

STUDIES AND RESEARCHES ON ENERGETICS OPTIMIZATION OF FODDER HARVESTING COMBINES - BIDIMENSIONAL MODELS

STUDII SI CERCETARI ASUPRA OPTIMIZARII ENERGETICII COMBINELOR DE RECOLTAT FURAJE – MODELE BIDIMENSIONALE

PhD. Stud. Ștefănoiu M.D.¹⁾, Math. Cârdei P.²⁾, Prof. PhD. Eng. Pirnă I.²⁾, Prof. PhD. Eng. Bădescu M.¹⁾,
 Assoc. Prof. PhD. Eng. Boruz S.¹⁾, Assoc. Prof. PhD. Eng. Atanasov At.³⁾

¹⁾University of Craiova / Romania; ²⁾INMA Bucharest / Romania; ³⁾University of Rousse
 e-mail: geiacob@yahoo.com

Abstract: In this article are presented the original results obtained by the authors starting from classical works in the field of energetics optimization of forage harvester combines. The original models were corrected and developed in the first article of this series, model in which it was considered a single speed in the formulas that give the energy consumed for performing the harvesting works. The model has led to an original formula for the optimum working speed. Because of certain objections related to the working process and of consideration of restrictions, authors considered useful extending to mathematical models of energy consumption with two and three speeds. These models consider the turning speed and the no load speed different from working speed, but not mandatory. Practically the energy consumed, depending on objective of the optimization process, becomes a function of two or three variables. In this paper is presented the model with two variables, the two-dimensional model. The bidimensional model considers the consumed energy dependent on the working speed and the no load speed, the turning speed being equated with that in no load. This last assumption will also be abandoned at the three dimensional model that will be presented in the third article of the series.

Keywords: energetics, harvesters, optimization

INTRODUCTION

The unidimensional model of consumed energy for actuating the combine, although initially considered the consumed energy as a function dependent on the working speed and the no load speed, makes along the assumption of equality of these speeds thus transforming a variant of a two-dimensional model into an unidimensional model. This hypothesis has inspired the authors the consideration of models with two and three variables, by introducing firstly the assumption that the speed in no load equal to that of turning (the bidimensional model) may differ of the working speed and then of the assumption that the three speeds could be different every two between them (the three dimensional model). In reality it is possible that the no load speed (namely move to error zones without that the working bodies to operate) to be greater than that of working, and the speed of turning to be somewhat smaller than the speed of working. The sequence can be reversed in some cases, so that the consideration of consumed energy cases as a function of two or three variables is considered necessary [3, 4, 9, 10].

Another critical aspect of unidimensional model from [5] is related to a restriction of equality type, which is a very improbable working case and was converted into other optimization variants in restriction expressed in inequality. This inequality makes sense of limiting the speed in order not to exceed a limit flow rate for processing of material into combine. Thus appeared the use of mathematical programming to optimize the energy as alternative to the path proposed in [2], [5] and [6].

An interesting aspect to dimensional models 2 and 3 is that the optimal speed in no load (at bidimensional models this includes also the turning speed), respectively the optimal

Rezumat: În acest articol se expun rezultate originale obținute de autori pornind de la lucrări clasice în domeniul optimizării energeticii combinelor de recoltat furaje. Modelele originale au fost corectate și dezvoltate în primul articol din această serie, model în care s-a considerat o singură viteză în formulele ce dau energia consumată pentru efectuarea lucrărilor de recoltare. Modelul a condus la o formulă originală pentru viteza optimală de lucru. Datorită unor obiecții legate de procesul de lucru și de considerarea restricțiilor, autorii au considerat utilă extinderea la modele matematice ale energiei consumate cu două și trei viteze. Aceste modele consideră viteza de întoarcere și viteza în gol diferite de viteza de lucru, nu obligatoriu însă. Practic energia consumată, funcție obiectiv a procesului de optimizare, devine o funcție de două sau trei variabile. În acest articol este expus modelul cu două variabile, modelul bidimensional. Modelul bidimensional consideră energia consumată dependentă de viteza de lucru și viteza în gol, viteza de întoarcere fiind asimilată cu cea în gol. Această ultimă presupunere va fi și ea abandonată la modelul tridimensional care va fi expus în al treilea articol al seriei.

Cuvinte cheie: combine, energetica, optimizare

INTRODUCERE

Modelul unidimensional al energiei consumate pentru acționarea combinei, deși inițial considera energia consumată ca funcție dependentă de viteza de lucru și viteza în gol, face pe parcurs ipoteza egalității acestor viteze și transformă astfel o variantă de model bidimensional într-un de model unidimensional. Această ipoteză a inspirat autorilor considerarea modelelor cu două și trei variabile, prin introducerea mai întâi a ipotezei că viteza în gol egală cu cea de întoarcere (modelul bidimensional) poate diferi de viteza în lucru și apoi, a ipotezei că cele trei viteze ar putea să fie diferite fiecare două între ele (modelul tridimensional). În realitate se poate ca viteza în gol (adică deplasare spre zone de greșuri fără ca organele de lucru să opereze) să fie mai mare ca cea de lucru, iar viteza de întoarcere să fie ceva mai mică decât viteza de lucru. Ordinea se poate inversa în unele cazuri, așa încât considerarea cazurilor energiei consumate ca funcție de două sau trei variabile este considerată necesară [3, 4, 9, 10].

Un alt aspect critic la adresa modelului unidimensional din [5] este legat de o restricție de tip egalitate, care este un caz de lucru foarte improbabil și l-am convertit în alte variante de optimizare în restricție exprimată în inegalitate. Această inegalitate are sens de limitare a vitezei pentru a nu depăși un debit limită de prelucrare a materialului în combină. Astfel a apărut utilizarea programării matematice pentru optimizarea energiei ca alternativă la calea propusă în [2], [5] sau [6].

Un aspect interesant la modelele 2 și 3 dimensionale este acela că viteza optimală în gol (la modelele bidimensionale aceasta include și viteza de întoarcere),

speed in no load and the optimal turning speed are higher than the optimal working speed (harvesting). It demonstrates that the choice of speeds in no load or in turning smaller than the optimal working speed, leads to energy losses smaller than 2%.

MATERIAL AND METHOD

The first example of optimization by the method of mathematical programming uses the model (1) of the energy

$$E = \left(fg_s Bv_r + f_v g_s Bv_r^2 + p_1 B\rho v_r + p_2 B\rho v_r^2 + P_{pg} \right) \frac{CL}{Bv_r} + \frac{2C}{Bv_g} \left(fg_s Bv_g + f_v g_s Bv_g^2 + P_{pg} \right) \left(l_i + \frac{L_s}{C} B \right), \quad (1)$$

completed with the relations (2)

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

and (5.58):

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

It is obtained the energy expression as a function of working speed and no load speed and is searching for the existence of a point of minimum of the energy, with the only restriction that the two speeds to be positives, otherwise not having physical sense. This problem is written symbolically in the form:

Se obține expresia energiei ca o funcție de viteza în lucru și viteza în gol și se caută existența unui punct de minim al energiei, cu singura restricție ca cele două viteze să fie pozitive, altfel neavând sens fizic. Această problemă se scrie simbolic sub forma:

$$\begin{aligned} v_r &> 0 \\ v_g &> 0 \\ E(v_r, v_g) &\rightarrow \min \end{aligned} \quad (4)$$

Generally, mathematical programming means a subdomain of optimization, whose aim is to minimize or maximize a function, under the conditions of achieving of a number of conditions (restrictions). If the function and restrictions are expressed by linear relations in the optimization variables then the discipline is called linear programming, while otherwise, nonlinear programming [11]. According to [1], the mathematical programming is a branch of applied mathematics including the theoretical principles and numerical methods for solving of optimization problems (for determining the extremes) of some functions called function objective or purpose, whose variables satisfy a system of restrictive relations (expressing the link between them and the conditions imposed by the possibilities of the studied process). The quadratic or polynomial programming elements can be found, for example, in [7].

RESULTS

The numerical methods used in this field of mathematics are very different, from very simple to very complexe. These were developed in tens of years of intense researches, and after the development of electronic computers, the developed algorithms and programs allowed the engineers to work with instruments calculating the optimal points very simple and quickly. One of these programs is Mathcad 2001 Professional, that we used in this paper.

Numerically, the Mathcad 2001 Professional software, used as starting point $v_r = 0.5$ and $v_g = 2$, obtain for the optimal speeds working and in no load, the values: $v_r = 3.234$ m/s, $v_g = 7.655$ m/s.

The existence of the minimum point of this surface was anticipated also graphically, as shown in Fig. 1 and 2. Minimum is included in the indigo area of the lowest value. To determine more precisely the point, the chart can be detailed,

respectiv viteza optimală în gol și viteza optimală de întoarcere sunt mai mari decât viteza optimală în lucru (recoltare). Se demonstrează că alegerea unor viteze în gol sau în întoarcere mai mici decât viteza optimală în lucru, conduce la pierderi energetice mici, sub 2 %.

MATERIAL ȘI METODĂ

Primul exemplu de optimizare prin metoda programării matematice folosește modelul (1) al energiei

completat cu relațiile (2)

și (5.58):

În general, prin programare matematică se înțelege un subdomeniu al optimizării, al cărui scop este minimizarea sau maximizarea unei funcții, în condițiile realizării unei serii de condiții (restricții). Dacă funcția și restricțiile se exprimă prin relații liniare în variabilele de optimizare atunci disciplina se numește programare liniară, iar în caz contrar, programare neliniară [11]. Conform [1], programarea matematică este o ramură a matematicilor aplicate cuprinzând principiile teoretice și metodele numerice de rezolvare a problemelor de optimizare (de determinare a extremurilor) a unor funcții numite funcții obiectiv sau scop, ale căror variabile satisfac un sistem de relații restrictive (care exprimă legătura dintre ele și condițiile impuse de posibilitățile procesului studiat). Elemente de programare pătratică sau polinomială se găsesc, de exemplu, în [7].

REZULTATE

Metodele numerice folosite în acest domeniu al matematicii sunt foarte variate, de la foarte simple la foarte complexe. Acestea au fost dezvoltate în zeci de ani de cercetări intense, iar după dezvoltarea calculatoarelor electronice, algoritmi și programele dezvoltate au pus la îndemâna inginerilor instrumente de lucru care calculează punctele optime foarte simplu și rapid. Unul dintre aceste programe este Mathcad 2001 Professional, pe care l-am folosit în această lucrare.

Numeric, programul Mathcad 2001 Professional, folosind ca punct de start $v_r = 0,5$ și $v_g = 2$, obține pentru vitezele optime în lucru și în gol, valorile: $v_r = 3,234$ m/s, $v_g = 7,655$ m/s.

Existența punctului de minim al acestei suprafețe era anticipabilă și grafic, după cum se vede în fig. 1 și 2. Minimumul se află inclus în zona indigo de cea mai mică valoare. Pentru a determina mai exact punctul, graficul se

as shown in Fig. 1 and 2, where there were taken larger areas of speeds to clearly delimit the entire area of minimum.

But the surprise is greater if without other hypotheses it develops a little the formula (1), without using other hypotheses. is obtained for energy the shape:

poate detalia, ca în fig. 1 și 2, unde s-au luat zone mai mari de viteze pentru a delimita clar întreaga zona de minimum.

Surpriza este însă mai mare dacă fără alte ipoteze se dezvoltă puțin formula (1), fără a folosi alte ipoteze. Se obține pentru energie forma:

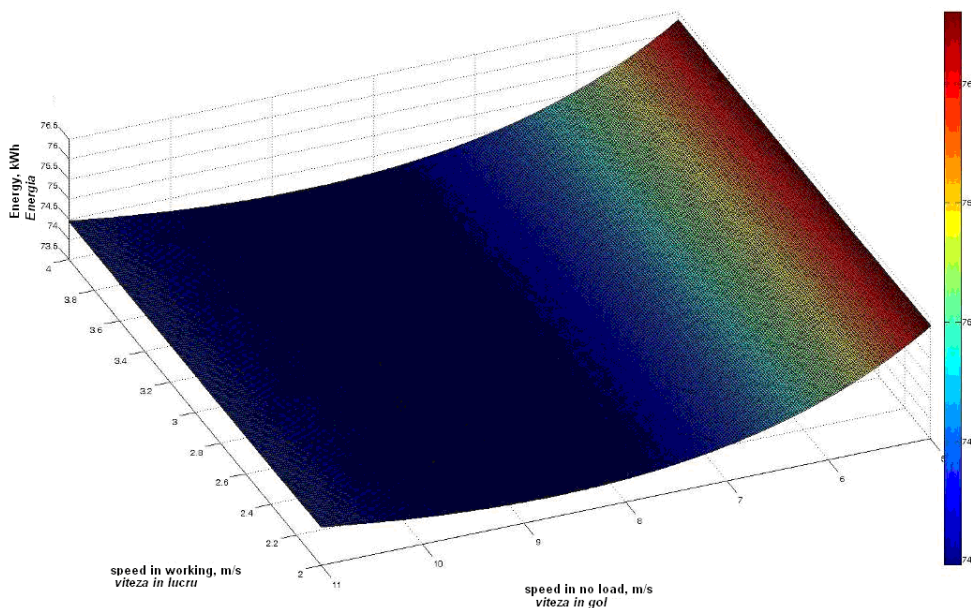


Fig. 1 - The surface that represents graphically the function energy which minimizes (in this subchapter) / Suprafața care reprezintă grafic funcția energie care se minimizează (în acest subcapitol)

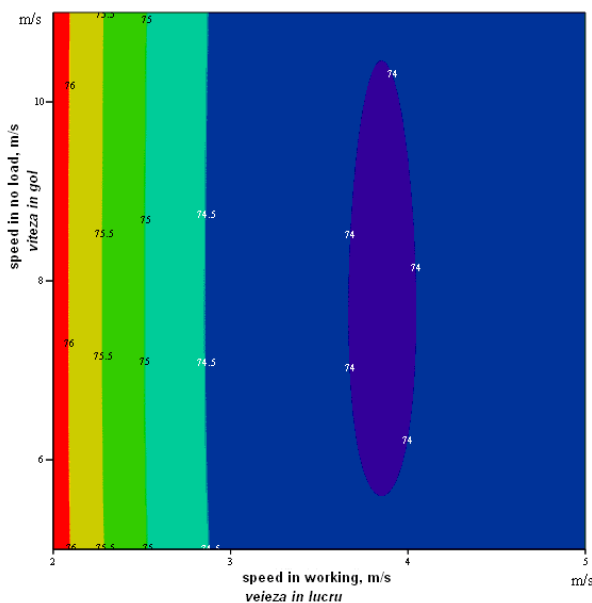


Fig. 2 - Representation by planar contours of the surface representing graphically the function energy which minimizes in this subchapter / Reprezentare prin contururi plane a suprafeței ce reprezintă grafic funcția energie care se minimizează în acest subcapitol

$$E(v_r, v_g) = g_s fCL + p_1 \rho CL + (f_v g_s CL + p_2 \rho CL) v_r + \frac{P_{pg}}{B} \cdot \frac{1}{v_r} + [2AC + B(C + 2L_s)] f g_s + [2AC + B(C + 2L_s)] f_v g_s v_g + \frac{P_{pg} [2AC + B(C + 2L_s)]}{B} \cdot \frac{1}{v_g} \tag{5}$$

The surprise consists in that this form of energy is with separate variables (with regard to the speeds, and the point of extreme is obtained easy by solving the system of equations obtained by the annullment of partial derivatives of the first order in relation to the two speeds:

Surpriza constă în aceea că această formă a energiei este cu variabile separate (în ceea ce privește vitezele, iar punctul de extrem se obține ușor prin rezolvarea sistemului de ecuații obținut prin anularea derivatelor parțiale de ordinul întâi în raport cu cele două viteze:

$$\begin{aligned}\frac{\partial E}{\partial v_r} &= 0, \\ \frac{\partial E}{\partial v_g} &= 0\end{aligned}\quad (6)$$

Solving the system (6) are obtained the speeds which perform the minimum energy:

Rezolvând sistemul (6) se obțin vitezele care realizează energia minimă:

$$\begin{aligned}v_r &= \sqrt{\frac{P_{pg}}{B(f_v g_s + p_2 \rho)}}, \\ v_g &= \sqrt{\frac{P_{pg}}{B f_v g_s}}\end{aligned}\quad (7)$$

A first essential observation is that the optimal solution (7) no longer depends on the geometry of plot (dimensions C and L), only the energy (5.85) depends on them. The independence of optimal speeds of the geometry of the plot is a useful property and given that generally the plots are not rectangular, many of them having quite varied forms. The independence of optimal speeds of the plot geometry obtained in the formulas (7), gives the hope that things are happen as such also for plots of any shape. But this should be rigorously demonstrated, being a problem that will remain from this study. But the optimal energy obviously depends on the geometry of the plot. the optimal solution (7) depends essentially on the power to the PTO in no load, parameter introduced following the calibration necessity of models. Certainly, there are still many aspects to comment. We limit ourselves to point out that the exact values of optimal speeds on the data from Table 5.6 are: $v_r = 3.234$ m/s, $v_g = 7.651$ m/s, consistent with the numerical calculation. The corresponding minimum energy has the value of 73.983 kWh. We also underline that this problem is the pure problem of energy minimization without imposing also the restriction:

O primă observație esențială este aceea că soluția optimală (7) nu mai depinde de geometria parcelei (dimensiunile C și L), numai energia (5.85) depinde de acestea. Independența vitezelor optimale de geometria parcelei este o proprietate utilă și având în vedere faptul că în general parcelele nu sunt dreptunghiulare, multe având forme destul de variate. Independența vitezelor optimale de geometria parcelei obținută în formulele (7), dă speranța că lucrurile se petrec astfel și pentru parcele de formă oarecare. Acest fapt trebuie însă demonstrat riguros, fiind o problemă ce va rămâne în urma acestui studiu. Energia optimală însă, depinde evident de geometria parcelei. Soluția optimală (7) depinde în mod esențial de puterea la priză în gol, parametru pe care l-am introdus în urma necesității calibrării modelelor. Sigur că sunt de comentat încă multe aspecte. Ne mărginim să subliniem că valorile exacte ale vitezelor optimale pe datele din tabelul 5.6 sunt: $v_r = 3,234$ m/s, $v_g = 7,651$ m/s, în concordanță cu calculul numeric. Energia minimă corespunzătoare are valoarea de 73,983 kWh. Mai subliniem că această problemă este problema pură a minimizării energiei fără a impune și restricția:

$$Bv\rho - q = 0 \quad (8)$$

If to the optimization problem (4) is added the condition (restriction) (8) then is obtained the mathematical programming problem:

Dacă problemei de optimizare (4) i se adaugă condiția (restricția) (8) atunci se obține problema de programare matematică:

$$\begin{aligned}v_r &> 0 \\ v_g &> 0 \\ B\rho v_r &= q \\ E(v_r, v_g) &\rightarrow \min\end{aligned}\quad (9)$$

which has a very interesting solution: $v_r = 1.819$ m/s, $v_g = 7.651$ m/s, with the corresponding energy $E = 77.29$ kWh. It is noted that the value of the speed in working is the same as that used in the experiments described in [8] and very close to the optimal working speed given by the dimensional model 1 described in the first article of this series. The solution remains the same also if the restriction is put in the wider sense, $B\rho v_r \leq q$. This restriction is more correctly implemented which can be interpreted as a limitation of speed for the purpose of not to exceed a maximal flow which may cause clogging or improper cutting and from here an inadequate quality of harvest.

At this chapter one still has to remark an important aspect of the problem, namely that around the point of minimum, area that represents graphically the function of two variables (5) varies slightly, especially on the direction of no load speeds axis. This behavior has as a consequence the fact that, if it can not go practically with the optimal no load speed, it can be chosen a lower no load speed, without losing too much energy. This aspect can be seen in the

care are o soluție foarte interesantă: $v_r = 1,819$ m/s, $v_g = 7,651$ m/s, cu energia corespunzătoare $E = 77,29$ kWh. Se observă că valoarea vitezei în lucru este aceeași cu cea folosită în experiențele descrise în [8] și foarte apropiată de viteza de lucru optimală dată de modelul 1 dimensional descris în primul articol din această serie. Soluția rămâne aceeași și dacă restricția se pune în sensul mai larg, $B\rho v_r \leq q$. Această restricție este mai corect pusă putându-se interpreta ca o limitare a vitezei în scopul de a nu depăși un debit maximal care poate produce înfundarea sau tăierea necorespunzătoare și de aici o calitate necorespunzătoare a recoltării.

La acest capitol mai trebuie remarcat un aspect important al problemei, anume acela că în jurul punctului de minim, suprafața care reprezintă grafic funcția de două variabile (5), variază puțin, în special pe direcția axei vitezelor în gol. Acest comportament are drept consecință faptul că, dacă nu se poate merge practic cu viteza în gol optimală, se poate alege o viteză în gol mai mică, fără a pierde foarte multă energie. Acest aspect se poate observa în

graphical representation in Fig. 3. For example if it takes the optimal solution (4) or (7) and it can not work with no load speed higher to the speed in working, then, energy consumption will be higher than in the optimal point with only 0.16%, that is from the optimal value 73.985 kWh, increases to 74.106 kWh, which is insignificant. This aspect characterizes all the models that have been developed from model built by calibration (described in the first article in the series). Due to this property it can work with speeds in no load, conveniently chosen, without having significant losses of energy. In other words, this family of mathematical models is characterized by a high tolerance in relation to the compliance with the optimal speed in no load.

reprezentarea grafică din fig. 3. De exemplu dacă se ia soluția optimă (4) sau (7), și nu se poate lucra cu viteza în gol superioară vitezei în lucru, atunci, consumul de energie va fi mai mare decât în punctul optimal cu numai 0,16 %, adică de la valoarea optimă 73,985 kWh, crește la 74,106 kWh, ceea ce este nesemnificativ. Acest aspect caracterizează toate modelele ce au fost dezvoltate din modelul construit prin calibrare (descrisa în primul articol din serie). Datorită acestei proprietăți se poate lucra cu viteze în gol convenabil alese, fără a avea pierderi însemnate de energie. Altfel spus, această familie de modele matematice este caracterizată de o toleranță mare în raport cu respectarea vitezei în gol optime.

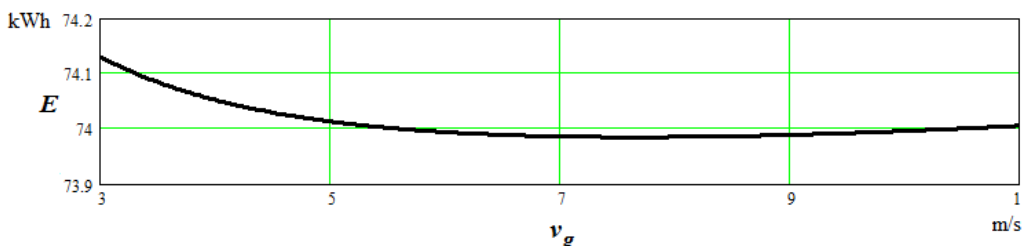


Fig. 3 - Energy variation around the point of minimum, on the the direction of speed in no load /
Variația energiei în jurul punctului de minim, pe direcția vitezei în gol

For the speed in working the models are no longer so tolerant. If it works with a speed equal to half of the optimal working speed, then results an energetic consumption with over 6.5% greater than the optimal one.

A bidimensional model of the energy consumed for harvesting a plot

A more general model for the energy consumed can be obtained starting from the model 1 - dimensionally described in the first of the three articles, but considering that there is no a relation between the speed in working (harvesting) and the no load speed. Besides the relation which gives the energy consumed by tractor on a plot at the harvesting with the forage combine will also be considered the relations expressing the length of a turning and the restriction in the form of equality (all described in the first article). With these relations and with the notations:

Pentru viteza în lucru modelele nu mai sunt atât de tolerante. Dacă se lucrează cu o viteză egală cu jumătate din viteza de lucru optimă, atunci rezultă cu consum energetic cu peste 6,5 % mai mare decât cel optimal.

Un model bidimensional al energiei consumate pentru recoltarea unei parcele

Un model mai general pentru energia consumată se poate obține plecând de la modelul 1-dimensional descris în primul dintre cele trei articole, dar considerând că nu există o relație între viteza în lucru (recoltare) și viteza în gol. În afara relației care dă energia consumată de tractor pe o parcelă la recoltarea cu combina de furaje se vor mai considera relațiile ce exprimă lungimea unei întoarceri și restricțiasub formă de egalitate (toate descrise în primul articol). Cu aceste relații și cu notațiile:

$$M = f_{g_s}CL + p_1\rho CL + \frac{P_{pg}\rho CL}{q} + 2Af_{g_s}C \quad (10)$$

$$N = f_v g_s CL + p_2\rho CL \quad (11)$$

$$Q = 2Af_v g_s C \quad (12)$$

$$U = \frac{f_{g_s}q(C + 2L_s)}{\rho} \quad (13)$$

$$S = P_{pg}(C + 2L_s) \quad (14)$$

$$T = \frac{2\rho ACP_{pg}}{q} \quad (15)$$

$$Z = \frac{f_v g_s q((C + 2L_s))}{\rho} \quad (16)$$

the expression of energy becomes:

expresia energiei devine:

$$E(v_r, v_g) = M + Nv_r + Qv_g + \frac{U}{v_r} + \frac{S}{v_g} + T \frac{v_r}{v_g} + Z \frac{v_g}{v_r} \quad (17)$$

obviously, for $v_r > 0$ and $v_g > 0$.

The surface which is the geometrical image of the function (17), is a surface area that has a point of minimum in the field of positive speeds. For an easier viewing we

evident, pentru $v_r > 0$ și $v_g > 0$.

Suprafața care este imaginea geometrică a funcției (17), este o suprafață care are un punct de minim în domeniul vitezelor pozitive. Pentru o vizualizare mai ușoară am luat

took a very broad range of speeds for fig. 4.
 The speed range considered is intentionally exaggerated (working speed between 0.5 and 15 m / s and the speed in no load between 0.5 and 60 m / s, as well as the length of the traveled path for the repair of mistakes (45% of the length of the traveled path in working, at harvest).
 It is noticed the dark blue spot of color containing the point of minimum. The point coordinates of minimum have the values: $v_r = 2.708$ m/s, $v_g = 9.334$ m/s. These were obtained by numerical way.

un domeniu foarte larg de viteze pentru fig 4.
 Intervalul de viteze considerat este intenționat exagerat (viteza în lucru între 0,5 și 15 m/s, iar viteza în gol între 0,5 și 60 m/s, precum și lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor (45% din lungimea traseului parcurs în lucru (recoltare)).
 Se observă pata de culoare albastru închis care conține punctul de minim. Coordonatele punctului de minim au valorile: $v_r = 2,708$ m/s, $v_g = 9,334$ m/s. Acestea au fost obținute pe cale numerică.

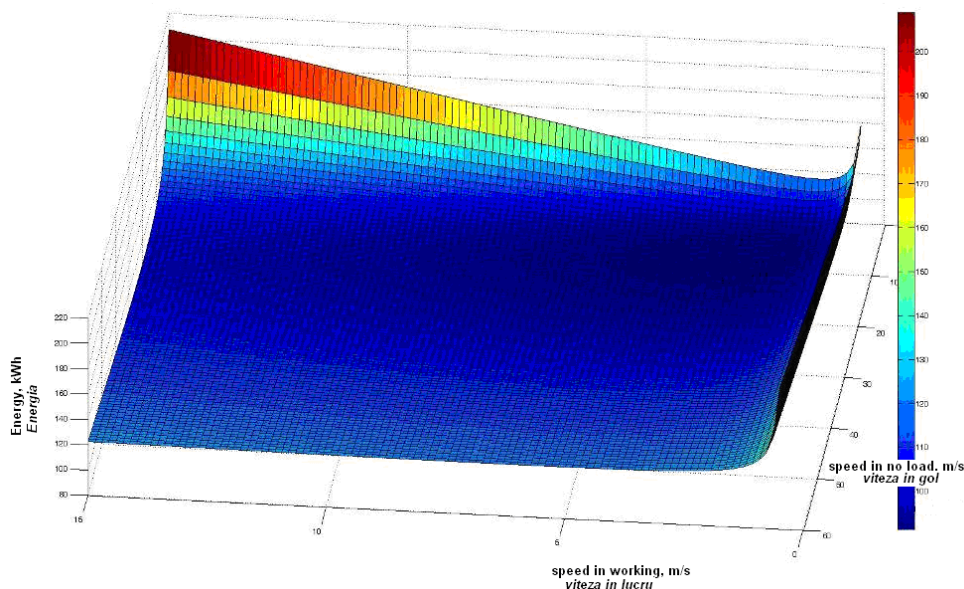


Fig. 4 - The area that is the graphical representation of the function /
 Suprafața care este reprezentarea grafică a funcției $E = E(v_r, v_g)$

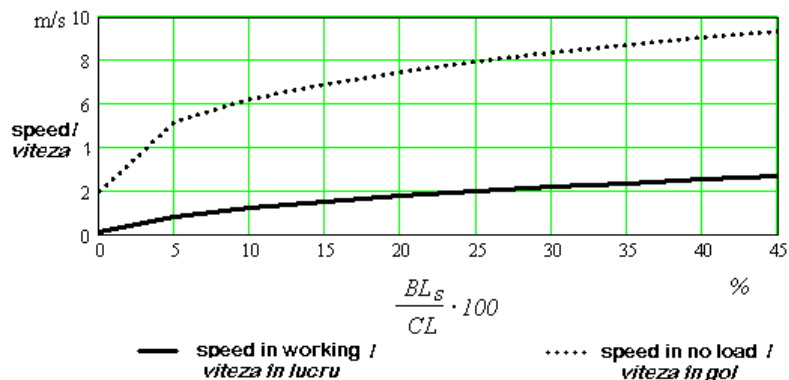


Fig. 5 - The increase of optimal speed, in working and in no load, in relation to increasing of the length of traveled path for correcting the mistakes, expressed as a percentage of the length of the total path traveled in working (harvesting) on the entire plot, for the datas of the calibration table (given in the first article of this series) / Creșterea vitezelor optime, în lucru și în gol, în raport cu creșterea lungimii drumului parcurs pentru repararea greșurilor, exprimată ca procent din lungimea drumului total parcurs în lucru (recoltare) pe întreaga parcelă, pentru datele din tabelul de calibrare (dat în primul articol al acestei serii)

The graphical representation from fig. 5 shows the way in which the optimal speeds in working and in no load provided by this model, varies when it grows the length of the traveled path for repairing the mistakes. The fact that optimal speed grows, therefore the point of minimum of the surface $E = E(v_r, v_g)$ is moving on the vertical in positive sense, is not surprising, being in agreement with one-dimensional optimization model. The important aspect highlighted by this representation is that the speed in no load has higher values than the speed in working and more, the speed in no load has even much higher values than the one in working. Thus, it appears also a possible dependence of some calibration results, especially since is quite possible that the calibration values not to be unique. This topic is however a completely different topic concerning models and calibration, related to the univocity of calibration or consequences of non-uniqueness of calibration. Under the

Reprezentarea grafică din fig. 5 arată modul în care vitezele optime în lucru și în gol, furnizate de acest model, variază atunci când crește lungimea drumului parcurs pentru repararea greșurilor. Faptul că vitezele optime cresc, deci punctul de minim al suprafeței $E = E(v_r, v_g)$ se deplasează pe verticală în sens pozitiv, nu este surprinzător, este în acord cu modelul de optimizare 1-dimensional. Aspectul important scos în evidență de această reprezentare este acela că viteza în gol are valori mai mari decât viteza în lucru și mai mult, viteza în gol are valori chiar cu mult mai mari decât cea în lucru. Apare astfel și o posibilă dependență a unor rezultate de calibrare, mai ales că este foarte posibil ca valorile de calibrare să nu fie unice. Acest subiect este însă un cu totul alt subiect referitor la modele și calibrare, la univocitatea calibrării sau consecințele neunicității calibrării. În aceleași

same conditions (data from the calibration table), for a journey without mistakes, is obtained the optimal speed in working with the value of 0.124 m / s and the optimal speed in no load with the value of 1.997 m / s. Also, with these observations can be made one remark on the refining of the model. It is normal that the speed in no load to be higher than the speed in working, but this when the machine goes straight or almost on a straight trajectory, not to the turnings, for example. In order to avoid this kind of situation, the model could be reformulated with three speeds: the speed in working, the speed in no load – aiming at equipment displacements in no load on the sides of the plot or for the repairing of mistakes and the speed at turnings.

condiții (datele din tabelul de calibrare), pentru un parcurs fără greșuri, se obține viteza optimală în lucru cu valoarea 0,124 m/s și viteza în gol optimală cu valoarea 1,997 m/s. De asemenea, odată cu aceste observații se poate face una referitoare și la rafinarea modelului. Este normal ca viteza în gol să fie mai mare ca viteza în lucru, dar aceasta atunci când utilajul merge pe traiectorie dreaptă sau aproape dreaptă, nu și la întoarceri, de exemplu. Pentru evitarea unor situații de acest tip, modelul ar putea fi reformulat cu trei viteze: viteza în lucru, viteza în gol – care vizează deplasările utilajului în gol pe laturile parcelei sau pentru repararea greșurilor și viteza la întoarceri.

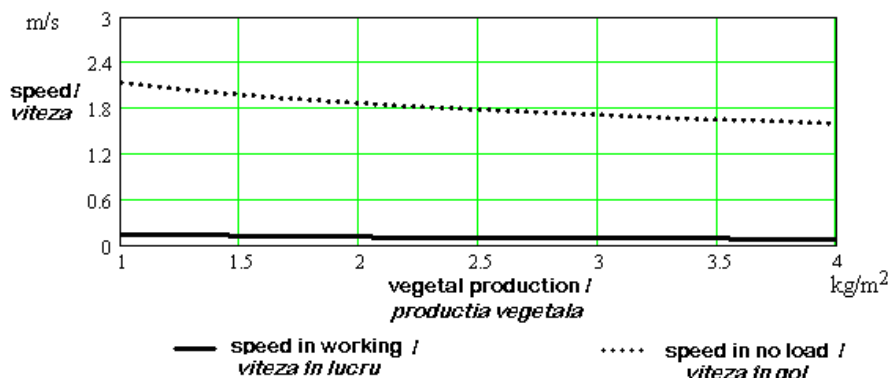


Fig. 6 - Optimal speeds variation with increasing of vegetal production in the case of a route without mistakes / Variația vitezelor optimale cu creșterea producției vegetale în cazul unui parcurs fără greșuri.

The optimal speeds variation with plant production and the effect of mistakes appear in Fig. 6 and 7. It is noted that for routes without mistakes the speeds varies within a lower range (Fig. 6), increasing of the length of the road for mending of mistakes leading to variation in superior intervals of speed (Fig. 7).

Variația vitezelor optimale cu producția vegetală efectul greșurilor apare în fig. 6 și 7. Se observă că pentru parcurșurile fără greșuri vitezele variază într-un interval inferior (fig. 6), creșterea lungimii drumului pentru repararea greșurilor conducând la variația în intervale superioare de viteză (fig. 7).

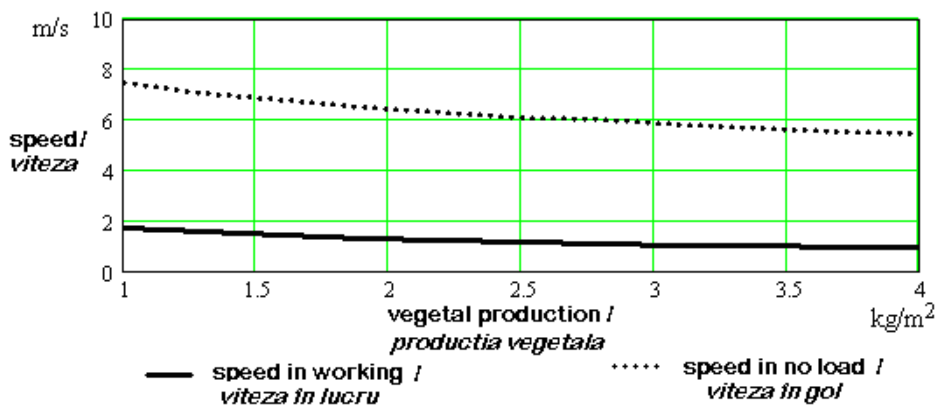


Fig. 7 - Optimal speeds variation with increasing of vegetal production in the case of a route with the length for repairing of mistakes of 15% of length of the road traveled in working / Variația vitezelor optimale cu creșterea producției vegetale în cazul unui parcurs cu lungimea pentru repararea greșurilor de 15 % din lungimea drumului parcurs în lucru

CONCLUSIONS

Theoretical and numerical results demonstrate that, at least for the case of calibration studied, the two-dimensional model is superior to the one-dimensional not only in terms of fidelity as against reality.

The optimal speeds indicated by theoretical way do not depend on the dimensions of parcels. Also, it is shown by numerical and graphical studies that the considerable failure to comply of the movement speed in no load does not have significant implications for the energetic consumption (substantial deviation of speed in no load from the optimal one produces increasing of energetic consumption compared to the optimal one with negligible amounts), while relatively small deviations of the working speed in relation to the optimal one, produces appreciable deviations of energetic consumption compared to the optimal one.

CONCLUZII

Rezultatele teoretice și numerice demonstrează că, cel puțin pentru cazul de calibrare studiat, modelul 2-dimensional este superior celui 1-dimensional nu numai din punctul de vedere al fidelității față de realitate.

Vitezele optimale indicate pe cale teoretică nu depind de dimensiunile parcelelor. De asemenea, se arată prin studii numerice și grafice că nerespectarea apreciabilă a vitezei de deplasare în gol nu are implicații semnificative la consumul energetic (abaterea semnificativă a vitezei în gol de la cea optimală produce creșterea consumului energetic față de cel optimal cu cantități neglijabile), pe când abateri relativ mici ale vitezei de lucru în raport cu cea optimală, produce abateri apreciabile ale consumului energetic față de cel optimal.

REFERENCES

- [1]. Bobancu V., Mihaileanu N., Gheorghita S., Brezuleanu A., Stefanescu A., Balanescu T. (1974) - *Dictionary of general mathematics*, Romanian Encyclopedic Publishing House, Bucharest;
- [2]. Dobrescu C. (1981) – *Optimization of agricultural aggregates parameters in order to reduce the energy consumption*, Editorial propaganda agricultural machinery Publishing, Bucharest;
- [3]. Letoşnev N.N. (1959) - *Agricultural Machines*, State Agro-Forestry Publishing House;
- [4]. Schuler R. T. (1991) - *Estimating Agricultural Field Machinery Costs*, A3510, Agricultural Bulletin, Rm. 245, 30 N. Murray St., Madison, Wisconsin 53715;
- [5]. Şandru A., Bădescu M., Şandru L. (1982) – *Reducing the energy consumption by rationally using the agricultural aggregates*, Scrisul Românesc Publishing, Craiova;
- [6]. Şandru A., Popescu S., Cristea I., Neculăiaşa V. (1983) – *Exploitation of agricultural equipment*, Didactic and Pedagogic Publishing, Bucharest;
- [7]. Udrişte C., Tanasescu E., (1980) - *Minimum and maximum of real functions of real variables*, Technical Publishing House Bucharest.
- [8]. Voicu E. (2007) – *Researches on dynamic and energetic optimization of tractor-fodder harvesting combine aggregate*, Ph.D. Thesis, University Transilvania Braşov, Faculty of Mechanical Engineering;
- [9]. *** Regional Statistics Office Bucharest, <http://www.bucuresti.insse.ro>
- [10]. <http://dexonline.ro/definitie/gre%C8%99>;
- [11]. <http://mathworld.wolfram.com/search/?query=mthematical+programming&x=14&y=9>;

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Bobancu V., Mihăileanu N., Gheorghită Ş., Brezuleanu A., Ştefănescu A., Bălănescu T. (1974) - *Dicţionar de matematici generale*, Editura Enciclopedică Română, Bucureşti;
- [2]. Dobrescu C. (1981) - *Optimizarea parametrilor agregatelor agricole în scopul reducerii consumului de energie*, Redacţia de propagandă tehnică agricolă, Bucureşti;
- [3]. Letoşnev N.N. (1959) - *Maşini Agricole*, Editura Agro-Silvică de Stat;
- [4]. Schuler R.T. (1991) - *Estimarea costurilor domeniul maşinilor agricole*, A3510, Buletinul Agricol, RM. 245, 30 N. Str. Murray, Madison, Wisconsin 53715;
- [5]. Şandru A., Bădescu M., Şandru L. (1982) - *Reducerea consumului de energie prin folosirea raţională a agregatelor agricole*, Editura Scrisul Românesc, Craiova;
- [6]. Şandru A., Popescu S., Cristea I., Neculăiaşa V. (1983) - *Exploatarea utilajelor agricole*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti;
- [7]. Udrişte C., Tănăsescu E., (1980) - *Minime şi maxime ale funcţiilor reale de variabile reale*, Edistura Tehnică Bucureşti.
- [8]. Voicu E. (2007) - *Cercetări privind optimizarea dinamică şi energetică a agregatului tractor cu combină de recoltat furaje*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania din Braşov, Facultatea de Inginerie Mecanică ;
- [9]. *** Direcţia Regională de Statistica Bucureşti, <http://www.bucuresti.insse.ro>
- [10]. <http://dexonline.ro/definitie/gre%C8%99>;
- [11]. <http://mathworld.wolfram.com/search/?query=mthematical+programming&x=14&y=9>