

STUDIES AND RESEARCHES ON OPTIMIZATION OF ENERGETICS OF TRACTOR-TOWED FORAGE HARVESTER COMBINE AGGREGATES

STUDII SI CERCETARI ASUPRA OPTIMIZARII ENERGETICII AGREGATELOR TRACTOR-COMBINA TRACTATA DE RECOLTAT FURAJE

PhD. Stud. Ștefănoiu M.D.¹⁾, Math. Cârdei P.²⁾, PhD. Eng. Vlăduț V.²⁾, Assoc. Prof. PhD. Eng. Boruz S.¹⁾,
Assoc. Prof. PhD. Eng. Lazar S.³⁾, PhD. Stud. Fodor M.⁴⁾

¹⁾University of Craiova / Romania; ²⁾INMA Bucharest / Romania; ³⁾University from Novi Sad / Serbia;

⁴⁾Romanian Academy - Institute of Biology / Romania

E-mail: boruz.sorin@gmail.com

Abstract: The problem of the optimization of working regimes of agricultural aggregates remains one of current, even if their approach began with over a half of century ago or even earlier. The reasons for the problem remains in the study are several: difficulty of verifying experimentally the optimality of solutions, the existence of some solutions with certain errors in the specialty literature of reference, the complexity of mathematical models on which is solve the problems of optimality and which introduce new parameters, necessary for obtaining of some functions goal which would have optimal points in the strict sense of local extremum, parameters which however are not usual and are difficult to determine by measurements.

This article starts from a known method from the literature of the '70, corrects the solution and modifies slightly the mathematical model in order to make its calibration on a specific case so that the final results – the coordinates of the optimal point - to be obtained numerically and compared with data from the literature.

Keywords: combine harvesters, energetics, feedingstuffs, optimization, towed

INTRODUCTION

By the name “optimizing the energetic of trailed forage harvester combines” (but, generally, and of many other machines), is meant the activity of construction of a mathematical model able to provide an optimal point in the area of process control of working parameters of the aggregate. The most complete model of the working process for such a process can be built within the Systems Theory for example, according to [4] and [1].

The construction of a complete model within the theory of dynamical systems would suppose also writing the equations of motion of the aggregate, considering the transient stages of movement, construction of interpolation curves which would approximate the traction characteristics of the tractor, etc. All this would mean a too much complex construction for the beginning. For this reason we preferred to use a reduced model, which starts directly from the consumed energies for the combine traction and for operating at the PTO.

The list of model parameters is given in Table 1

Rezumat: Problema optimizării regimurilor de lucru ale agregatelor agricole rămâne una de actualitate, chiar dacă abordarea acestora a început cu peste jumătate de veac în urmă sau chiar mai înainte. Cauzele pentru care problema rămâne în studiu sunt mai multe: dificultatea de a verifica experimental optimalitatea soluțiilor, existența unor soluții cu anumite erori în literatura de specialitate de referință, complexitatea modelelor matematice pe care se rezolvă problemele de optimalitate și care introduc parametri noi, necesari pentru obținerea unor funcții scop care să aibe puncte optime în sensul strict de extremum local, care parametri însă nu sunt uzuali și sunt greu de determinat prin măsurări.

Acest articol pleacă de la o metodă cunoscută din literatura de specialitate a anilor '70, corectează soluția și modifică ușor modelul matematic pentru a putea face calibrarea acestuia pe un caz concret astfel încât rezultatele finale – coordonatele punctului optimal să fie obținute numeric și comparate cu date din literatura de specialitate.

Cuvinte cheie: combine, energetică, furaje, optimizare, tractate.

INTRODUCERE

Prin optimizarea energeticii combinelor tractate de recoltat furaje (dar, în general și a multor altor utilaje), se înțelege activitatea de construcție a unui model matematic capabil să furnizeze un punct optimal în spațiul parametrilor de comandă ai procesului de lucru al agregatului. Cel mai complet model al procesului de lucru pentru un astfel de proces se poate construi în cadrul Teoriei Sistemelor de exemplu, conform [4] și [1].

Construcția unui model complet în cadrul teoriei sistemelor dinamice ar presupune și scrierea ecuațiilor de mișcare ale agregatului, considerarea etapelor de mișcare în regim tranzitiv, construcția unor curbe de interpolare care să aproximeze caracteristicile de tracțiune ale tractorului, etc. Toate acestea ar însemna o construcție mult prea complexă, pentru început. Pentru acest motiv am preferat să folosim un model redus, care pornește direct de la energiile consumate pentru tracțiunea combinei și pentru acționarea la priza de putere.

Lista parametrilor modelului este dată în tabelul 1.

Table 1 / Tabelul 1

The list of mathematical model parameters used at the optimization of energetic of the aggregate tractor-towed forage harvester combine /
Lista parametrilor modelului matematic folosit la optimizarea energeticii agregatului tractor-combina tractată de recoltat furaje

No./ Nr.	Parameter / Parametrul	notation / notație	M.U. / U.M.
1	Gravitational acceleration / <i>Accelerația gravitațională</i>	g	ms^{-2}
2	Growth factor of specific energy for operating the active organs at harvest / <i>Coeficient de creștere a energiei specifice pentru acționarea organelor active la recoltare</i>	p_{2r}	$\text{Ws}^2\text{kg}^{-1}\text{m}^{-1}$
3	Coefficient of increase of force of resistance to movement / <i>Coeficientul de creștere a forței de rezistență la deplasare</i>	f_v	sm^{-1}

4	Coefficient of friction at rolling of combine wheels on the ground / Coeficientul de frecare la rularea roților combinei pe sol	f	-
5	Coefficient of correlation between no load speed and speed in work / Coeficientul de legătură între viteza în gol și viteza în lucru	β	-
6	Working flow / Debitul de lucru	q	Kgs ⁻¹
7	Distance from the edge of parcel to road / Distanța de la marginea parcelei la drum	e	m
8	Specific energy for operating the active organs at harvest / Energia specifică pentru acționarea organelor active la recoltare	p_{1r}	Wskg ⁻¹
9	Specific weight of the combine on the working width / Greutatea specifică a combinei pe lățimea de lucru	$g_s = \frac{(M + m) \cdot g}{B}$	Nm ⁻¹
10	Working width of combine / Lățimea de lucru a combinei	B	m
11	Plot width / Lățimea parcelei	C	m
12	Plot length / Lungimea parcelei	L	m
13	Traveled path length for repair the errors / Lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor	L_s	m
14	Length of a return / Lungimea unei întoarceri	l_i	m
15	Mass of combine / Masa combinei	M	kg
16	Mass of equipment EI / Masa echipamentului EI	m	kg
17	Specific production of unit surface / Producția specifică unității de suprafață	ρ	Kgm ⁻²
18	Power consumption at PTO in no load / Puterea consumată la priză în gol	P_{pg}	W
19	Effective power consumption at PTO in no load / Puterea efectivă consumată la priză în gol	P_{pgef}	W
20	Power output at PTO / Puterea furnizată la priză de putere	P_p	W
21	Effective power delivered at PTO / Puterea efectivă furnizată la priză de putere	P_{pef}	W
22	Effective power to tow the combine / Puterea efectivă pentru tractarea combinei	P_{tef}	W
23	Power required to tow the combine / Puterea necesară pentru tractarea combinei	P_t	W
24	Effective total power to operate the combine during the work / Puterea totală efectivă pentru acționarea combinei în timpul lucrului	P_{Tef}	W
25	Turning radius / Raza de întoarcere	R	m
26	Working time in no load / Timpul de lucru în gol	t_g	s
27	Working time in harvesting / Timpul de lucru în recoltare	t_r	s
28	Working speed (in harvesting or in load) / Viteza de lucru (în recoltare sau sarcină)	v_r	m/s
29	Speed in no load (returns) / Viteza în gol (întoarceri)	v_g	m/s

MATERIAL AND METHOD

To try to get to the energetic optimization of the aggregate consisting of tractor and towed combine forage harvester, we will follow a path similar to that of [7], [2] and [9], where such a calculation is made for self-propelled combines. The method used in [7], [2], [9] is simple, consisting in the following steps:

- 1) Writing the balance of power of the forage harvester;
- 2) Obtaining the energy balance from that of power by multiplying each power term with the appropriate working time;
- 3) Replacing of time depending on the characteristics of the plot and working speeds (effective, no load, at returns);
- 4) Optimization of energetic consumption.

The authors of [7] do a simplified power balance to solve as possible easier the energetic optimization of the aggregate. In this chapter we will give a correct solution to the problem from [7], generalized by two relations that allow considering some complex working situations. Thus we will consider the required traction power for the trailed combine forage harvester, P_t , of the form:

$$P_t = \begin{cases} g_s f B v_r + g_s f_v B v_r^2, & \text{for the work in charge (harvesting) / pentru lucrul în sarcină (recoltare)} \\ g_s f B v_g + g_s f_v B v_g^2, & \text{for the work in no load (at turns) / pentru lucrul în gol (la întoarceri)} \end{cases}, \quad (1)$$

and for the power required to operate to the PTO

$$P_p = \begin{cases} P_{pg} + p_1 B \rho v_r + p_2 B \rho v_r^2, & \text{for the work in charge (harvesting) / pentru lucru în sarcina (recoltare), } \rho > 0 \\ P_{pg}, & \text{pentru lucru in gol (} \rho = 0 \text{)} \end{cases}, \quad (2)$$

The second degree terms from the working speed and from the no load speed are introduced to make possible the appearance of an objective function which would have an optimal point in the classical sense of local extremum in this

MATERIAL ȘI METODĂ

Pentru a încerca să ajungem la optimizarea energetică agregatului format din tractor și combina tractată de recoltat furaje, vom urma o cale asemănătoare cu cea din [7], [2] și [9], unde se face un astfel de calcul pentru combine autopropulsate. Metoda folosită în [7], [2], [9] este simplă, constând în următoarele etape:

- 1) Scrierea bilanțului de putere al combinei de recoltat furaje;
- 2) Obținerea bilanțului energetic din cel de putere prin înmulțirea fiecărui termen putere cu timpul de lucru corespunzător;
- 3) Înlocuirea timpului funcție de caracteristicile parcelei și vitezele de lucru (efectiv, în gol, la întoarceri);
- 4) Optimizarea consumului energetic.

Autorii [7] fac un bilanț de putere simplificat pentru a rezolva cât mai ușor optimizarea energetică agregatului. În acest capitol se va da o soluție corectă a problemei din [7], generalizată prin două relații care permit considerarea unor situații complexe de lucru. Astfel, noi vom considera puterea necesară tracțiunii combinei tractate de recoltat furaje, P_t , de forma:

iar pentru puterea necesară acționării la priză:

Termenii de gradul al doilea din viteza în lucru și din viteza în gol sunt introduși pentru a face posibilă apariția unei funcții obiectiv care să aibă un punct optimal în sens clasic de extremum local, în acest caz,

case, minimizing the energy consumed. These terms contain the square of the working speed and the square of the no load speed, like at the machines intended for tillage, especially plows, [5]. The authors [7] introduced the term quadratic into the working speed v_r , and adding the quadratic term into the no load speed v_g is a first original contribution of the authors.

Using the method of circular movement with returns in the four corners of the plot, is obtained the following formula for the length of a return:

$$l_i = R \left(\frac{\pi}{2} + 2 \right) + \frac{B}{2} + e \quad (3)$$

The working time in harvesting is calculated using the formula, according to [1]

$$t_r = \frac{CL}{Bv_r} \quad (4)$$

And the working time in no load (returns and distances covered to repair errors), according also to [6]:

$$t_g = \frac{2C}{Bv_g} \left(l_i + \frac{L_s}{C} B \right) \quad (5)$$

In these conditions, the energy consumed by tractor on a plot for harvesting with the forage combine, is obtained by multiplying the powers in working (harvesting) and in no load, with the times in working, respectively in no load, resulting the expression:

$$E = \left(g_s f B v_r + f_v g_s B v_r^2 + p_1 B v_r \rho + p_2 B \rho v_r^2 + P_{pg} \right) \frac{CL}{Bv_r} + \frac{2C}{Bv_g} \left(g_s f B v_g + f_v g_s B v_g^2 + P_{pg} \right) \left(l_i + \frac{L_s}{C} B \right). \quad (6)$$

By noting

Notând :

$$A = R \left(\frac{\pi}{2} + 2 \right) + e \quad (7)$$

and considering the linear relation between the speed in no load and speed in working (a second original contribution of authors):

$$v_g = \beta v_r, \quad (8)$$

and also in accordance with [6], considering the restriction:

$$Bv\rho - q = 0 \quad (9)$$

where we have re-wrote the speed in working v_r with v , the speed in no load being replaced with the relation (8), for simplifying the writing. It is expressed the working width from the restriction (9) and is introduced in the energy expression (6), then grouping the terms and is obtained a simple expression of energy:

$$E = E(v) = M + Nv + \frac{Q}{v}, \quad (10)$$

for $v > 0$, in which:

pentru $v > 0$, în care:

$$M = g_s f CL + p_1 \rho CL + 2 g_s f CA + \frac{P_{pg} \rho C (C + 2A)}{q} + f_v g_s \frac{\beta q (C + 2L_s)}{\rho}, \quad (11)$$

$$N = f_v g_s CL + 2 f_v g_s C \beta A + p_2 \rho CL, \quad (12)$$

minimizând energia consumată. Acești termeni conțin pătratul vitezei de lucru și pătratul vitezei în gol, ca și la mașinile destinate lucrărilor solului, în special pluguri, [5]. Autorii [7] au introdus termenul pătratic în viteza de lucru v_r , iar adăugarea termenului pătratic în viteza în gol v_g este o primă contribuție originală a autorilor.

Folosind metoda de deplasare circulară cu întoarceri în cele patru colțuri ale parcelei, se obține următoarea formulă pentru lungimea unei întoarceri:

Timpul de lucru în recoltare se calculează după formula, conform [1]:

iar timpul de lucru în gol (întoarceri și distanțe parcurse pentru repararea greșurilor), tot conform [6]:

În aceste condiții energia consumată de tractor pe o parcelă la recoltarea cu combina de furaje, se obține înmulțind puterile în lucru (recoltare), respectiv în gol, cu timpii în lucru, respectiv în gol, obținându-se expresia:

și considerând relația liniară între viteza în gol și viteza în lucru (o a doua contribuție originală a autorilor):

și, de asemenea conform cu [6], considerând restricția:

unde am renotat viteza în lucru v_r cu v , viteza în gol fiind înlocuită cu relația (8), pentru simplificarea scrierii. Se exprimă lățimea de lucru din restricția (9) și se introduce în expresia energiei (6), apoi se grupează termenii și se obține o expresie simplă a energiei:

$$Q = \frac{(\rho P_{pg} + g_s f q)(C + 2L_s)}{\rho} \quad (13)$$

For the energy (10), by derivation in relation to the working speed v , is obtained by canceling the first derivative, the speed of a point of minimum:

Pentru energia (10), prin derivare în raport cu viteza de lucru v , se obține, anulând prima derivată, viteza unui punct de minim:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{Q}{N}}, \quad (14)$$

and the corresponding minimum energy

și energia minimă corespunzătoare:

$$E_{\min} = M + 2\sqrt{NQ} \quad (15)$$

RESULTS

The main result of the calculation is the exact expression of the optimal speed, speed which characterizes the point of minimum of energy:

REZULTATE

Principalul rezultat al calculului este expresia exactă a vitezei optime, viteza care caracterizează punctul de minim al energiei:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{(\rho P_{pg} + g_s f q)(C + 2L_s)}{\rho C (f_v g_s L + 2f_v g_s \beta A + p_2 \rho L)}} \quad (16)$$

The minimum energy expression can be explicitly depending on the model parameters specifying M, N and Q in (15) with the help of their definitions (11), (12) and (13).

The above optimization solution, as the solutions from [6], [1] and [8], belong to a class of simple solutions for the optimization of working processes of agricultural machines.

Generally it starts from the formulas containing at least one quadratic term, using restrictions to achieve a goal function which has a classical form with the a single point of minimum, positive. When such a function does not exist in classical models, the abovementioned authors also construct functions by introducing quadratic terms in the working speed or in no load speed.

These terms introduced by the authors of such optimal solutions involve and the introduction of new physical quantities as coefficients of quadratic terms.

These coefficients must be defined by the authors and must give values to them in concrete cases, in order to be tested.

Such values are generally obtained by the model calibration. In the case of the model described above, the newly introduced parameters and which normally are not some often used constants in the calculation, the design and operation of agricultural machines are:

- the coefficient of increasing of strength of resistance to movement f_v (which, in dimensional terms, is the inverse of a speed);
- specific energy to drive the active bodies p_1 ;
- growing coefficient of specific energy to drive the active organs at harvesting p_2 .

The test of the formula (16), we did calibrating the model by using the experimental data from [8], obtained on the aggregate tractor U-650 - towed forage harvester combine CTF with equipment EI.

Calibration was made in the terms: effective power to tow the combine (5.02 kW), effective power at the PTO (29.5 kW), power consumed at the PTO in no load (7.6 kW), respectively the actual total power for the actuation of the combine during the work (34.52 kW). These values were easily achieved exactly tapping the three parameters mentioned above, and a part of the usual parameters of the of the model. The list of values of all model parameters, and of parameters used for calibration appears in Table 2.

Expresia energiei minime se poate explicita în funcție de parametrii modelului explicitând M, N și Q în (15), cu ajutorul definițiilor acestora (11), (12) și (13).

Soluția de optimizare prezentată mai sus, ca și soluțiile din [6], [1] și [8], fac parte dintr-o categorie de soluții simple pentru optimizarea unor procese de lucru ale mașinilor agricole.

În general se pleacă de la formule care conțin măcar un termen pătratic, folosindu-se restricții pentru obținerea unei funcții scop care are o formă clasică cu un singur punct de minimum, pozitiv. În cazul în care o asemenea funcție nu există în modelele clasice, autorii susmenționați construiesc asemenea funcții introducând termen pătratici în viteza de lucru sau în viteza în gol.

Acești termeni introduși de autorii unor astfel de soluții optime presupun și introducerea unor mărimi fizice noi sub forma coeficienților termenilor pătratici.

Acești coeficienți trebuie definiți de autori și trebuie date valori ale acestora în cazuri concrete, pentru a putea fi testate.

Astfel de valori se obțin în general prin calibrarea modelului. În cazul modelului descris mai sus, parametrii nou introduși și care nu sunt în mod normal niște constante folosite des în calculul, proiectarea și exploatarea mașinilor agricole sunt:

- coeficientul de creștere a forței de rezistență la deplasare, f_v (care, din punct de vedere dimensional, este inversul unei viteze);
- energia specifică pentru acționarea organelor active, p_1 ;
- coeficient de creștere a energiei specifice pentru acționarea organelor active la recoltare, p_2 .

Testul formulei (16), l-am făcut calibrând modelul prin folosirea datelor experimentale din [8], obținute pe agregatul tractor U-650 – combină tractată de recoltat furaje CTF cu echipament EI.

Calibrarea s-a făcut în termenii: puterea efectivă pentru tractarea combinei (5,02 kW), puterea efectivă la priza de putere (29,5 kW), puterea consumată la priză în gol (7,6 kW), respectiv puterea totală efectivă pentru acționarea combinei în timpul lucrului (34,52 kW). Aceste valori au fost ușor atinse exact tatonând cei trei parametri specificați mai sus, precum și o parte din parametrii uzuali ai modelului. Lista valorilor tuturor parametrilor modelului, precum și a parametrilor folosiți pentru calibrare apare în tabelul 2.

Table 2 / Tabelul 2

Parameters of the model, notations, measurement units and calibration values. Parameters whose denomination (second column) is hatched are the only directly involved in the calibration process. Parameters with the order cell hatched are newly incorporated parameters into model, compared to [1], [3] and [5] /

Parametrii modelului, notații, unități de măsură și valorile de calibrare. Parametri a căror denumire (coloana a doua) este hașurată sunt singurii direct implicați în procesul de calibrare. Parametrii cu celula de ordine hașurată sunt parametri nou introduși în model, față de [1], [3] și [5]

No./ Nr.	Parameter / Parametrul	notation / notație	M.U. / U.M.	The calibration value / Valoarea de calibrare
1	Acceleration of gravity / <i>Accelerația gravitațională</i>	g	ms^{-2}	9.810 / 9,810
2	Turning radius / <i>Raza de întoarcere</i>	R	m	3.400 / 3,400
3	Distance from the access road to the plot edge / <i>Distanța de la drumul de acces la marginea parcelei</i>	e	m	0.000 / 0,000
4	Working width of the combine / <i>Lățimea de lucru a combinei</i>	B	m	2.000 / 2,000
5	Combine mass / <i>Masa combinei</i>	M	kg	1600.000 / 1600,000
6	Mass of EI equipment / <i>Masa echipamentului EI</i>	m	kg	650.000 / 650,000
7	The specific weight of combine on the working width / <i>Greutatea specifică a combinei pe lățimea de lucru</i>	g_s	Nm^{-1}	11040.000 / 11040,000
8	The coefficient of friction at rolling of combine wheels on the ground / <i>Coeficientul de frecare la rularea roților combinei pe sol</i>	f	-	0.0809 / 0,0809 ([9], pag. 28)
9	The coefficient of increasing of resistance strength to movement / <i>Coeficientul de creștere a forței de rezistență la deplasare</i>	f_v	sm^{-1}	0.005 / 0,005
10	Specific energy for driving active bodies in no load / <i>Energia specifică pentru acționarea organelor active în gol</i>	p_1	Wskg^{-1}	3277.750 / 3277,750
11	Increasing coefficient of specific energy for driving of active bodies in no load / <i>Coeficient de creștere a energiei specifice pentru acționarea organelor active în gol</i>	p_2	$\text{Ws}^2\text{kg}^{-1}\text{m}^{-1}$	178.600 / 178,600
12	Specific production / <i>Producția specifică</i>	ρ	Kgm^{-2}	1.420 / 1,420
13	Maximum permissible flow / <i>Debitul maxim admisibil</i>	q	Kgs^{-1}	5.166 / 5,166
14	The coefficient of correlation between speed in no load and the working speed / <i>Coeficientul de legătură între viteza în gol și viteza în lucru</i>	β	-	1.000 / 1,000
14	Width of plot / <i>Lățimea parcelei</i>	C	m	50.000 / 50,000
15	Length of plot / <i>Lungimea parcelei</i>	L	m	700.000 / 700,000
16	Length of traveled path to repair the errors / <i>Lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor</i>	L_s	m	1750.000 / 1750,000
17	Power efficiency at traction / <i>Randamentul de putere la tracțiune</i>	η_t	-	0.720 / 0,720
18	Efficiency of power transmission to the PTO / <i>Randamentul de transmisie a puterii la priza de putere</i>	η_p	-	0.850 / 0,850

For the values of parameters of model given in Table 2 obtained by calibrating the model on the case of towed forage combine harvester CTF, arising by using the formula (16), for the optimal speed, the value 1.78 m/s (6.409 km/h).

This value falls well within the range of effective speed indicated by [6], 2.4 – 7.5 km/h and is very close to the working speed used in the experiments described in [10], 1.819 m/s (6.55 km/h).

CONCLUSIONS

The mathematical model can be easily calibrated on a specific case of aggregate tractor - towed forage harvester combine and, in addition, were obtained experimental results well framed and in the foreign literature and in consequence the model is valid.

The solution (16) being one analytical, elementary, is easy to observe the influence of each parameter of the model on the optimal speed and of the minimum energy necessary for harvesting of the plot, this last size could also being explained according to all model parameters.

It is easy to observe on the expression (16) that the optimal speed value decreases with increasing length of the plot L , but increases appreciably when increase the length traveled to repair the errors L_s , thus when the errors are multiplying. A graphic image of dependence of these two variables is given in Fig. 1.

Pentru valorile parametrilor modelului date în tabelul 2, obținute prin calibrarea modelului pe cazul combinei tractate de recoltat furaje, CTF, rezultă folosind formula (16), pentru viteza optimă, valoarea 1,78 m/s (6,409 km/h).

Această valoare se încadrează bine în intervalul de viteze eficiente indicat de [6], 2,4 – 7,5 km/h și este foarte apropiată de viteza de lucru folosită în experiențele descrise în [10], 1,819 m/s (6,55 km/h).

CONCLUZII

Modelul matematic poate fi ușor calibrat pe un caz concret de agregat tractor – combină tractată de recoltat furaje, și, în plus, s-au obținut rezultate bine încadrate experimental și în literatura de specialitate din străinătate, în consecință modelul este valid.

Soluția (16) fiind una analitică, elementară, este ușor de observat influența fiecărui parametru al modelului asupra vitezei optime și a energiei minime necesare recoltării parcelei, această ultimă mărime putând fi explicată și ea în funcție de toți parametrii modelului.

Este ușor de observat pe expresia (16) că valoarea vitezei optime scade odată cu creșterea lungimii parcelei L , dar crește apreciabil atunci când crește lungimea parcursă pentru repararea greșurilor, L_s , deci atunci când greșurile se multiplică. O imagine grafică a dependenței de aceste două variabile este dată în fig. 1.

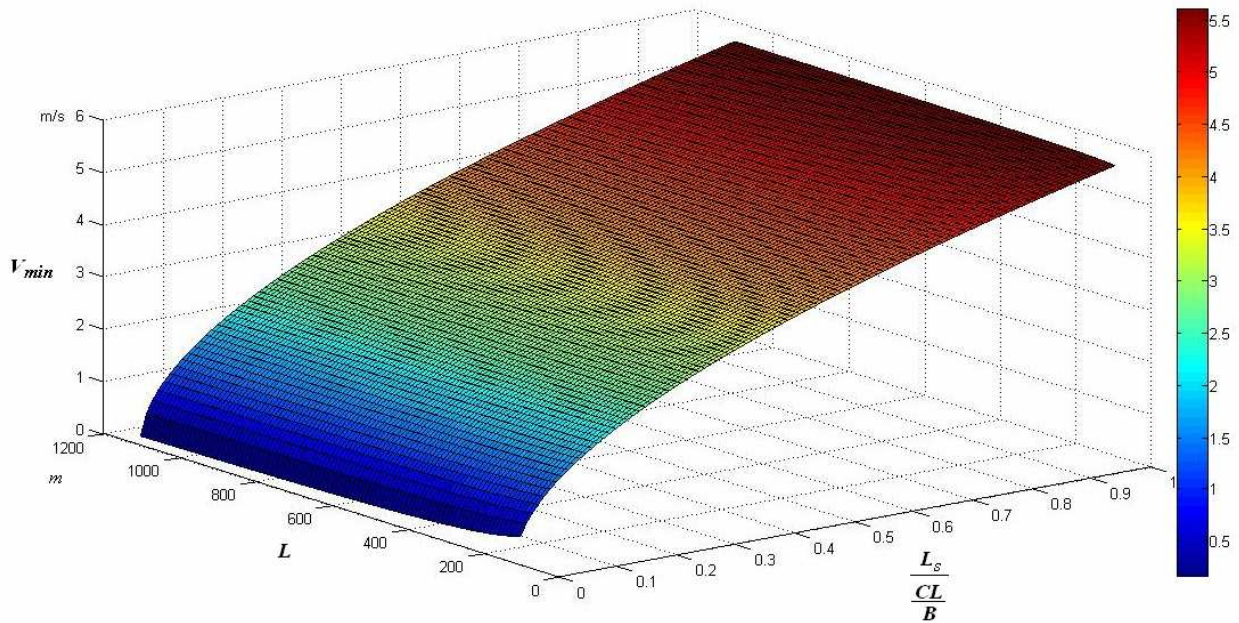


Fig. 1 - Variation of optimal speed depending the length of the plot L and of the length of the path traveled for repairing the errors L_s , expressed as the ratio between the length of this path and the total length of the traveled path in work (harvesting) /
Variația vitezei optime funcție de lungimea parcelei L și de lungimea drumului parcurs pentru repararea greșurilor L_s , exprimată ca raport între lungimea acestui drum și lungimea totală a traseului parcurs în lucru (recoltare)

Interesting is the optimal speed behavior in relation to the length of traveled path to repair the errors L_s , in terms of the range in which the optimal speed takes values, for the case of the work without errors (Fig. 2) and for the case in which the length of traveled path for repairing the errors is 15% of the total length of the traveled path in working (harvesting), Fig. 3.

Interesant este comportamentul vitezei optime în raport cu lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor L_s , sub aspectul intervalului în care viteza optimă ia valori, pentru cazul lucrului fără greșuri (Fig. 2) și pentru cazul în care lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor este de 15 % din lungimea totală a traseului parcurs în lucru (recoltare), fig. 3.

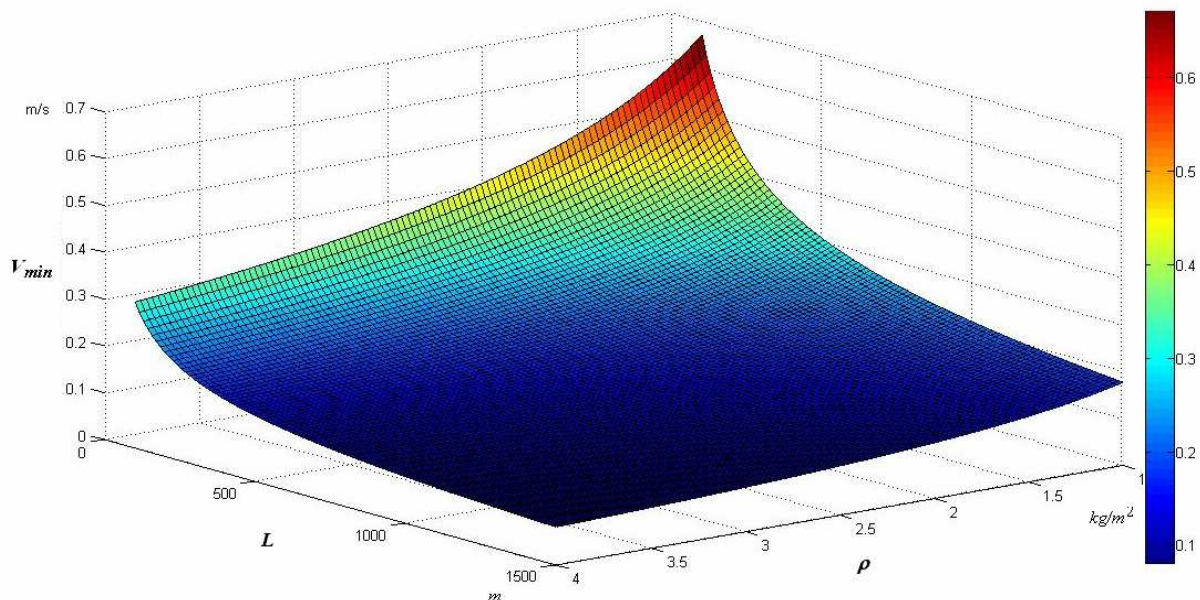


Fig. 2 - The variation of the optimal speed with the length of the plot and the specific production for $L_s = 0$ /
Variația vitezei optime cu lungimea parcelei și producția specifică, pentru $L_s=0$

Note that in the case of the path without errors, for plots with lengths between 100 m and 1500 m, respectively for productions contained in 1 and 4 kg/m^2 , the optimal speed is between 0.1 and 0.7 m/s (0.36 and 2.52 km/h). Under the same conditions, for a journey with errors, for which the length of the traveled path for

Se observă că în cazul parcurșului fără greșuri, pentru parcele cu lungimi cuprinse între 100 m și 1500 m, respectiv pentru producții specifice cuprinse în 1 și 4 kg/m^2 , viteza optimă se situează între 0,1 și 0,7 m/s (0,36 și 2,52 km/h). În aceleași condiții, pentru un parcurș cu greșuri, pentru care lungimea traseului parcurs pentru

repairing them is 15% of the total length of the traveled path in harvest, the optimal speed reaches values between 1 and 3 m/s (3.6 și 10.8 m/s). This translation of the crowd of values of the optimal speed can be seen in fig. 2 and 3.

repararea acestora este 15 % din lungimea totală a traseului parcurs în recoltare, viteza optimă ajunge la valori cuprinse între 1 și 3 m/s (3,6 și 10,8 m/s). Această translație a mulțimii valorilor vitezei optime se poate vizualiza în fig. 2 și 3.

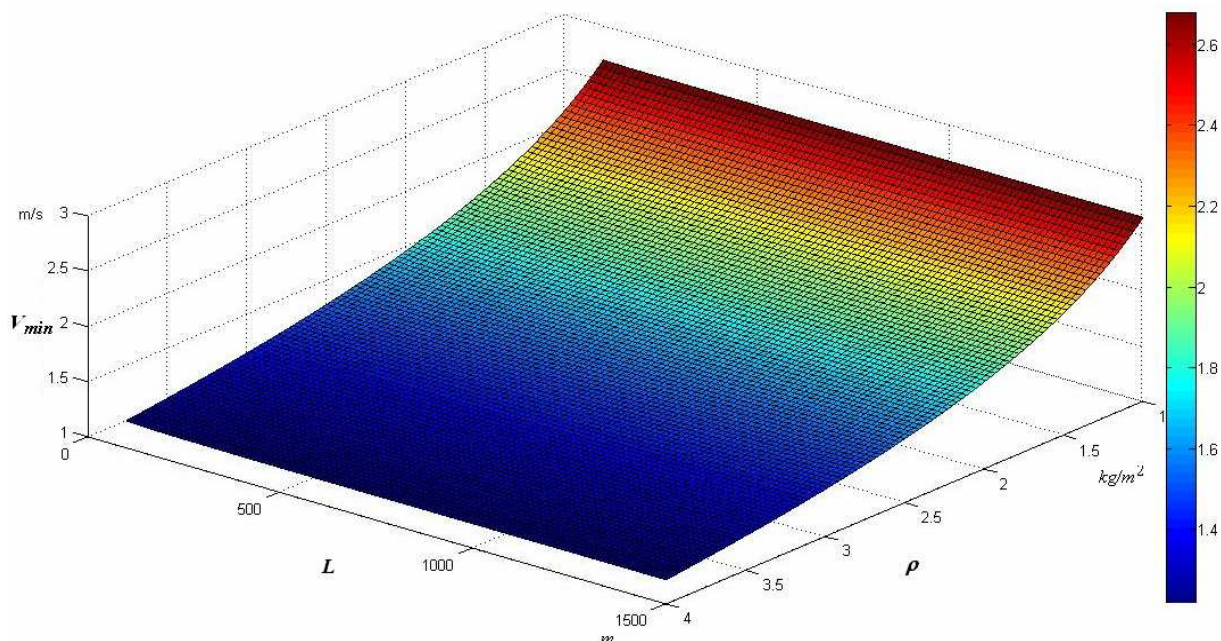


Fig. 3 - The variation of the optimal speed with the length of the plot and the specific production, for $L_s = 15\%$ of the length of the path in harvesting / Variația vitezei optime cu lungimea parcelei și producția specifică, pentru $L_s = 15\%$ din lungimea traseului în recoltare

Similarly can be studied dependencies of optimal speed over all other variables, studying the consequences on the working capacity, on the consumption, etc.

It is also interesting to study the minimum energy variation depending on the parameters of which depends explicitly, for the practical purpose of minimizing the energy consumption as much as possible.

These applications are left at the disposal of those who will use this model. It should be pointed out that for each aggregate to which it applies the model, should be performed the calibration.

REFERENCES

- [1]. Belea C. (1985) - *Theory of systems*, Didactic and Pedagogic Publishing House, Bucharest;
- [2]. Dobrescu C. (1985) - *Optimization the parameters of agricultural aggregates in order to reduce energy consumption*, Editorial office for agricultural technique propaganda, Bucharest;
- [3]. Regional Directorate of Statistics, Bucharest, <http://www.bucuresti.insse.ro>;
- [9]. Ionescu V. (1985) - *Theory of systems*, Didactic and Pedagogic Publishing House, Bucharest.
- [5]. Letoșnev N. (1959) - *Agricultural machines*, Agro-Forestry Publishing House of State;
- [6]. Schuler R.T. (1991) - *Estimating Agricultural Field Machinery Costs*, A3510, Agricultural Bulletin, Rm. 245, 30 N. Murray St., Madison, Wisconsin 53715;
- [7]. Șandru A., Bădescu M., Șandru L. (1982) - *Reducing energy consumption through rational use of agricultural aggregates*, Publishing House Romanian Writing, Craiova.
- [8]. <http://dexonline.ro/definitie/gre%C8%99>;
- [9]. Șandru, A., S. Popescu, I. Cristea, V. Neculăiasa, (1983) - *Exploitation of agricultural machines*, Didactic and Pedagogic Publishing House, Bucharest.

În același mod se pot studia dependențele vitezei optime față de toate celelalte variabile, studiindu-se consecințele asupra capacității de lucru, asupra consumului, etc.

Este, de asemenea, interesant de studiat variația energiei minime funcție de parametrii de care depinde explicit, în scopul practic de a minimiza cât mai mult consumul energetic.

Aceste aplicații se lasă la dispoziția celor ce vor utiliza acest model. Trebuie atrasă atenția că pentru fiecare agregat pentru care se aplică modelul, trebuie efectuată calibrarea.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Belea C. (1985) - *Teoria Sistemelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București;
- [2]. Dobrescu C. (1985) - *Optimizarea parametrilor agregatelor agricole în scopul reducerii consumului de energie*, Redacția de propagandă tehnică agricolă, București;
- [3]. Direcția Regională de Statistica București, <http://www.bucuresti.insse.ro>;
- [9]. Ionescu V. (1985) - *Teoria Sistemelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [5]. Letoșnev N. (1959) - *Mașini Agricole*, Editura Agro-Silvică de Stat;
- [6]. Schuler R.T. (1991) - *Estimating Agricultural Field Machinery Costs*, A3510, Agricultural Bulletin, Rm. 245, 30 N. Murray St., Madison, Wisconsin 53715;
- [7]. Șandru A., Bădescu M., Șandru L. (1982) - *Reducerea consumului de energie prin folosirea rațională a agregatelor agricole*, Editura Scrisul Românesc, Craiova.
- [8]. <http://dexonline.ro/definitie/gre%C8%99>;
- [9]. Șandru, A., S. Popescu, I. Cristea, V. Neculăiasa, (1983) - *Exploatarea utilajelor agricole*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

[10] Voicu E. (2007) - *Researches regarding dynamic and energetic optimization of the aggregate tractor with forage harvester*, PhD thesis, Transilvania University of Brasov, Faculty of Mechanical Engineering.

[10] Voicu E. (2007) - *Cercetări privind optimizarea dinamică și energetică a agregatului tractor cu combină de recoltat furaje*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Inginerie Mecanică.