

Aspecte privind mișcarea pe arborii în picioare, a agregatelor de elagaj artificial cu autotractare (II)

Ing. Lucian Alexandru Curtu, ing. Sorin Cristian Popescu,
prof. dr. ing. Ilie Popescu
Universitatea "Transilvania" Brașov

2. Mișcarea agregatului pe arbore

După cum se cunoaște, procesul tehnologic de elagaj artificial constă în retezarea crăcilor și a cioturilor din apropierea trunchiului arborilor, prin îndepărtarea de lemn sub formă de așchii, cu ajutorul unor aparate de tăiere cu mișcare imprimată.

Rezumând posibilitățile de elagaj la mașinile cu deplasare elicoidală pe arbore (fig. 2.1a), se poate sesiza că operația de el-

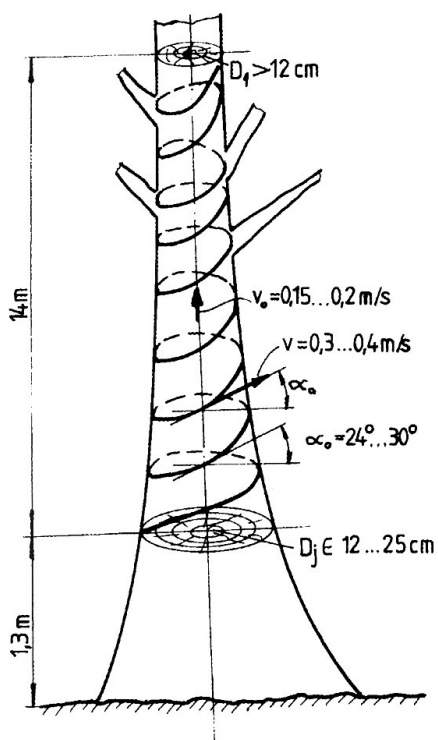


Fig. 2.1a. Traiectoria punctului de contact dintre roată și trunchi
Trajectory of contact point between wheel and trunk

gare a crăcilor se bazează pe mișcarea relativă dintre aparat și arbore.

În procesul de elagaj, specific mașinilor analizate, sunt necesare două mișcări diferite. Prima, denumită mișcare principală (mișcare de așchiere), determină desprinderea succesivă de așchii până la retezarea definitivă a materialului. A doua, denumită mișcare secundară (mișcare de avans), determină aducerea aparatului tăietor în zona unor noi verticile. Cu alte cuvinte, agregatul de elagat poate fi asimilat cu un sistem AE care execută o mișcare de roto-translație. În timpul realizării acestei mișcări, cel puțin două puncte ale sistemului AE rămân permanent pe o axă verticală. Această dreaptă poate fi considerată orice tangentă a extremităților diametrelor orizontale ale părții superioare și inferioare ale cadrului, ce constituie barele de consolidare ale agregatului.

Compunerea mișcărilor absolute - de rotație, rectilinie și elicoidală - pe care sistemul AE le imprimă aparatului de tăiere determină traiectorii relative în raport cu materialul supus retezării. Combinațiile mișcărilor exercitate de sistemul AE pot fi surprinse la un moment dat prin coordonatele x, y, z , considerate față de originea O_1 , situată de regulă la 1,30 m de la sol (fig. 2.1 b). Mișcarea sistemului AE este definită atunci când se cunosc:

- mișcarea punctului O pe axa $(\Delta) = O_1z_1 = Oz$;
- rotația triedrului mobil $(Oxyz)$ față de cel fix $(O_1x_1y_1z_1)$.

În analiza bazelor teoretice ale procesului de elagaj s-a recurs la următoarele notații:

- distanța $O_1O = z_0$;
- unghiurile delimitate de O_1x_1 și $Ox = \theta$

În baza notațiilor (2.1), devine posibilă definirea mișcării de roto-translație apelând la funcții scalare ce iau în considerare și timpul scurs (t):

$$\begin{aligned} z &= z_0(t) \\ \theta &= \theta_0(t) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Relațiile (2.2) scot în evidență că sistemul AE beneficiază, în mișcarea sa, doar de **două grade de libertate**. În baza acestei precizări pot fi determinate coordonatele oricărui punct în mișcare ce aparține sistemului (fig. 2.1b). Astfel, punctul A ($A \in AE$) aflat în mișcare elicoidală pe trunchiul arborelui poate fi caracterizat prin coordonatele (x_1, y_1, z_1) în raport cu triedrul fix și (x, y, z) în raport cu triedrul mobil.

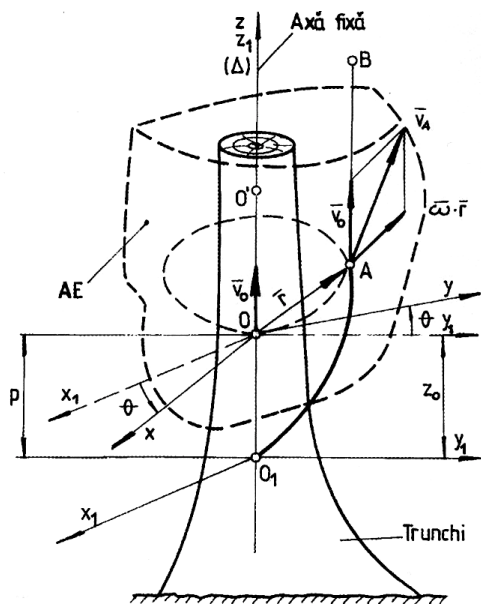


Fig. 2.1b. Traectoria agregatului AE
Trajectory of the planer

Legătura dintre cele două categorii de coordonate se poate face printr-o ecuație matriceală de forma:

$$\{X_1\} = \{X_0\} + [A_0] \cdot \{X\} \quad (2.3)$$

în care: $\{X_0\}$ și $[A_0]$ au pentru această mișcare expresiile:

$$\{X_0\} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ z_0 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$[A_0] = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

rezultând pentru coordonatele (x_1, y_1, z_1) ecuațiile:

$$\begin{aligned} x_1 &= x \cdot \cos\theta - y \cdot \sin\theta \\ y_1 &= x \cdot \sin\theta + y \cdot \cos\theta \\ z_1 &= z_0 + z \end{aligned} \quad (2.6)$$

care constituie **legea de mișcare a punctului A**.

În cazul sistemului AE, între parametrii z_0 și θ există o relație finală de forma $z_0 = \lambda \cdot \theta$, unde λ este o constantă specifică mișcării elicoidale.

O analiză de detaliu a sistemului AE nu poate fi restrânsă numai la aflarea coordonatelor unui punct caracteristic. De aceea, apreciem că de egală importanță sunt viteza \bar{v} și accelerația \bar{a} a punctului în mișcare.

Câmpul vitezelor. Vitezele caracteristice se pot stabili pornind de relația lui Euler, respectiv:

$$\bar{v}_A = \bar{v}_0 + \bar{\omega} \times \bar{r} \quad (2.7)$$

Parametrul $\bar{v}_0 = z_0 \cdot \bar{k}$ corespunde **mișcării de translație** a sistemului AE în lungul axei (Δ) , iar produsul $\bar{\omega} \times \bar{r}$ caracterizează mișcarea de rotație în jurul aceleiași axe (Δ) . Acest lucru este dovedit și de faptul că versorul axei Oz este constant ($\bar{k} = ct$), deci

se poate scrie $\dot{\bar{k}} = 0$, iar proiecțiile vectorului $\bar{\omega}$ pe cele trei axe sunt identice cu cele din mișcarea de rotație, respectiv:

$$\omega_x = 0; \omega_y = 0; \omega_z = \dot{\theta} \quad (2.8)$$

Prin urmare, se poate susține că vectorul viteză unghiulară $\bar{\omega}$ are ca suport chiar axa mișcării de rotație-translație, deci:

$$\bar{\omega} = \omega_z \cdot \bar{k} = \theta \cdot \bar{k} \quad (2.9)$$

Pentru orice mișcare la care matricea (A_0) are forma (2.5), rezultă că vectorul $\bar{\omega}$ va fi dirijat după axa Oz, iar valoarea lui se obține din relația (2.9), care în fapt redă o situație particulară a formulelor cunoscute din mecanică (Silaș & Groșanu, 1981).

Pe baza considerentelor expuse, relația (2.7) se poate scrie:

$$\bar{v}_A = \dot{z}_0 \bar{k} + \dot{\theta} \bar{k} \times (x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k}) \quad (2.10)$$

Știind că vectorul viteză \bar{v}_A se poate scrie:

$$\bar{v}_A = v_x \cdot \bar{i} + v_y \cdot \bar{j} + v_z \cdot \bar{k} \quad (2.11)$$

rezultă din relația (2.10) că componentele vitezei, pe axele triedrului mobil Oxyz, pot fi scrise sub forma:

$$\begin{aligned} v_x &= -y \cdot \dot{\theta} = -y \cdot \omega \\ v_y &= x \cdot \dot{\theta} = x \cdot \omega \\ v_z &= v_0 = \dot{z}_0 \end{aligned} \quad (2.12)$$

deoarece: $\dot{\theta} = \omega$, iar $\dot{z}_0 = v_0$.

Analizând relațiile (2.12) și detaliile din figura 2.2, se pot desprinde următoarele concluzii practice:

- în mișcarea de roto-translație a sistemului AE nu există puncte de viteză nulă;

- pe o axă (Δ') paralelă cu axa mișcării de roto-translație vitezele punctelor identice sunt aceleași;

- pe o dreaptă (Δ_1) perpendiculară pe axa de rotație (Δ) și concurentă cu aceasta în O, proiecția vitezei unui punct $A \in (\Delta_1)$ pe planul normal la axa mișcării de roto-translație variază proporțional cu distanța OA. Dacă dreapta (Δ_1) \perp (Δ) \equiv Ox, atunci componentele vitezelor pe cele trei axe sunt: $v_x = 0$, $v_y = \omega \cdot x$ și $v_z = v_0$. Prin urmare, componenta v_y crește proporțional cu distanța $x = \overline{OA}$. Unghiul β , delimitat de viteză și axa mișcării de roto-translație este dat de relația:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{|\bar{\omega} \times \bar{r}|}{v_0} = \frac{\omega \cdot x}{v_0} \quad (2.13)$$

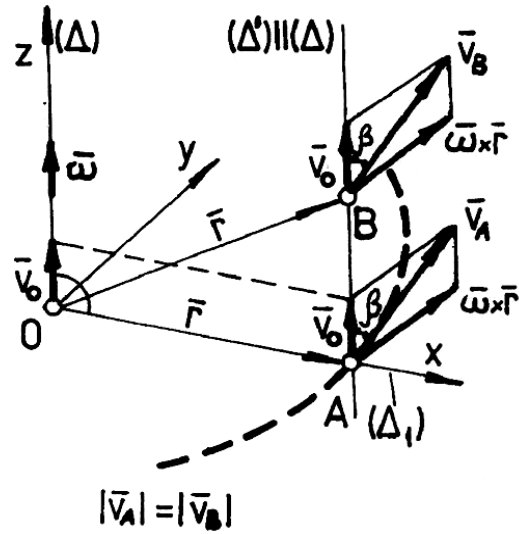


Fig. 2.2. Detaliu privind câmpul vitezelor specifice mișcării de translație a AE
Detail concerning velocities field of AE motion

Câmpul accelerațiilor. Accelerațiile sunt cauzate de variația vitezei de urcare a sistemului AE sub influența modificării diametrului arborelui și a forțelor de rezistență, determinate de prezența ritidomului și a crăcilor cu diferite grosimi, forme în secțiune și direcții de inserție pe trunchi. Se cunoaște din mecanică că, în mișcarea de roto-translație elicoidală sau de șurub, accelerația se determină cu relația:

$$\bar{a}_A = \bar{a}_0 + \bar{\varepsilon} \times r + \bar{\omega} \times (\bar{\omega} \times \bar{r}) \quad (2.14)$$

în care accelerația inițială (\bar{a}_0) este:

$$\bar{a}_0 = \dot{v}_0 = \dot{z}_0 \cdot \bar{k}; \quad \bar{\varepsilon} = \dot{\bar{\omega}} = \dot{\theta} \cdot \bar{k} \quad (2.15)$$

Prin introducerea expresiei (2.15) în (2.14) se obține:

$$\begin{aligned} \bar{a}_A &= a_x \cdot \bar{i} + a_y \cdot \bar{j} + a_z \cdot \bar{k} \\ &= a_0 \cdot \bar{k} + \varepsilon \cdot \bar{k} \times (x \cdot \bar{i} + y \cdot \bar{j} + z \cdot \bar{k}) \\ &+ \omega \cdot \bar{k} \times [\omega \cdot \bar{k} \times (x \cdot \bar{i} + y \cdot \bar{j} + z \cdot \bar{k})] = \\ &= (-y \cdot \varepsilon - x \cdot \omega^2) \bar{i} + (x \cdot \varepsilon - y \cdot \omega^2) \bar{j} + a_0 \bar{k} \end{aligned}$$

care permite, în final, găsirea componentelor a_x , a_y și a_z ale accelerației pe cele trei axe. Relația (2.16) este:

$$\begin{aligned} a_x &= -y \cdot \ddot{\theta} - x \cdot \dot{\theta}^2; & a_x &= -y \cdot \varepsilon - x \cdot \omega^2 \\ a_y &= x \cdot \ddot{\theta} - y \cdot \dot{\theta}^2; & a_y &= x \cdot \varepsilon - y \cdot \omega^2 \\ a_z &= \ddot{z}_0; & a_a &= a_0 \end{aligned}$$

unde: $\varepsilon = \dot{\omega} = \ddot{\theta}$ = accelerația unghiulară.

Relațiile prezentate evidențiază următoarele aspecte de interes practic:

- în mișcarea sistemului AE nu există puncte în care accelerația sistemului să fie nulă;

- pe o dreaptă (Δ'), paralelă cu axa mișcării de roto-translație (fig. 2.3) toate punctele înregistrează aceeași accelerație, respectiv $\bar{a}_B = \bar{a}_A$;

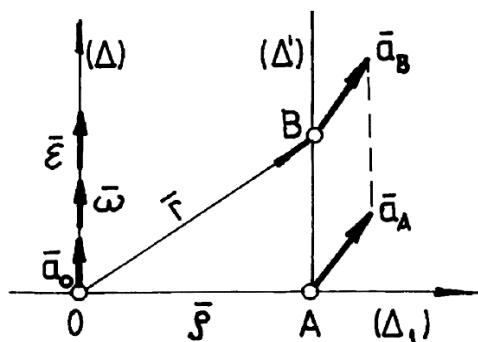


Fig 2.3. Detaliu privind câmpul accelerațiilor specifice mișcării de roto-translație a AE
Detail concerning specific acceleration field of AE motion

- proiecțiile accelerațiilor tuturor punctelor pe o dreaptă perpendiculară pe axa mișcării de roto-translație (Δ_1), sunt proportionale cu distanța de la punctul respectiv la axă. Prin urmare, deplasarea sistemului AE se caracterizează prin:

- mișcare de translație, cu viteza:

$$v_1 = a_0 \cdot t \quad (2.17)$$

dar ținând cont de pasul elicei (p) rezultă:

$$\frac{p}{2\pi} = \frac{v}{\omega}, \text{ respectiv}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot v}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot a_0}{p} \quad (2.18)$$

- o mișcare de rotație, cu viteza:

$$v_2 = \omega \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot a_0 \cdot t}{t} \cdot r \quad (2.19)$$

Viteza rezultantă este:

$$v_A = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = a_0 t \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi r}{p}\right)^2} \quad (2.20)$$

Raportul $R_v = \frac{v_a}{a_0 \cdot t} = \sqrt{1 + \frac{4\pi^2}{p^2} r^2}$ este re-

dat grafic în figurile 2.4 și 2.5, în funcție de raza trunchiului (0,06 ... 0,30 m) și de pasul elicei $p \in (0,25 \dots 0,60 \text{ m})$.

Același raport R_v este prezentat în figurile 2.6 și 2.7, în funcție de timpul de deplasare $t \in (100 \dots 240 \text{ s})$ și de valorile $r \in 0,15 \dots 0,75$, $a_0 = 0,001 \text{ m/s}^2$. Influența unghiului $\alpha_0 \in (24 \dots 32^\circ)$ de înclinare a eli-

cei asupra raportului $R_v = \frac{v_A}{a_0 \cdot t}$ este redată

în figura 2.7. Din aceasta se observă o scădere a raportului cu creșterea lui α_0 .

Limitând problema accelerației la punctul A se observă că pot fi luate în discuție următoarele componente:

- în lungul axei de rotație (Δ) este valabilă relația $a_1 = a_0$;

- perpendiculară pe axa de rotație (Δ) se ia în considerare componenta tangențială a accelerației de rotație (a_2), pentru care se deduce expresia:

$$a_2 = \frac{dv_2}{dt} = \dot{v}_2 = \frac{2\pi r a_0}{p} = \frac{a_0}{\text{tg} \alpha_0} \quad (2.21)$$

- perpendiculară pe axa de rotație, respectiv componenta normală a accelerației de rotație este:

$$a_3 = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi a_0 t}{p}\right)^2 r = \left(\frac{a_0 t}{\text{tg} \alpha_0}\right)^2 \frac{1}{r} \quad (2.22)$$

Accelerația rezultantă se determină din cele trei componente, ținând seama că acestea sunt perpendiculare între ele, respectiv:

$$a_A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} = a_0 \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi r}{p}\right)^2 a_0^2 \cdot r^2} \quad (2.23)$$

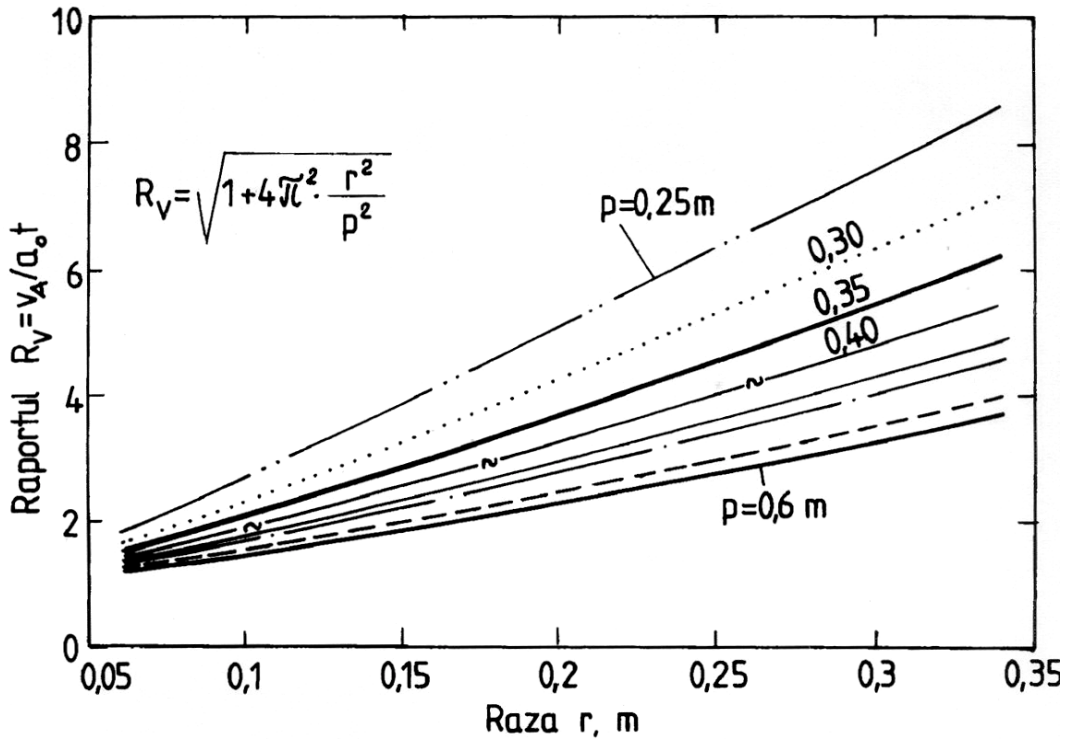


Fig. 2.4. Variația vitezei de avans (v_a) în funcție de raza trunchiului (r)
 Variation of velocity (v_a) function of trunk ray (r)

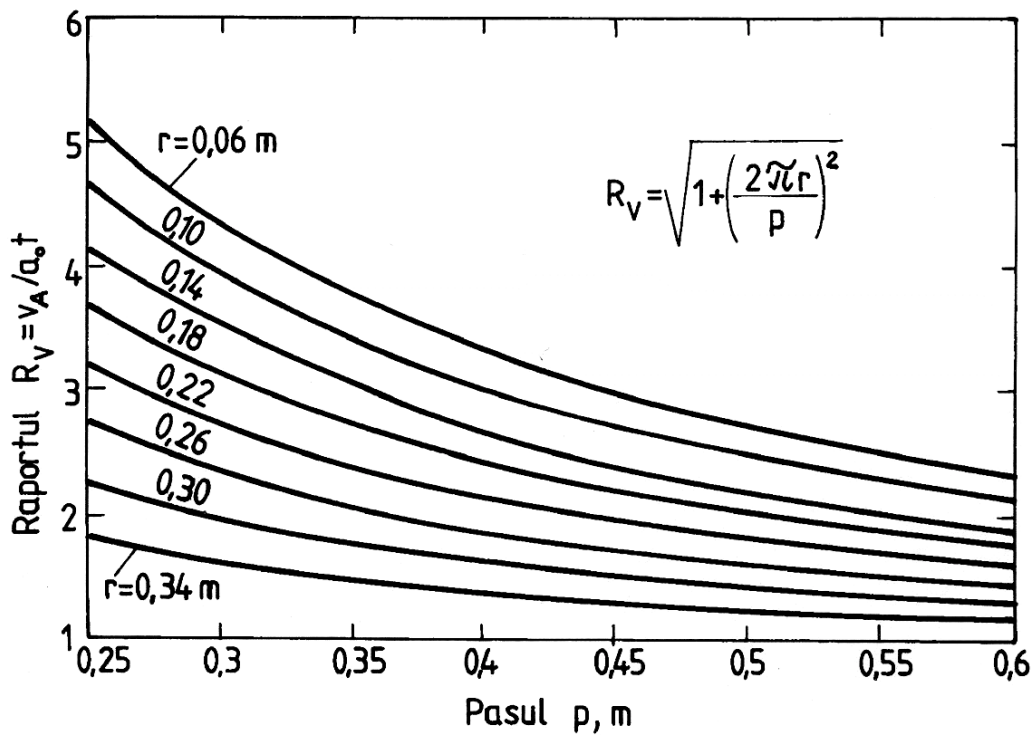


Fig. 2.5. Variația vitezei de avans (v_a) în funcție de pasul elicei (p)
 Variation of velocity (v_a) function of propeller step (p)

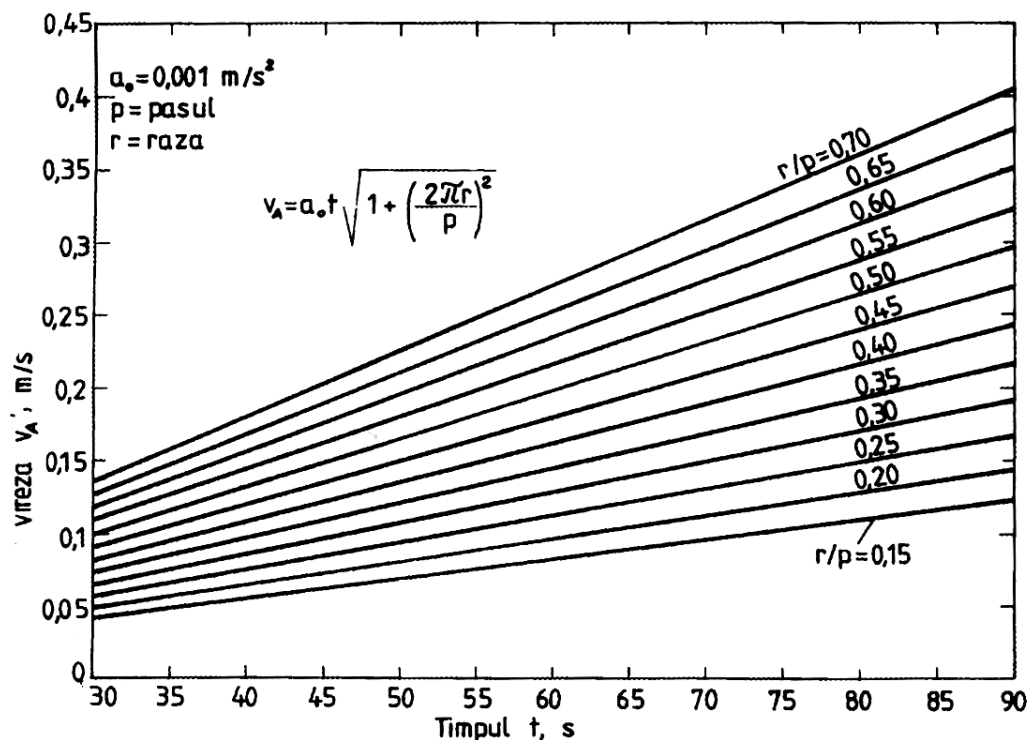


Fig. 2.6. Variația vitezei de avans (v_a) în funcție de timpul de mișcare (t) pentru raportul $\frac{r}{p} \in (0,15 \dots 0,75)$

Variation of velocity (v_a) function of motion time (t) for the ratio $\frac{r}{p} \in (0,15 \dots 0,75)$

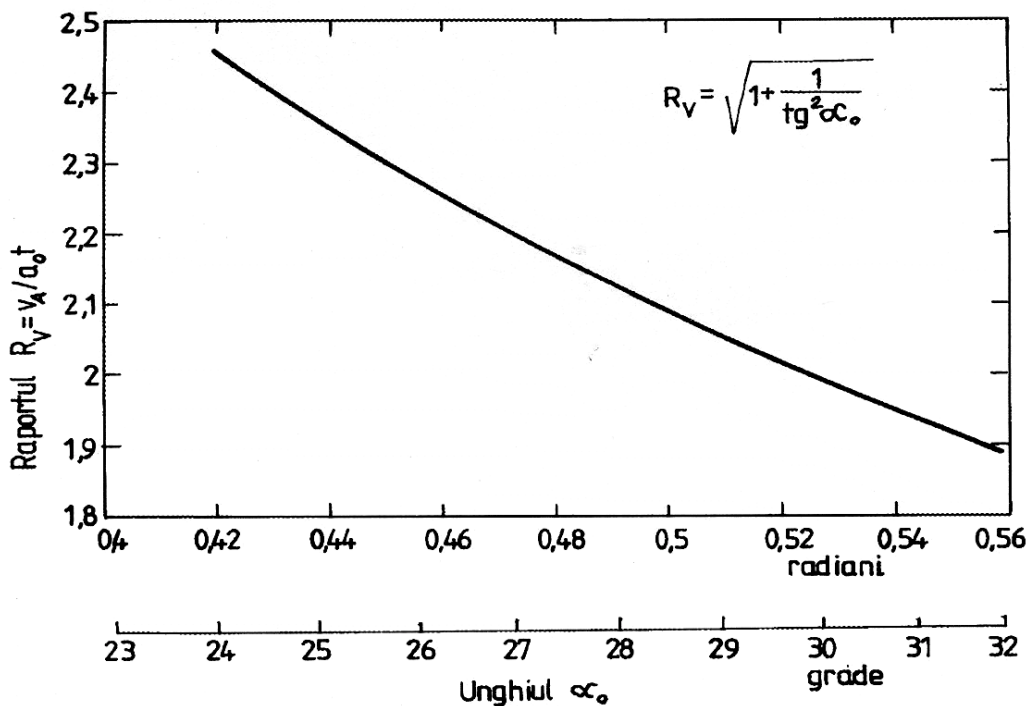


Fig. 2.7. Variația raportului R_v în funcție de unghiul de înclinare a elicei (α_0)
 Variation of ratio R_v function of inclination angle of the propeller (α_0)

respectiv:

$$a_A = a_0 \sqrt{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha_0} + \left(\frac{t}{\operatorname{tg} \alpha_0} \right)^4 \cdot \frac{a_0^2}{r^2}} \quad (2.24)$$

Din împărțirea accelerației rezultate pentru punctul A la accelerația inițială a_0 se obține raportul specific accelerațiilor:

$$R_a = \frac{a_A}{a_0} \quad (2.25)$$

Raportul accelerațiilor poate fi redat și grafic, în funcție de unghiul $\alpha_0 \in (0,42 \dots 0,56 \text{ radiani})$ și timpul de urcare a sistemului AE pe trunchi, $t \in (20 \dots 240 \text{ s})$. Graficele rezultate (fig. 2.8 și 2.9) ne conduc la unele concluzii cu deosebită importanță practică. Între acestea apreciem a fi mai de seamă următoarele: studiul mișcării agregatelor de tăiat crăci cu autotractare pe trunchiul arborelui scoate în evidență că reușita operației de elagaj mecanic depinde în egală măsură atât de particularitățile arborelui, cât și de unele atribuite constructiv-funcționale ale mașinii. De avantajele rezultate din această interacțiune de scurtă durată trebuie să profite arborele toaletat care rămâne în continuare ca element component al arboretului. În acest sens, o retrospectivă asupra problemelor tratate ne atrage atenția asupra unor concluzii importante.

Concluzii (II)

1. Asperitatea scoarței (microrelieful ritidomului) la vârsta declanșării elagajului la arborii de viitor, ne permite observația că regimul de mișcare al mașinii poate fi perturbat sau favorizat de această caracteristică. Prezența unei scoarțe netede și umede cu depuneri de zăpadă sau de gheață contribuie la patinarea roților. Aceasta se reflectă negativ în desfășurarea procesului de lucru, ca urmare a apariției unor variații de viteze și accelerații. La analizarea acestui aspect nu trebuie să ometem faptul că prin construcția sa agregatul este dotat cu posibilități de atenuare a patinării. Între acestea se apreciază că o influență hotărâtoare o are

poziționarea roților pe cadru (definită de unghiul α_0), elasticitatea roților care asigură o amprentă extinsă pe scoarță, precum și prezența pintenilor de aderență, dispuși pe toată suprafața de rulaj.

2. Cilindricitatea fusului arborelui, specifică arborilor de viitor, sporește atributele de exploatare ale agregatului, manifestate în deplasarea uniformă, cu pas elicoidal și viteză de urcare relativ constantă. Acest aspect este determinat de caracteristica mișcării elicoidate, reflectată prin constanta raportului dintre pasul elicei și raza fusului arborelui. Abaterea de la cilindricitatea fusului conduce la unele perturbații funcționale, între care mai evidente sunt patinarea roților, descreșterea pasului unghiular și a vitezei de urcare care adesea se pot concretiza în imposibilitatea de tăiere a tuturor crăcilor din alcătuirea unui verticil.

3. Poziția crăcilor, în locul de inserție pe trunchi, influențează în mod direct mărimea secțiunii tăiate. La crăcile cu unghi de inserție diferit de 90° suprafețele retezate sunt mai mari (fig. 2.10). Acestea sunt determinate de mișcarea plan-paralelă a aparatului de tăiere cu trunchiul arborelui.

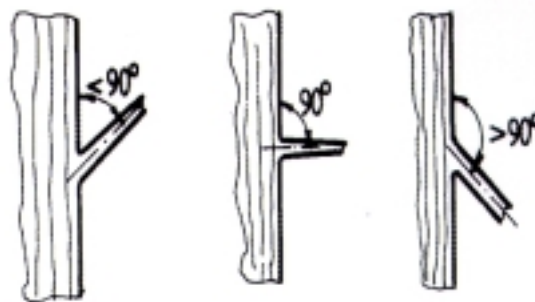


Fig. 2.10. Diferite unghiuri de inserție
Different insertion angles

Aparenta deficiență funcțională, determinată de construcția agregatului, nu este de natură să provoace anumite temeri. Studiile teoretice întreprinse demonstrează că suprafețele expuse nu depășesc mai mult de o treime din suprafața obținută prin rețezare după un plan normal pe axa crăcii.

4. Grosimea și numărul de crăci dintr-un verticil provoacă perturbații în funcționarea mașinii. Favorizante din acest punct de ve-

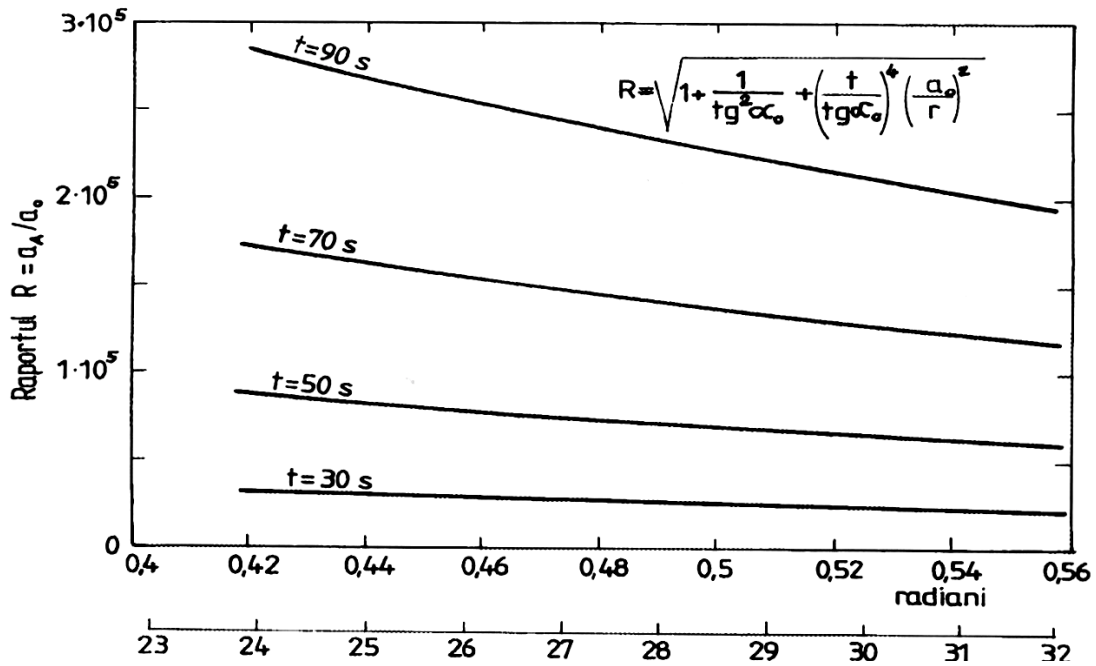


Fig. 8. Influența unghiului de înclinare a elicei (α_0) asupra mărimii accelerației agregatului
 Influence of inclination propeller angle (α_0) on planer acceleration size

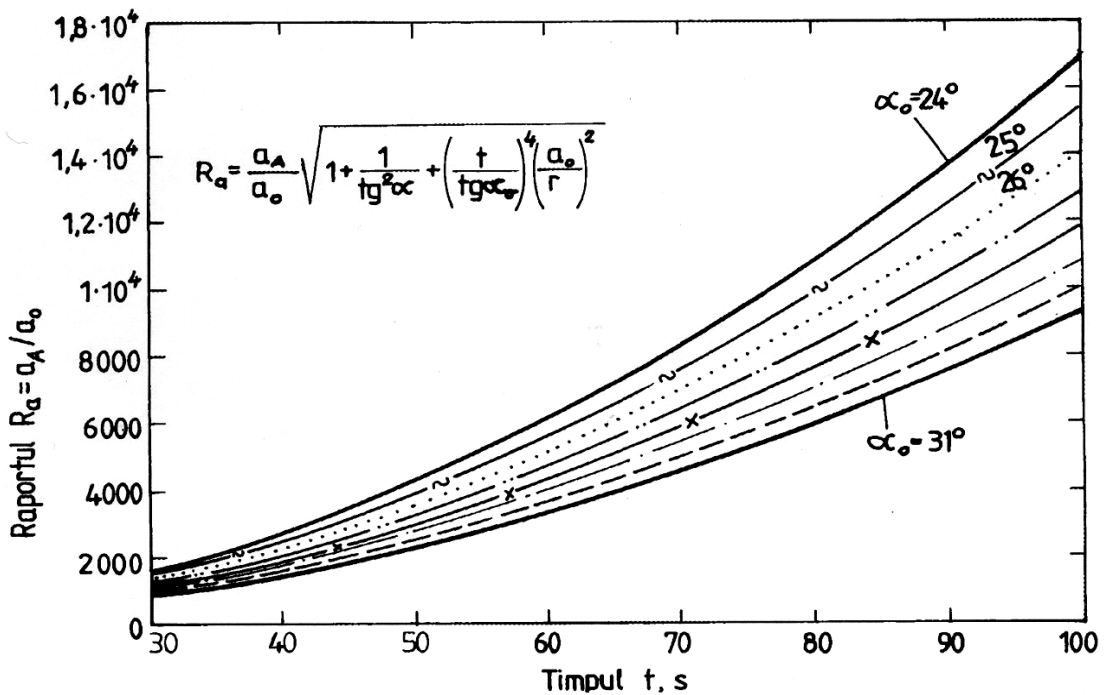


Fig. 9. Influența timpului de urcare asupra mărimii accelerației agregatului pentru diferite unghiuri ($\alpha_0 \in 24 \dots 32^\circ$)
 Influence of climbing time on acceleration size for different angles ($\alpha_0 \in 24 \dots 32^\circ$)

dere sunt lungimea frezei-lanț și viteza de tăiere a acesteia. Observațiile directe evidențiază că lungimea activă a frezei-lanț reprezintă un submultiplu al distanței dintre două verticile consecutive. De asemenea, prin sistemul constructiv-funcțional al frezei-lanț se asigură aceeași mărime a vitezei de tăiere, în orice punct al zonei active.

working of the machine and quality of pruning. The graphics highlight motion characteristics of artificial pruning planer.

Bibliografie

- Anonymus. Notița tehnică Sachs KS-30.
- Florescu, I., 1981. Silvicultură. Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Floriciă, N., 1966. Elagajul artificial în arboretele de plop euramericani din regiunea București, Revista Pădurilor nr. 2.
- Gava, M., 1969. Cercetări privind aplicarea elagajului artificial la molid și brad. Centrul de documentare tehnică pentru economia forestieră, București.
- Negulescu, E. G., 1973. Silvicultură, vol. II. Editura Ceres, București.
- Nicolescu, L., Nicolescu, N., 1992. Tendințe noi în teoria și aplicarea elagajului artificial. Revista Pădurilor nr. 4.
- Nicolescu, N. V., 1994. Artificial pruning: technical, productive and economic considerations - a review, M. Sc. thesis, Oxford Forestry Institute.
- Popescu, I., 1984. Mecanizarea lucrărilor silvice. Editura Ceres, București.
- Silaș, Gh., Groșanu, N., 1981. Mecanica. Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Sima, P., Curtu, I., 1981. Probleme de mecanică aplicată în economia forestieră. Editura Ceres, București.
- Sutton, W. R. J., 1971. Mechanization of pruning - a summary. In: Techniques in silvicultural operations, Proceedings, XVth IUFRO World Congress, Gainesville, p. 165-183.

Summary

Aspects regarding artificial pruning self-planer motion on standing trees

This part of the paper analyses the elements of particular elicoidal motion of pruning planer. There are remarks regarding velocities and acceleration field, elements which influence them (trunk ray, α_0 angle, motion step (p), taper of trunk, a.s.o.) and their effects to stabile