

SOLUTIONS INGÉNIEUSES UTILISÉES POUR LA CONSTRUCTION DES SCIERIES DANS LA TECHNIQUE POPULAIRE ROUMAINE

Adrian POPESCU¹, Iosif TEMPEA²

În lucrare se studiază, folosind metodele din Teoria mecanismelor, sistemul mecanic al unui ferăstrău din tehnica populară românească, fiind scoase în evidență, unele soluții constructive originale. Se analizează structura mecanismului, se studiază cinematica sa și se determină performanțele sale tehnice. Cu privire la funcționarea mecanismului, se constată în final, că acesta este bine conceput.

L'article présent étudie, en utilisant la Théorie des mécanismes, les mécanismes d'une scierie mécanique provenant de la technique populaire roumaine, en mettant en évidence des solutions constructives originales. On établira la structure du mécanisme, on va analyser sa cinématique et vérifier ces performances techniques. En regardant le fonctionnement du mécanisme, on observe finalement qu'il est bien conçu.

In this paper are studied with Mechanisms Theory methods, the mechanisms of mechanic sawmill from Romanian folk technique. It is also show some original built solutions. It is established the structure of mechanism, studied kinematics of mechanism and ascertained technical performance. It is follow the function of mechanism, ascertained the mechanism is good outlook.

Mots clés: scieries mécaniques, technique populaire, mécanismes

1. Introduction

En Antiquité on utilisait des scies actionnées manuellement, en bénéficiant ainsi d'un faible coût de travail - les esclaves. Au Moyen Age, l'actionnement manuel est remplacé par l'actionnement mené par la force de l'eau ou des animaux. Quelques dessins d'installations de ce type existent dans des différentes archives ou dans des manuscrits provenant de différentes bibliothèques. Ainsi, Leonardo da Vinci dessine le schéma d'une scierie actionnée par l'homme à l'aide d'une pédale, en indiquant le profil des dents [1, 2].

¹Ingénieur, Les chemins de fer roumain - C.F.R., ROMANIA

²Professeur, Département Mécanismes et Robots, Université "Politehnica" du Bucarest, ROUMANIE

Dans son manuscrit du XIII^{ème} siècle, Villard de Honnecourt montre le schéma d'une scierie actionné par la force de l'eau [3].

Dans le traité "De re metalica", Agricola montre aussi différentes sortes de scieries [4], et dans un livre paru en 1782 en Italie [5] il y a des scieries actionnées par la force de l'eau ou des animaux. Des scieries sont aussi exposées dans des musées de France [6], Finlande [7] ou dans notre pays [8,9].

Il n'y a pas d'articles dans la littérature technique étrangère, qui étudient ces installations en s'appuyant sur la théorie des mécanismes.

Dans l'article présent sont analysées les résultats d'une analyse détaillée d'une scierie mécanique présente au musée "Astra" à Sibiu, Roumanie, provenant d'une ferme de Polovragi, département de Gorj, au début du XX^{ème} siècle.

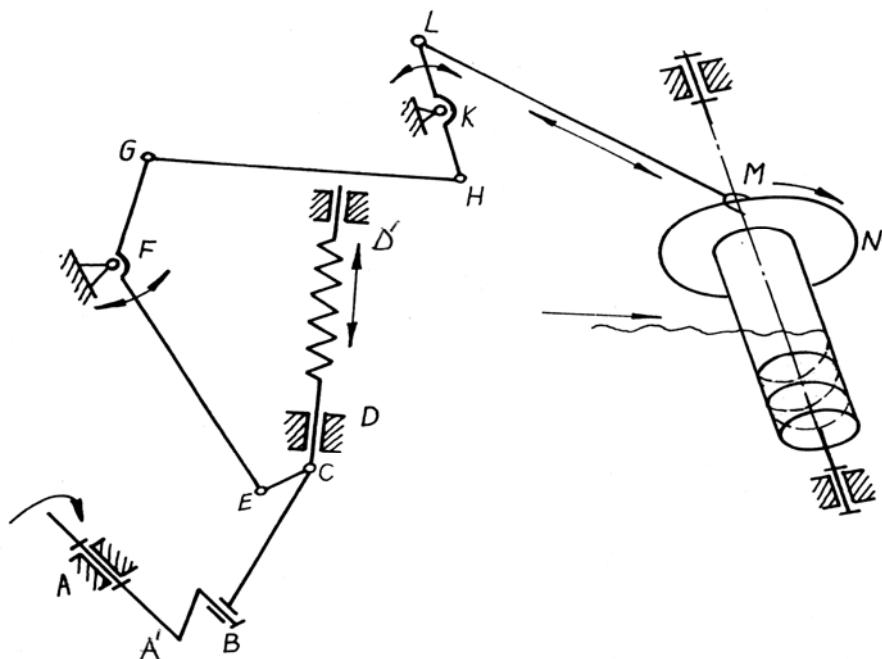


Fig. 1. Schéma principal du mécanisme

2. Le schéma du mécanisme et des solutions constructives originales

Dans la Fig. 1 est présenté le schéma principal d'une scierie mécanique. L'arbre est entraîné par la roue hydraulique AA', et la manivelle A'B déplace la tige BC, en actionnant ainsi la lame de scie CDD' et en obtenant le mouvement de coupe. La coulisse DD' va transmettre par l'intermédiaire de la chaîne CEF GHKLM le mouvement au disque N, qui lui va entraîner un tambour sur lequel se trouve

une chaîne, elle ayant le rôle de tirer le bois pour la coupe, en assurant ainsi le mouvement d'avancement.

Selon ses possibilités, les paysans constructeurs ont établies des différentes solutions constructives pour assurer un bon fonctionnement de la scierie, suivant les paramètres d'écoulement d'eau disponible. Quelques solutions constructives sont présentées dans les Figs. 2, 3.



Fig. 2. Coulisse DD' avec deux lame de découpe



Fig. 3. Chariot à rouleaux

On constate que ce constructeur a trouvé des solutions simples mais sûres et intelligentes.

3. La structure et la cinématique du mécanisme

La Fig. 4 montre la schéma cinématique du mécanisme de la scierie étudié.

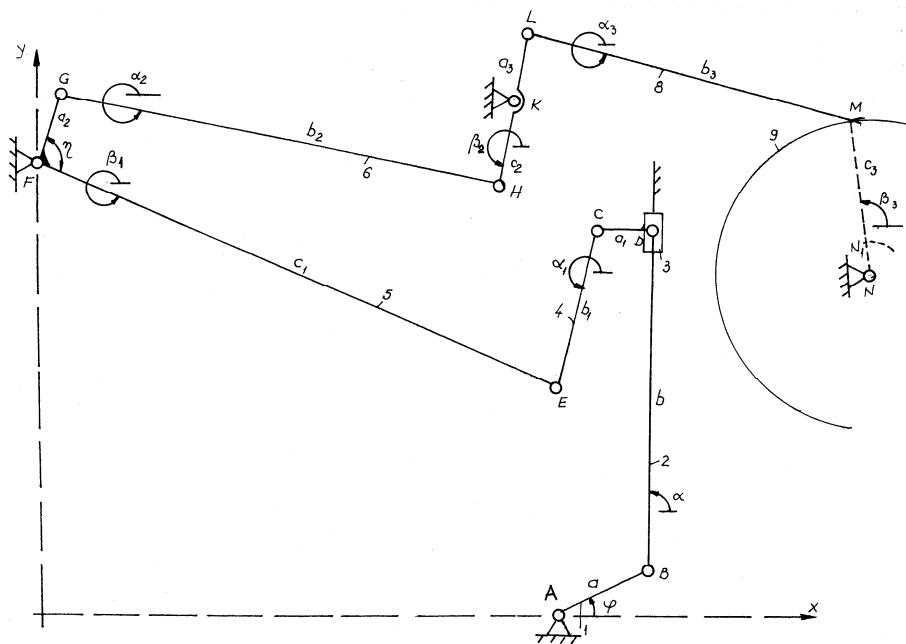


Fig. 4. Schéma cinématique du mécanisme

Du point de vue structural le mécanisme est analysé dans la Fig. 5. De ce schéma structural on observé que le mécanisme est composé d'un élément conducteur R, la dyade RRT et 2 dyades RRR.

En utilisant les mesures faites en musée et en sachant que l'installation a été démontée pour le transport de Polovragi à Sibiu, nous avons établi les dimensions approximatives, pour une reconstruction la plus fidèle possible nécessaire aux calculs cinématiques.

En regardant le schéma cinématique présenté dans la Fig. 4 on observe qu'au point M il existe une fourche qui bouge simultanément avec le rayon MN de la roue. Nous pouvons donc considérer qu'en M il y a une articulation, en formant ainsi le quadrilatère articulé KLMN, car LM a le mouvement d'une bielle et MN d'un balancier (la fourche pousse vers la droite pour le mouvement

d'avancement et ensuite vers la gauche, lorsque le bois est fixé et coupé). Ainsi, le mécanisme équivalent présente une dyade de plus, LMN.

Les calculs cinématiques sont faites à partir de la Fig. 4. Pour obtenir les positions on a écrit (sur chaque dyade) les équations de contour. En dérivant par rapport au temps on obtient les vitesses, et pour obtenir les accélérations on fait la dérivé des vitesses par rapport au temps. Nous avons préféré l'écriture par dyades parce que les systèmes non linéaires obtenus pour les positions sont plus facilement à résoudre.

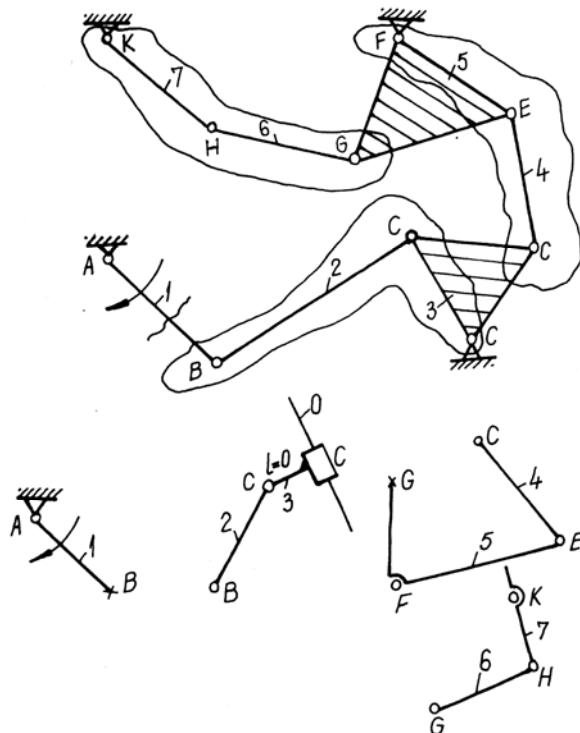


Fig. 5. Analyse structurale

4. L'analyse des résultats calculés

Il est évident que nous ne disposons pas des dates réelles pour le régime de travail de la scierie, car au musée il ne fonctionne pas et à Polovragi, quand elle fonctionnait, elle avait un certain flux d'eau. En fait, le débit est variable avec les saisons, donc le régime n'est pas unique. En regardant des films provenant d'autres installations populaires, nous avons choisi la vitesse de rotation de la manivelle de 60 rotations/min.

Le mouvement de la chaîne $ABCD_3$, qui donne le mouvement de coupe (Fig. 4) est obtenu en utilisant les résultats du tableau 1, lorsqu'on donne: l'angle de la manivelle, les coordonnées du B, l'ordonnée du D_3 (l'abscisse est constante) et l'inclinaison de la bielle BC. Nous avons utilisée les unités de mesure suivantes: la distances - mm, la vitesse - mm/s, l'accélérations - mm/s², la vitesses angulaire - rad/s, l'accélération angulaire - rad/s².

Tableau 1

Mouvement de la chaîne cinématique ABD_3

φ	x_B	y_B	x_{D3}	y_{D3}	α
360	2020	-9.63E-04	1950	1127.829	93.5516
350	2017.114	-32.99312	1950	1095.012	93.40502
340	2008.542	-64.98387	1950	1063.499	92.96971
330	1994.545	-94.99996	1950	1034.122	92.25927
320	1975.549	-122.1296	1950	1007.582	91.29559
310	1952.13	-145.5485	1950	984.4494	90.10805
300	1925	-164.5448	1950	965.1786	88.73227
290	1894.984	-178.5416	1950	950.1183	87.20944
280	1862.993	-187.1135	1950	939.5319	85.5841
270	1830	-190	1950	933.6102	83.90406
260	1797.007	-187.1135	1950	932.4816	82.21876
250	1765.016	-178.5416	1950	936.2144	80.57819
240	1735	-164.5449	1950	944.8131	79.03178
230	1707.87	-145.5485	1950	958.2057	77.62714
220	1684.452	-122.1296	1950	976.2254	76.4085
210	1665.455	-95.00003	1950	998.5878	75.41544
200	1651.458	-64.98383	1950	1024.866	74.68086
190	1642.887	-32.99312	1950	1054.472	74.22974
180	1640	-1.6610E-05	1950	1086.646	74.07758
170	1642.887	32.99317	1950	1120.459	74.22974
160	1651.458	64.9838	1950	1154.834	74.68086
150	1665.455	94.99998	1950	1188.588	75.41544
140	1684.452	122.1296	1950	1220.485	76.4085
130	1707.87	145.5484	1950	1249.303	77.62714
120	1735	164.5448	1950	1273.903	79.03178
110	1765.016	178.5416	1950	1293.298	80.57819
100	1797.007	187.1135	1950	1306.709	82.21876
90	1830	190	1950	1313.61	83.90406
80	1862.993	187.1135	1950	1313.759	85.5841
70	1894.984	178.5416	1950	1307.202	87.20944
60	1925	164.5448	1950	1294.268	88.73227
50	1952.13	145.5485	1950	1275.546	90.10805
40	1975.549	122.1297	1950	1251.841	91.29559
30	1994.545	95	1950	1224.122	92.25927
20	2008.542	64.98383	1950	1193.466	92.96971
10	2017.114	32.99316	1950	1160.998	93.40502
0	2020	0	1950	1127.83	93.55164

On observe que:

- il y a une excentricité entre A et x_{D3} ;
- le sens de rotation est le sens horaire, l'angle φ diminuant de 360° à 0° ;
- le point B tourne initialement vers la gauche, sous l'axe des x ;
- l'outil descend jusqu'à l'angle $\varphi = 260^\circ$ (il n'est pas 270° à cause de l'excentricité), et puis il monte jusqu'à l'angle $\varphi = 80^\circ$, et finalement il descend à nouveau jusqu'à la valeur de départ;
- l'angle de la bielle varie très peu (entre 80 et 90 degrés), à cause de sa grande longueur.

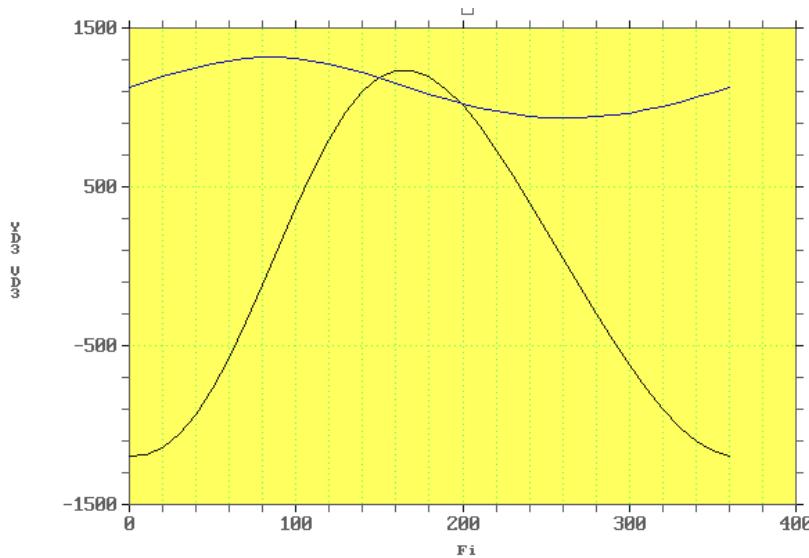


Fig. 6. La course (courbe supérieure) et la vitesse (courbe inférieure) de la coulisse porte-lame

En ce qui concerne les vitesses, en analysant les résultats obtenus (Fig. 6), on constate que:

- lorsque la manivelle passe de l'abscisse en bas, en sens horaire, la vitesse de l'outil est négative, donc il descend en coupant; pour un angle de $\varphi=260^\circ$,
- la vitesse change de sens et l'outil monte (course à vide, quand on obtient le mouvement d'avancement);
- pour des angles φ plus petits que 180° la vitesse augmente jusqu'à une position pour laquelle l'angle devient $\varphi=80^\circ$ quand elle change de sens et l'outil commence à descendre;
- la vitesse angulaire de la bielle est négative au début, ensuite positive pour $\varphi=270^\circ$, ces valeurs étant faibles.

Le mouvement d'avancement est obtenu de la chaîne cinématique génératrice de mouvement de coupe par l'intermédiaire de la chaîne cinématique CEFGHKLMN (Fig. 4). A partir des résultats obtenus, on observe que si la manivelle descend de 0 à 270 degrés dans le sens horaire (zone de la course active), l'élément HK tourne en sens trigonométriques (β_2 augmente) et l'élément MN tourné vers la gauche (β_3 augmente), donc la fourche M fait la course de retour. Une fois que la manivelle dépasse 260 degré, c'est-à-dire quand la course de monter commence, β_2 et β_3 diminuent, donc la fourche M se déplace vers la droite, et le mouvement d'avancement commence.

On constate ainsi **une bonne conception du mécanisme, preuve de l'intelligence de la part du paysan constructeur.**

La Fig. 7 montre les diagrammes de variations de la course de l'outil (y_{D3}) et de l'angle du balancier β_3 en fonction de l'angle φ de la manivelle (pour comparer les diagrammes, la course est mesuré en décimètres et l'angle en degrés).

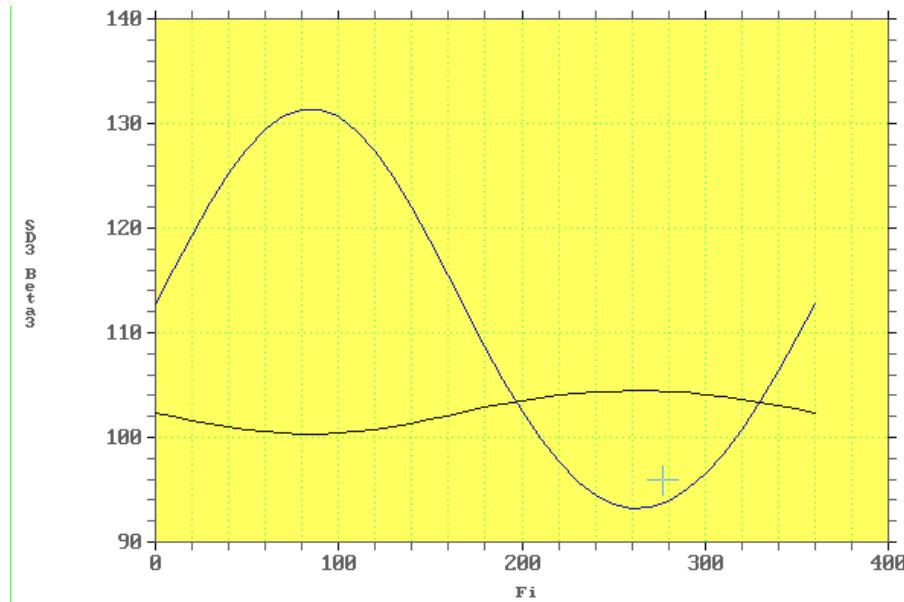


Fig.7. Variation de la course de l'outil et de l'angle du balancier

La courbe supérieure (plus grande) correspond à la course de l'outil, et la courbe inférieure à l'angle du balancier. Le diagramme est lisible de droite à gauche (le sens étant donné par la roue hydraulique). On constate que:

- lors de la course de descente $\varphi = 360$ à 260 , donc quand l'outil coupe, l'angle β_3 diminue et la fourche fait le retour à vide, sans mouvement d'avancement;

Tableau 2

Les vitesses angulaires des éléments

Fi	Alfa1'	Beta1'	Alfa2'	Beta2'	Alfa3'	Beta3'
360	-1.301002	-.6334817	-2.543361E-03	.4536041	-5.687347E-02	.2299482
350	-1.310388	-.6096943	-5.533586E-05	.4355193	-5.402877E-02	.2215314
340	-1.277369	-.5691211	2.05888E-03	.4055578	-4.980337E-02	.2069304
330	-1.203925	-.5151841	3.614868E-03	.3662618	-4.455653E-02	.1873949
320	-1.093688	-.4511989	4.527755E-03	.3200736	-3.860995E-02	.16415
310	-.9513381	-.380072	4.797607E-03	.2690878	-3.222375E-02	.1382763
300	-.7820562	-.304124	4.484703E-03	.2149566	-.0255862	.1106353
290	-.5911156	-.2250323	3.68695E-03	.1588426	-1.881854E-02	.08.18527
280	-.3836943	-.1438837	2.521438E-03	.1014667	-1.198151E-02	.0523293
270	-.164847	-6.12E-02	1.112962E-03	4.320E-02	-5.092166E-03	.0222908
260	.0603635	2.240E-02	-4.095721E-04	-1.579E-02	1.860777E-03	-.0814903
250	.2866647	.1069891	-1.912908E-03	-7.542E-02	8.897426E-03	-.0389094
240	.5083422	.1920675	-3.256877E-03	-.1355099	1.602768E-02	-.0698579
230	.7190605	.2768915	-4.293787E-03	-.1955888	2.323026E-02	-.1007233
220	.911812	.3601208	-4.873481E-03	-.2547805	3.043157E-02	-.1310141
210	1.079073	.4396608	-4.856594E-03	-.3116514	3.748762E-02	-.1599567
200	1.213231	.5125952	-4.13922E-03	-.364148	4.416859E-02	-.1864686
190	1.307262	.5752645	-2.685344E-03	-.4096441	5.015931E-02	-.2091944
180	1.35565	.6235256	-5.608043E-04	-.4451201	5.507037E-02	-.2266031
170	1.355302	.6531902	2.043254E-03	-.4674667	5.847149E-02	-.2371602
160	1.306248	.6605788	4.813207E-03	-.4739036	5.994259E-02	-.2395399
150	1.211861	.6430855	7.346309E-03	-.4624018	5.913434E-02	-.2328368
140	1.078454	.5996213	9.219547E-03	-.4320279	5.582792E-02	-.216725
130	.914245	.5308441	.0100732	-.3831447	.0499788	-.191524
120	.7280351	.43914	9.690909E-03	-.3174099	4.173735E-02	-.1581696
110	.5278899	.3283931	8.050972E-03	-.2376205	3.144373E-02	-.1181105
100	.3202734	.2036298	5.337893E-03	-.1474518	1.959718E-02	-.0731609
90	.1098103	7.061E-02	1.912915E-03	-.0511538	6.8136E-03	-.025357
80	-.100324	-6.453E-02	-1.74929E-03	4.674E-02	-6.22706E-03	.0231719
70	-.3075665	-.1957089	-5.14246E-03	.1417192	-.0188384	.0703123
60	-.509014	-.3171468	-7.814231E-03	.2294947	-3.037798E-02	.114057
50	-.7006705	-.4237282	-9.43876E-03	.3063002	-4.029822E-02	.1526009
40	-.8771492	-.5112853	-9.86486E-03	.369084	-.0481843	.1844362
30	-1.031932	-.576864	-9.13077E-03	.4157254	-5.378466E-02	.2084546
20	-1.158113	-.6189144	-7.44266E-03	.4451629	-5.702047E-02	.2240301
10	-1.249386	-.6373562	-5.12311E-03	.4574387	-5.797579E-02	.2310584
0	-1.301001	-.633482	-2.54341E-03	.4536042	-5.687303E-02	.2299474

- pour $\varphi = 260 \dots 80$ la course monte, donc l'outil fait le retour vers le haut, il n'y a pas de coupe mais β_3 diminue, la fourche M pousse vers la droite en obtenant le mouvement d'avancement;
- la course de coupe a lieu pour l'intervalle $\varphi = 80 \dots 0 \dots 260$, lorsque la fourche fait le retour à vide et il n'existe pas de mouvement d'avancement.

Nous pouvons donc observer que **les deux mouvements sont correctement corrélés**. Dans le tableau 2 on présente les vitesses angulaires des éléments de la chaîne d'avancement et on observe des petites valeurs, de faibles variations de ces paramètres ainsi que la bonne corrélation avec le diagramme des positions, **qui prouve un bon fonctionnement du mécanisme**.

Tableau 3

Le rapport des vitesses

Fi	y_{D3}	v_{asch}	v_{avans}	Ratio
0	1.12783	1.193804	-1.437171E-02	83.06626
10	1.160998	1.188002	-1.444115E-02	82.26504
20	1.193466	1.142991	-1.400188E-02	81.63123
30	1.224122	1.057413	-1.302842E-02	81.16208
40	1.251841	.931861	-1.152726E-02	80.83975
50	1.275546	.7690861	-9.537555E-03	80.63766
60	1.294268	.5740234	-7.128561E-03	80.52445
70	1.307202	.3536227	-4.394524E-03	80.46895
80	1.313759	.1165092	-1.448248E-03	80.44836
90	1.31361	-.1274967	1.584822E-03	80.4486
100	1.306709	-.3679574	4.572558E-03	80.47081
110	1.293298	-.5944594	7.381907E-03	80.52925
120	1.273903	-.7972712	9.885602E-03	80.64975
130	1.249303	-.9679772	1.197025E-02	80.86523
140	1.220485	-.1.100032	1.354531E-02	81.21129
150	1.188588	-.1.189175	.0145523	81.71735
160	1.154834	-.1.233656	1.497124E-02	82.40171
170	1.120459	-.1.234212	1.482251E-02	83.26607
180	1.086646	-.1.193804	1.416269E-02	84.29217

On s'intéresse par la suite si le constructeur a bien choisi la corrélation entre la vitesse de coupe (Vas) et la vitesse d'avancement (Vav). Si le rapport Vas/Vav est trop grand, la productivité est faible, l'usure de l'outil est faible, mais la rugosité de la planche de bois est bonne. Pour des petites valeurs de ce rapport, la productivité augmente, mais la rugosité est mauvaise et l'usure de l'outil s'accentue. On a calculé les résultats du tableau 3, qui montre: l'angle de manivelle, la positions de l'outil par rapport au système d'axes de la fig. 10, la vitesse de coupe (m/s), la vitesse d'avancement (m/s) et le rapport Vas/Vav (m/s, / m/s). On constate que le rapport varie entre 80 et 90, il étant similaire celui des

scieries construites par des entreprises spécialisées, comme montre [13].

Cela représente une preuve de l'**ingéniosité technique** du constructeur paysan de Polovragi.

5. Conclusions

- Le mécanisme analysé présente deux chaînes cinématiques: une pour le mouvement de coupe et la deuxième pour le mouvement d'avancement.
- La chaîne d'avancement prend le mouvement de la part de la chaîne de coupe, et ainsi les deux mouvements sont corrélés.
- Le rapport entre la vitesse de coupe et la vitesse d'avancement est correctement réalisé, étant en concordance avec les mécanismes des scieries fabriquées par des entreprises spécialisées.
- La scierie assure la course d'avancement pendant la course de retour de l'outil (la course à vide de celui ci).
- L'ingéniosité du constructeur paysan : le fait qu'il a établi tout seul les dimensions du mécanisme et a assuré un bon rapport entre les deux vitesses;

B I B L I O G R A P H I E

1. *A. F. Burd stall*, A history of mechanical engineering, Faber, London, 1963.
2. <http://library.thinkquest.org> - Leonardo Da Vinci.
3. <http://drawsketch.about.com>
4. *G. Agricola*, Despre minerit și metalurgie. Traducere din limba germană. Editura SONER COMPANY s.r.l. și Editura Universității de Nord Baia Mare, 1997.
5. <http://www.istitutodatini.it/biblio/images/fr.casanat/m4-9/htm/elenco.htm>
6. <http://www.parc-ballons-vosges.fr>
7. www.sahanlahti.fi
8. *C. Bucur*, Monumentele de tehnica populară - categorie distinctă a patrimoniului cultural național. În: Cibinium, 1979-83, Sibiu, 1984, pg. 243-305.
9. *Şt. Palada*, Prezentarea în Muzeul Tehnicii populare a meșteșugurilor și industriilor de exploatare și prelucrare a lemnului. În: Cibinium, 1979-83, Sibiu, 1984, pg. 363-386.
10. *I. Popescu*, Mecanisme ingenioase folosite de-a lungul timpului în tehnica populară românească, Editura Tehnică, București, 1983.
11. *A. Popescu*, The structure and kinematics of a sawmill mechanism used in the romanian folk technique. În: SYROM'2005, vol. I, pg. 277-282.

12. *I. Popescu și A. Popescu*, Mecanisme populare românești ingenioase, pentru ferăstraie mecanice.
În : Mecanisme și manipulatoare, vol. 3, nr. 1 / 2004, pg. 13-18.
13. *V. Dogaru*, Așchiera lemnului și scule așchietoare, Editura Tehnică, București, 1977.