procedure to minimize „Desirability” /
Rezultatele procedurii statistice de minimizare a funcției „Forța dorită”**

		Predicted / Estimat	Observed / Observat
Row / Șir	Force / Forță	Desirability / Forța dorită	Desirability / Forța dorită
1	200	0.0702222 / 0,0702222	0.106667 / 0,106667
2	45	0.969778 / 0,969778	0.933333 / 0,933333
3	32.5 / 32,5	0.963556 / 0,963556	1.0 / 1,0
4	37.5 / 37,5	1.0 / 1,0	0.973333 / 0,973333
5	104	0.545778 / 0,545778	0.618667 / 0,618667
6	220	0.0728889 / 0,0728889	0

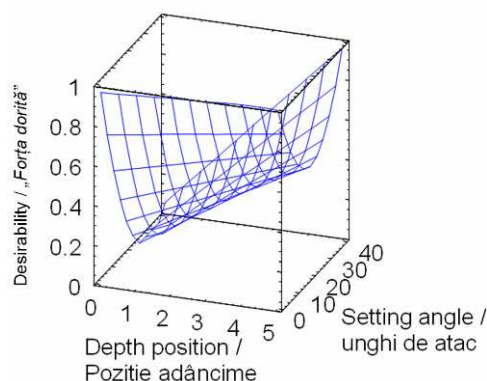


Fig. 8 - Estimated response surface (minimize force) / *Suprafața de răspuns estimată (minimizarea forței)*

CONCLUSIONS

The values obtained in laboratory tests are a confirmation of the validity of the active tillage tool's designed model as part of the ridging machine MB-4.

The work may also represent a method of evaluation, and appropriate validation, by statistical methods, of a minimum number of measured parameters, in order to reduce the financial resources and time involved in experimental researches.

The soil chosen for the tests constitutes a basis for further experiments to evaluate the tool wear in terms of abrasive wear.

To increase the confidence in the results, it is necessary a finer discretization of the variables and repeating the measurements, especially for statistical hypothesis' testing.

Since the error's degree of freedom resulting from statistical hypothesis' evaluation is 1, the confidence degree in the statistical tests is low, imposing a minimum of 3 error's degree of freedom so that the statistical tests to be reliable. When the experiment (3x2x2) is repeated to have 12 measures the degree of freedom of the experimental error would be 7 which would lead to a high degree of confidence.

BIBLIOGRAPHY

- [1]. Fielke J.M. (1996) - *Interactions of the cutting edge of tillage implements with soil*, Journal of Agricultural Engineering Research, 63, p:61-72, Mawson Lakes Campus;
- [2]. Gill W.R., Vanden Berg G.E. (1968) - *Soil dynamics in tillage and traction*, Agricultural Handbook No. 316, U.S.Government Printing Office, Washington, D. C;
- [3]. Godwin, R.J., O'Dogherty, M.J. (2007) - *Integrated soil tillage force prediction models*, Journal of Terramechanics, 44, p:3-14, ELSEVIER, U.K;
- [4]. Karamusantas D. (1988)-*Contribution on tillage tools and metal cutting tool analogy*, PhD thesis, IPCN, Cluj-Napoca;
- [5]. Roș V. et al. (1995) - *Mathematical Modeling and Computer-aided Design of Passive Tillage Tools*, Transactions of ASAE 38(3)p:675-683, St. Joseph, Michigan, U.S.A;
- [6]. Smith, D.L.O., et al. (1989) - *Modelling soil disturbance due to tillage and traffic*, Mechanis and Related Process in Structured Agricultural Soils, Kluwer Academic Publisher, p:121-136, Netherlands;
- [7]. Tenenbaum M.M, et al. (1957) - *Peculiarities of wear parts of the coal machines*, IDT, Bucharest.
- [8]. Tomescu D. et al. (1971) - *Reconditioning and increasing the wear resistance of active tools from agricultural machines*, Ceres Publishing House, București;
- [9]. *** Manual Statgraphics;
- [10]. ***Manual CatmanEasy;
- [11]. <http://thor.info.uaic.ro/~val/stamult.html>.

CONCLUZII

Valorile obținute în cadrul încercărilor de laborator se constituie ca o confirmare a validității modelului proiectat a sculei active de prelucrat solul din componența mașinii de bilonat MB-4.

Lucrarea poate reprezenta, de asemenea, o metodă de evaluare și după caz validare, prin metode statistice, a unui număr minim de parametrii măsoarați în scopul minimizării resurselor financiare și de timp implicate în cadrul cercetărilor experimentale.

Solul ales pentru efectuarea încercărilor constituie o bază pentru continuarea experimentelor în care să se evalueze uzura sculelor din perspectiva uzării abrazive.

Pentru creșterea nivelului de încredere în rezultate este necesară o discretizare mai fină a variabilelor și repetarea măsurătorilor, în special pentru testarea ipotezelor statistice.

Deoarece gradul de libertate al erorii rezultat în urma evaluării ipotezelor statistice este 1, gradul de încredere în testele statistice este mic, impunându-se un minim de 3 grade de libertate a erorii astfel încât testele statistice să fie de încredere. În condițiile în care se repetă experimentul (3x2x2) pentru a avea 12 măsurători gradul de libertate al erorii experimentale ar fi de 7 ceea ce ar conduce la un grad ridicat de încredere.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Fielke J.M. (1996) – *Interacțiunea muchiei taietoare a sculei în contact cu solul*, Jurnalul Cercetărilor Ingineriei Agricole, 63, p:61-72, Mawson Lakes;
- [2]. Gill W.R., Vanden Berg G.E. (1968) – *Dinamica solului la prelucrare și tracțiune*, Manual Agricultura No. 316, Imprimeria Guvernamentală a SUA, Washington D.C;
- [3]. Godwin, R.J., O'Dogherty, M.J. (2007) - *Model integrat de anticipare a forței la prelucrarea solului*, Jurnal de Terramecanica, 44, p:3-14, Ed.ELSEVIER, Marea Britanie;
- [4]. Karamusantas D. (1988) -*Contribuții asupra analogiei geometriei brăzdării și geometriei sculelor așchietoare*, Teză de doctorat. IPCN, Cluj-Napoca;
- [5]. Roș, V. et al. (1995) - *Modelarea Matematică și proiectare asistată de calculator a sculelor passive de prelucrare a solului*, Memoriile a Societații Americane pentru Agricultură și Inginerie, 38(3), p:675-683; St. Joseph, Michigan, S.U.A
- [6]. Smith, D.L.O., et al. (1989) - *Modelarea disturbării solului datorată prelucrării solului și a traficului*, Mecanica și procese conexe în solurile structurate agricole, Editura Academica Kluwer, p:121-136, Olanda;
- [7]. Tenenbaum M.M, et al. (1957) - *Particularitățile uzurii pieselor de la mașinile carboniere*, IDT, București
- [8]. Tomescu, D. et al. (1971) - *Recondiționarea și mărirea rezistenței la uzură a organelor active de la mașinile agricole*, Editura Ceres, București;
- [9]. *** Manual Statgraphics;
- [10]. ***Manual CatmanEasy;
- [11]. <http://thor.info.uaic.ro/~val/stamult.html>.