

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL VIBRATION OF TILLAGE CUTTER

/

CERCETARI TEORETICE SI EXPERIMENTALE ALE VIBRATIILOR UNEI FREZE

As. PhD. Stud. Eng. Ovanisof A., Assoc. Prof. Ph.D. Eng. Savu M., Prof. Ph.D. Eng. Magheți I.

P.U. Bucharest / Romania

Tel: 0740042523; E-mail: alinaovanisof@yahoo.com

Abstract: In the paper are presented the experimental results of the vibrations generated while operating the tillage cutters Farm 450H. The vibration signals recording and processing during the engine (machine) operation aimed at highlighting the resonance frequencies in the recorded spectrograms and their correlation amplitude stationary and walking. The vibrations simultaneously recorded on 3 perpendicular directions were measured in stationary speed at idle.

Keywords: resonance frequency, tillage cutters, vibration, spectrogram

INTRODUCTION

Agricultural cutters are machines that prepare the soil for seeding by cutting, grinding and mixing it.

The tillage cutter use should be limited in case of damaged structure soils, due to a negative effect crust that may occur when grinding the soil after rainfall, thus preventing the plants from growing. The exaggerated dusting of the soil should be avoided by choosing the right forward speed of the machine engine, as well as by adjusting the speed of the rotor blades.

Vibrations exceeding certain limits have a negative influence on both human health and productivity.

The human body is subjected to vibrations while placed inside a working machine, or when parts of the human body suffer the direct influence of the low frequency vibrations produced by the machines, as well as by various pneumatic tools, etc.

As such, the vibrations exceeding the limits of tolerance can affect the human organism both physically and intellectually, by damaging parts of the body, as well as causing subjective phenomena.

Fatigue is known to be an important effect when the human body is exposed to vibrations. Injuries can occur if accelerations are quite high.

Subjective phenomena manifested by the human body exposed to vibrations start with their perception, and are followed by discomfort, pain, fear, etc. In fact, like with all elastic bodies, the subjective phenomena effects can be amplified or decreased by the human body, according to the vibrations mechanics law.

To define accurately the vibration effects on the human body the following must be consider simultaneously: frequency, movement, acceleration, and vibration energy. The vibrations perception threshold of the human body depends on its position, affected organ, vibration type, etc. [1], [3]

Measuring the vibrations generated by different machines result in quantitative elements to be compared with the admissible values in terms of human comfort, smooth machinery operation, and construction safety [2].

MATERIAL AND METHOD

Technical features of the tillage cutter farm 450 H

Tillage cutter Farm 450H (figure 1) can easily perform soil high quality processing, seedbed preparation, weed removal, as well as introducing organic and synthetic fertilizers into the soil.

Rezumat: În lucrare sunt prezentate rezultatele experimentale ale vibrațiilor generate în timpul regimului de lucru al frezei Farm 450H. Înregistrările și prelucrarea semnalelor de vibrații în timpul funcționării au avut drept scop evidențierea frecvențelor de rezonanță din spectrogramele înregistrate și corelarea amplitudinii acestora în staționare și în mers. Măsurătorile de vibrații înregistrate simultan pe 3 direcții perpendiculare au fost efectuate și în staționare pentru turația de la relanti.

Cuvinte cheie: frecvență de rezonanță, freză, vibrație, spectrogramă

INTRODUCERE

Frezele agricole sunt mașini care lucrează solul pentru semănat și au un efect de tăiere, mărunțire și amestecare a acestuia.

Folosirea frezei este limitată pe solurile cu structură deteriorată, deoarece, în cazul precipitațiilor, mărunțirea fină a solului poate determina formarea unei cruste cu efecte negative asupra răsării plantelor. De asemenea, alegerea vitezei de înaintare a mașinii, precum și reglarea turației rotorului cu cuțite trebuie să urmărească evitarea pulverizării exagerate a solului.

Vibrațiile ce depășesc anumite limite au o influență negativă atât asupra sănătății omului, cât și asupra productivității muncii.

Organismul uman este supus acțiunii vibrațiilor când mașinile cu care se deplasează vibrează împreună cu acesta sau când asupra anumitor părți ale corpului uman acționează nemijlocit vibrațiile de joasă frecvență produse de mașini vibratoare, diferite unelte pneumatice, etc.

Vibrațiile care acționează asupra omului și care depășesc limitele de toleranță pot produce: jenarea activității fizice și intelectuale, leziuni ale unor părți ale organismului, fenomene subiective.

Oboseala este cunoscută ca un factor important ce rezultă din acțiunea vibrațiilor asupra activității fizice și psihice a omului. Leziunile se pot produce dacă accelerațiile sunt destul de mari.

Fenomenele subiective care se manifestă la omul supus vibrațiilor includ perceperea lor, lipsa de confort, durerea, teama, etc. Organismul uman, supus acțiunii vibrațiilor, le amplifică sau le amortizează conform legilor mecanicii vibrațiilor, ca orice masă elastică.

Pentru precizarea corectă a acțiunii vibrațiilor asupra organismului uman trebuie luate în considerare simultan atât frecvența, cât și deplasarea, accelerația sau energia vibrației. Pragul de percepere a vibrațiilor de către corpul omenească depinde de poziția acestuia, de organul solicitat, de modul de acțiune a vibrațiilor, etc. [1], [3]

Măsurarea vibrațiilor unor mașini și instalații furnizează elemente cantitative ce se pot compara cu normele pentru valori admisibile, din punctul de vedere al confortului omului, al buneii funcționări a mașinilor sau al siguranței construcțiilor [2].

MATERIAL ȘI METODĂ

Caracteristici tehnice ale frezei farm 450H

Cu ajutorul motosapei Farm 450H (figura 1) se pot executa ușor prelucrări de teren de bună calitate, pregătirea răzoarelor pentru semințe, extirparea buruienilor, introducerea în sol a îngrășămintelor organice și sintetice.

Basic construction of the machine is shown in figure 2, where:

- 1 - drive motor (engine);
- 2 - reducer;
- 3 - rotating blades;
- 4 - depth stop;
- 5 - wings of protection.



Fig. 1 - Farm 450 H / Motosapa Farm 450

Construcția mașinii de bază este prezentată în figura 2, unde:

- 1 – unitate motor;
- 2 – reductor;
- 3 – cuțite rotative;
- 4 – limitator de adâncime;
- 5 – aripi de protecție.

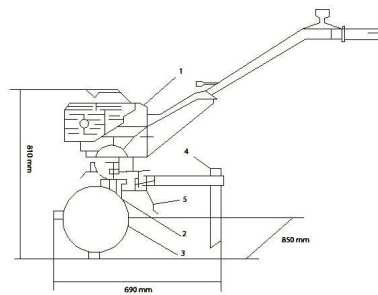


Fig. 2 - The scheme of Farm 450 H / Schema motosapei Farm 450 H

The engine forms a common structural unit with the direction, the lantern and the clutch housing, while the right / left rotating blades are mounted on the extended shaft of the gear. [4]

The working depth is adjusted by the depth device attached to the towing claw of the reducer.

The working depth can be adjusted to six different levels by varying the number of rotary blades, and by assembling and disassembling the protective disks. The number of the installed rotating blades is proportional with the necessary working depth. The protective disks are to be installed for a safer working manner. In case bigger depth is required, the protective disks should be removed.

The working depth can be adjusted through the shoe, as follows: the shoe up decreases the depth and vice versa.

Farm 450H main technical features are:

- Maximum power: 4.5 HP/3.3 kw
- Net power: 3.5 HP/ 2.6 kw
- Transmission: shaft and worm wheel gear
- Settings: working depth: 10-20 cm
- Working width: 35-85 cm
- No. of blades: 24 (6x4 sets)
- Worked area: 800 m²/ h
- Weight: 45 kg

Measured parameters

Figure 3 shows the diagram of the vibrations measurement process, which includes:

- 3 B&K type 4507B001 accelerators;
- A/D –NI 9233 acquisition board;
- DELL laptop;
- VE-10 Acceleration calibrator.

Motorul formează o unitate structurală comună cu direcția, piesa intermediară și carcasa ambreiajului, iar cuțitele rotative dreapta/stânga sunt montate la axul prelungit al reductorului. [4]

Reglarea adâncimii de lucru se face cu ajutorul dispozitivului de adâncime, anexat la gheara de remorcare a reductorului.

Prin variația numărului de cuțite rotative și prin montarea și demontarea discurilor protectoare se pot regla șase lățimi de lucru diferite. Pentru o săpare superficială se montează mai multe, iar pentru o săpare mai adancă se montează mai puține cuțite rotative. Pentru efectuarea lucrului în siguranță, la o anumită lățime de lucru, trebuie montate discuri de protecție. La săparea în adâncime, discurile de protecție trebuie demontate.

Adâncimea de lucru se poate regla cu ajutorul sabotului. Reglând sabotul în sus, se micșorează adâncimea de lucru, fixându-l în jos, adâncimea crește.

Principalele caracteristici tehnice ale motosapei Farm 450H sunt:

- Putere maximă: 4,5 CP/3.3 kw
- Putere netă: 3,5 CP/ 2.6 kw
- Transmisie: ax melcat și roată melcată
- Reglaje: adâncime de lucru: 10-20 cm
- Lățime de lucru: 35-85 cm
- Nr. cuțite: 24 (6x4 seturi)
- Suprafața lucrată: 800 m²/h
- Greutate: 45 kg

Mărimi măsurate

În figura 3 este prezentată schema bloc a lanțului de măsurare a vibrațiilor, care include:

- trei accelerometre B&K Type 4507 B001;
- placă de achiziție A/D - NI 9233;
- laptop DELL;
- calibrator de accelerație VE-10.

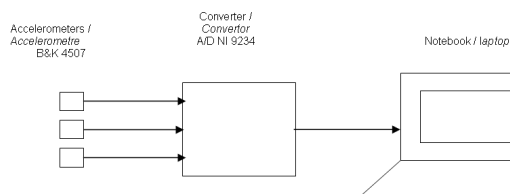


Fig. 3 - Block diagram of the measurement chain / Schema bloc a lanțului de măsură

The vibrations measurements consisted of the simultaneous measurement and recording on three perpendicular axes (axial, transverse and vertical) of the acceleration signals captured by the three Delta type independent (built-in preamplifier) accelerators.

The three accelerators output analog signals were transferred to an acquisition board; the acquisition board output signals were recorded in a Dell laptop memory via

Măsurătorile de vibrații au constat în măsurarea și înregistrarea semnalelor de accelerație simultan pe trei direcții perpendiculare (axial, transversal și vertical) captate de la cele trei accelerometre independente, de tip Delta (cu preamplificator încorporat).

Semnalele analogice de la ieșirea celor trei accelerometre au fost introduse într-o placă de achiziție, iar semnalele digitalizate de la ieșire fiind înregistrate în

the dBFA program.

In figure 4 - named base of the cutter, is shown the position of the first accelerometer, in figure 5 it is shown the second accelerometer mounted on the handle plate, the third accelerometer was mounted on the handle as shown in figure 6.



Fig. 4 – Position of the first accelerometer /
Pozitia primului accelerometru



Fig. 5 - Position of the second accelerometer /
Pozitia celui de-al doilea accelerometru



Fig. 6 - Position of the third accelerometer /
Pozitia celui de-al treilea accelerometru

The 2000 Hz sampling frequency prevents the folding phenomenon as well as the processing errors. Before starting the measurements, every channel was calibrated with a VE-10 vibrations calibrator that generates a 159.2 Hz and 10m/s^2 calibrating signal.

The time-frequency analysis shows the following:

- the evolution in time of the acceleration, speed and movement signals, showing the instantaneous values of these parameters in m/s^2 , m/s and m ;
- the frequency ranges within 0.5 Hz and 1000 Hz.

The spectrograms can be read *rms* range values for the two spectral parameters (speed and accelerators), as well as the rms global values within 0.5 Hz and 300 Hz.

RESULTS

In figure 7 are shown the spectrograms of vibrations speed to base of each cutter on vertical direction.

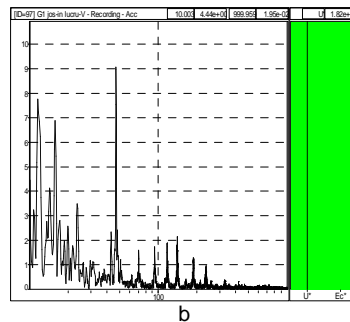
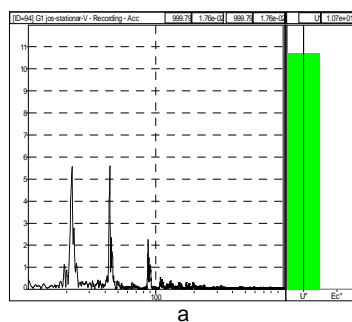


Fig. 7 - The spectrograms of vibration speed to base of the cutter on the vertical direction: a – stationary ; b – walking /
Spectrogramele vitezei la baza frezei pe direcție verticală: a – staționar; b - în lucru

In figure 8 are shown the spectrograms of speed of vibration to base of the cutter on the axial direction.

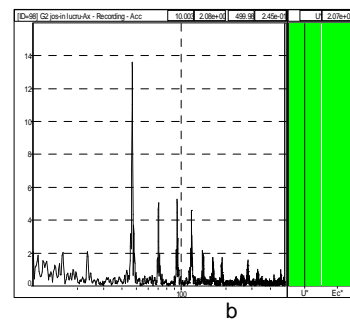
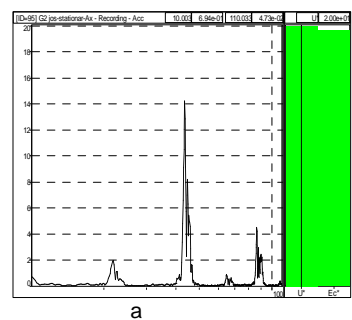


Fig. 8 - The spectrograms of vibration speed to base of the cutter on the axial direction: a – stationary; b – walking /
Spectrogramele vitezei la baza frezei pe direcție axială: a – staționar; b - în lucru

memoria unui Laptop Dell prin utilizarea programului dBFA.

Poziția în care a fost montat primul accelerometru este redată în figura 4 - numită bază freză, al doilea accelerometru a fost montat pe placa mânerului, poziția sa fiind prezentată în figura 5, iar cel de-al treilea accelerometru este montat pe mâner și este prezentat în figura 6.

Frecvența de eșantionare de 2000 Hz este acoperitoare pentru evitarea fenomenului de pliere (aliasing) și a erorilor de prelucrare. Înaintea începerii măsurătorilor de vibrație, fiecare canal a fost etalonat cu ajutorul unui calibrator de vibrații VE-10, care generează un semnal etalon de 10m/s^2 , la frecvență de 159,2 Hz.

Analiza în domeniul timp și în domeniul frecvență permite prezentarea următoarelor aspecte:

- desfășurarea în timp a semnalelor de accelerație, viteză și deplasare, reprezentând valoarea instantanee a acestor mărimi exprimate în m/s^2 , m/s , respectiv, m ;
- spectrele de frecvență pe domeniul de frecvență cuprins între 0,5 Hz și 1000 Hz.

Pe spectrograme pot fi citite valorile spectrale *rms* pentru cei doi parametri (viteză și accelerație), precum și valorile globale *rms* pe domeniul de frecvență cuprins între 0.5 Hz și 300 Hz.

REZULTATE

În figura 7 sunt prezentate spectrogramele vitezei vibrațiilor la baza frezei pe direcție verticală.

In tables 1 and 2 are shown the global, *rms* values of the vibrations speed (axial, transversal and vertical) to the base of the cutter and the dominant spectral components at the fundamental frequency of 47 Hz working, respectively 43 Hz in stationary.

În tabelele 1 și 2 sunt trecute valorile globale, *rms*, ale vitezei vibrațiilor (axiale, transversale și verticale) la baza frezei și ale componentelor spectrale dominante la frecvența fundamentală de 47 Hz în lucru, respectiv 43 Hz în staționar.

Table 1 / Tabelul 1

Speed - base, walking / Viteză –bază, în lucru		
Direction of measurement / Direcția de măsurare	Global value / Valoare globală [mm/s]	The frequency / Valoarea la frecvență [mm/s]
		~ 47 Hz
Axial / Axială	20.7 / 20,7	9.28 / 9,28
Cross / Transversală	35.2 / 35,2	27.6 / 27,6
Vertical / Verticală	19.5 / 19,5	9.06 / 9,06

Table 2 / Tabelul 2

Speed - base, stationary / Viteză –bază, staționar		
Direction of measurement / Direcția de măsurare	Global value / Valoare globală [mm/s]	The frequency / Valoarea la frecvență [mm/s]
		~ 43 Hz
Axial / Axială	20.0 / 20,0	14.2 / 14,2
Cross / Transversală	37.1 / 37,1	-
Vertical / Verticală	10.7 / 10,7	5.59 / 5,59

Table 3 presents the values of the spectral components of the vibration amplitudes containing high frequencies 25 Hz, 50 Hz, 75 Hz.

În tabelul 3 sunt prezentate valorile componentelor spectrale ale vibrațiilor ce conțin amplitudini ridicate la frecvențele 25 Hz, 50 Hz, 75 Hz.

Table 3 / Tabelul 3

Speed - handle, walking / Viteză –mâner, în lucru				
Direction of measurement / Direcția de măsurare	Global value / Valoare globală [mm/s]	The frequency / Valoarea la frecvență [mm/s]		
		~ 25 Hz	~ 50 Hz	~ 75 Hz
Axial / Axială	24.8 / 24,8	24.6 / 24,6	2.5 / 2,5	4.25 / 4,25
Cross / Transversală	34.3 / 34,3	27.4 / 27,4	19.2 / 19,2	8.13 / 8,13
Vertical / Verticală	38.5 / 38,5	29.1 / 29,1	21.2 / 21,2	-

CONCLUSIONS

Resonance frequency in the vertical direction corresponding to engine speed increases from 43 Hz to 47 Hz and the vibration level increases from 5.59 mm / s to 9.06 mm / s – for the accelerometer mounted on the base of the cutter.

During work other spectral components with high amplitudes appear but below the corresponding engine speed. They found higher overall values for vertical and axial direction and lower for cross direction.

Reducing vibration on transversal direction is due to their damping by the land.

Differences in working spectrograms of vibration base and handle are due to different measurement conditions, which are performed at different times.

For future measurements a simultaneous measurement of vibration in both the stationary and the three-way direction should be done.

REFERENCES

- [1]. Darabont A., Iorga I., Ciodaru M. (1983) – *Noise and vibration measurement technique*, Ed. Tehnică, Bucharest;
- [2]. Dimarogonas A. D., Haddad S. (1992) – *Vibration for Engineers*, Prentice Hall International, Inc.;
- [3]. Magheți I., Savu M. (2007) – *Theory and practice of mechanical vibrations*, Ed. Didactic and Pedagogical, Bucharest;
- [4]. Paraschiv G, Costoiu M., Paraschiv I. (2010) – *Mathematical modeling and experimental testing of soil cutting machines*, Ed. Politehnica Press, 2010, Bucharest.

CONCLUZII

Frecvența de rezonanță pe direcție verticală corespunzătoare turației motorului crește de la 43 Hz la 47 Hz, iar nivelul vibrațiilor crește de la 5,59 mm/s la 9,06 mm/s – pentru accelerometru montat la baza frezei.

În timpul lucrului apar și alte componente spectrale cu amplitudini ridicate, dar inferioare celor corespunzătoare turației motorului. S-au constatat valori globale mai ridicate pentru direcțiile verticală și axială și mai scăzute pentru direcția transversală.

Reducerea vibrațiilor pe direcție transversală este datorată amortizării acestora de către teren.

Diferențele dintre spectrogramele vibrațiilor în lucru ale bazei și mânerului apar datorită condițiilor de măsurare diferite, acestea fiind efectuate la momente diferite.

Pentru măsurările viitoare se impune o măsurare simultană a vibrațiilor atât în staționare, cât și în lucru pe cele trei direcții.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Darabont A., Iorga I., Ciodaru M. (1983) – *Măsurarea zgomotului și vibrațiilor în tehnică*, Ed. Tehnică, București;
- [2]. Dimarogonas A. D., Haddad S. (1992) – *Vibration for Engineers*, Prentice Hall International, Inc.;
- [3]. Magheți I., Savu M. (2007) – *Teoria și practica vibrațiilor mecanice*, Ed. Didactică și Pedagogică, București;
- [4]. Paraschiv G, Costoiu M., Paraschiv I. (2010) – *Modelarea matematică și încercarea experimentală a mașinilor de frezat solul*, Ed. Politehnica Press, 2010, București.