

CARACTERISTICI STRUCTURALE ȘI MODELAREA INVERSĂ A PEDIPULATORULUI BIMOBIL DE TIPUL T-3R-T-6R

CONSTANTIN Marius Cristian¹, IONESCU Cristina Ileana¹, MURZAC Roman¹

Conducător științific: Prof. dr. ing. Adriana COMĂNESCU

REZUMAT: Această lucrare prezintă studiul unui „Picioar mecanic acționat” pentru o mașină pășitoare. Studiul s-a pornit de la analiza unui brevet existent din 1984. În cadrul studiului s-a elaborat schema cinematică a mecanismului analizat, s-a obținut traiectoria punctului „T”, care a servit drept „cale” de urmat pentru mecanismul modelat virtual. S-au studiat caracteristicile structurale ale mecanismului. Modelul obținut în mediu virtual a fost supus mai multor tipuri de analize: analiza posibilității asamblării mecanismului, analiza rezistenței cadrului și a elementelor de rezistență. S-a încercat simularea deplasării, folosind acționarea motoarelor, fapt care a demonstrat imposibilitatea trasării unei traiectorii convenabile prin acționarea „haotică” a motoarelor. Cu rezultatele obținute în urma analizei structurale, s-a realizat modelarea inversă, adică s-a aplicat pe modelul virtual, traiectoria obținută anterior pentru a repeta „pasul uman”.

CUVINTE CHEIE: picior mecanic, modelare cinematică, modelare constructivă, modelare inversă

1 INTRODUCERE

De mult timp este cunoscut faptul că ar fi avantajos să se dezvolte o mașină care să meargă, deoarece o mașină cu picioare poate opera în zone și pe teren în care vehiculele cu roți nu pot merge.

Știind acest lucru, numeroase tentative au fost făcute de a lungul anilor pentru a dezvolta o mașină pășitoare. Problemele care apar la construirea unei astfel de mașini sunt coordonarea mișcării diferitelor tipuri de picioare, perceperea mediului, astfel încât fiecare pas să calce corespunzător pe suprafață și să asigure echilibrul mașinii.

Brevetul cu titlul „Picioar mecanic pentru o mașină pășitoare” studiază un aparat pășitor în forma unui organism care are șase picioare telescopice așezate uniform în jurul corpului mașinii pășitoare. Așa cum este descris în brevet, mașina are capacitatea de a manevra în spații mici.

Cercetare se referă la brevetul cu numele „Mecanism Vertical Acționat”. Acest brevet studiază detaliile de bază ale unui picior mecanic pentru mașina pășitoare discutată anterior. Acest picior mecanic încorporează conceptul de pantograf care realizează izolarea între mecanisme.

Obiectul studiului realizat este cercetarea posibilităților de a realiza un picior mecanic pentru o mașină pășitoare incluzând o multitudine de legături dispuse într-un mecanism pantograf și capacitățile acestor legături de a se plia.

2 STADIUL ACTUAL

În prezenta cercetare este studiat un picior mecanic pentru o mașină pășitoare incluzând o multitudine de legături dispuse într-un mecanism pantograf, care legături sunt capabile să se plieze unul peste altul, astfel încât picioarele pot să stea aproape de corp, permițând mașinei la care sunt atașate aceste picioare, să aibă un profil mic. Astfel, aceste mașini pot opera în arii care sunt foarte mici.

2.1 Proprietatea intelectuală [1]

În această cercetare științifică am analizat patentul înregistrat cu numărul 84309103.4 din data de 27.12.1984 ce se referă la un mecanism „Picioar mecanic” pentru deplasarea unui robot, mai exact, la un mecanism „Picioar mecanic pliabil”, lucru care permite picioarelor acestei mașini să se plieze compact pe lângă corpul mașinii.

Acest brevet protejează proprietatea intelectuală prin cererile de brevet: seria PD-6595, denumită „Mașină pășitoare” în care este prezentată o mașină pășitoare cu șase picioare telescopice așezate uniform în jurul corpului acesteia; seria PD-6591, denumită „Mecanism Vertical Acționat” pentru acționarea verticală a picioarelor mașinii pășitoare; seria PD-6592, denumită „Mecanism Orizontal Acționat” pentru acționarea orizontală a picioarelor mașinii pășitoare.

În urma studiului acestui brevet, mai exact a cererilor de brevet seria PD-6591 și PD-6592 care se referă la piciorul mecanic acționat, am obținut un model virtual funcțional pentru piciorul mecanic descris în acest brevet.

¹ Specializarea Ingineria Managerială a Sistemelor Tehnice, Facultatea IMST;
E-mail: marius5m@yahoo.com;

2.2 Analiza patentului [2,3]

În acest brevet este prezentat un picior mecanic pentru o mașină pășitoare.

Piciorul mecanic este compus dintr-un cadru vertical care reprezintă piesa de rezistență a piciorului și care este adaptat pentru a fi conectat la o mașină pășitoare. Pe cadrul vertical sunt poziționate cele două motoare care realizează mișcarea propriu-zisă a piciorului. Pe cadrul vertical este poziționat mecanismul șurub – piuliță cu bile, care este acționat de unul dintre cele două motoare. Pe ambele părți ale piuliței din cadrul mecanismului șurub – piuliță cu bile se leagă câte o tijă, această tijă se leagă la celălalt capăt de mecanismul patruleter care este format din trei tije de diferite forme și dintr-un mecanism telescopic.

Tot pe cadrul vertical cu ajutorul unor mecanisme tip plăcuță este atașat mobil al doilea mecanism șurub – piuliță cu bile, care este acționat de al doilea motor. Piulița din componența mecanismului șurub – piuliță cu bile este legată de mecanismul patruleter.

Mișcarea piciorului se realizează prin intermediul a două mecanisme patruleter din cadrul piciorului mobil.

Al doilea patruleter este format din mecanismul tip plăcuță, o tijă legată la celălalt capăt de tija „picior de câine” din cadrul primului mecanism patruleter.

Toate componentele mecanismului „Picior mecanic”, precum și așezarea acestora în cadrul mecanismului sunt prezentate în figura 1.

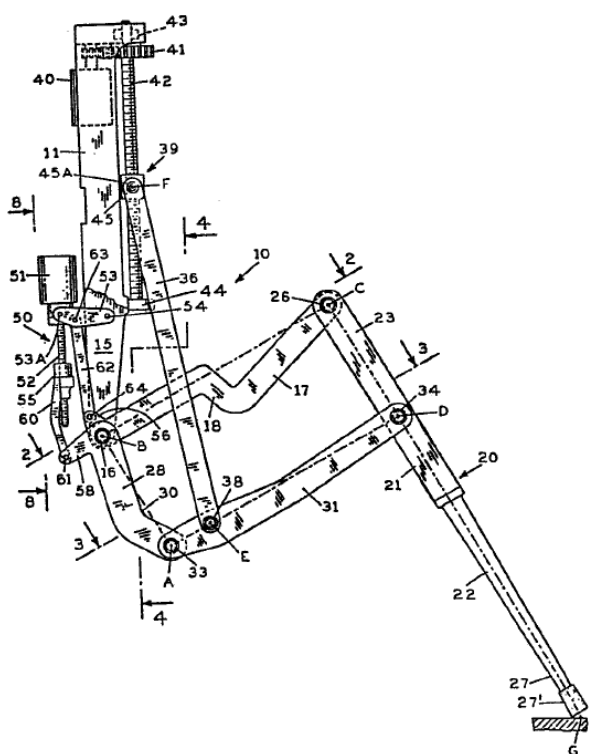


Fig. 1. Picior mecanic

3 MODELAREA INVERSĂ

Modelarea inversă a mecanismului „Picior mecanic” din brevetul analizat, a fost realizată cu ajutorul soft-ului MathCAD Professional 2000.

Modelarea constructivă a mecanismului „Picior mecanic” din brevetul analizat, a fost realizată cu ajutorul soft-ului AutoDesk Inventor Professional 2012.

3.1 Schema cinematică

Pentru modelarea inversă a mecanismului „Picior mecanic”, am realizat schema cinematică a mecanismului din figura 1. Cu ajutorul schemei cinemate au fost determinați parametrii geometrici constanți și traiectoria punctului „T”.

3.1.1 Parametrii geometrici constanți

Pentru realizarea schemei cinemate, am folosit parametri constanți, prezentați în tabelul 1.

Tabelul 1. Parametrii geometrici constanți

Nr. crt.	Parametru	Valoare	Unitate de măsură
1	XA	0,01	m
2	XG	0,015	m
3	XT0	0,1	m
4	YT0	0,015	m
5	AB	0,2	m
6	CD	0,3	m
7	ED	0,15	m
8	ET	0,25	m
9	FG	0,04	m
10	OC	0,15	m
11	OE	0,3	m
12	OF	0,01	m
13	TD	0,1	m

După determinarea parametrilor geometrici constanți din tabelul a rezultat schema cinematică din figura 2.

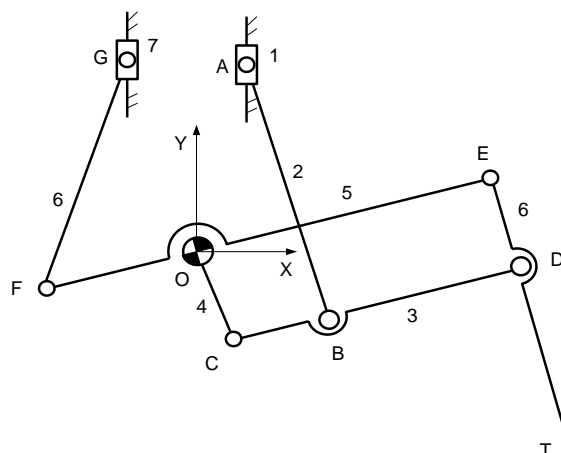


Fig. 2. Schema cinematică

3.1.2 Traiectoria punctului „T”

În urma realizării schemei cinemactice, cu ajutorul parametrilor din tabelul 2 și cu ajutorul ecuațiilor 1 și 2, am determinat traiectoria punctului „T”.

Tabelul 2. Parametrii punctului „T”

Nr. crt.	Parametru	Valoare	Unitate de măsură
1	k	0 ÷ 30	-
2	v	0,005	m/s
3	v1	0,001	m/s

$$XT_k := \text{if} [k \leq 10, XT_0 + k \cdot v, \text{if} [10 < k \leq 15, XT_0 + v \cdot 10, \text{if} [15 < k \leq 25, XT_0 + v \cdot 10 - (k - 15) \cdot v, XT_0]]] \quad (1)$$

$$YT_k := \text{if} [k \leq 10, YT_0, \text{if} [10 < k \leq 15, YT_0 + v1 \cdot (k - 10), \text{if} [15 < k \leq 25, YT_0 + v1 \cdot 5, YT_0 + v1 \cdot 5 - (k - 25) \cdot v1]]] \quad (2)$$

În figura 3 este prezentat graficul traiectoriei punctului „T”.

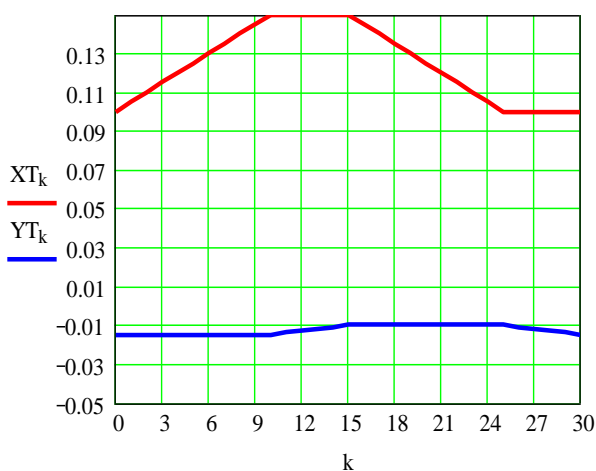


Fig. 3. Traiectoria punctului „T”

În urma analizei traiectoriei punctului „T”, s-au obținut punctele extreme 3, 4, 5 și 6:

$$\max (XT) = 0,15 \quad (3)$$

$$\min (XT) = 0,1 \quad (4)$$

$$\max (YT) = -0,01 \quad (5)$$

$$\min (YT) = -0,015 \quad (6)$$

3.2 Studiul diadelor

Mecanismul „Picior mecanic” este format din patru diade: RRR (5,6), RRR (4,5), RRT (1,2), RRT (7,8).

3.2.1 Diada RRR (5,6)

Valori inițiale:

$$\varphi_{50} := 30 \quad (7)$$

$$\varphi_{60} := 110 \quad (8)$$

$$\varphi_5 := \varphi_{50} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (9)$$

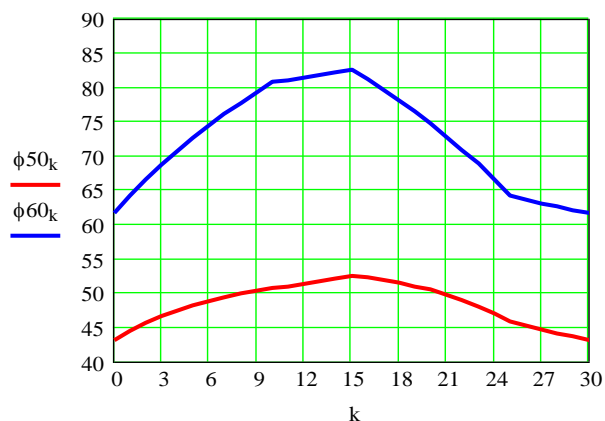
$$\varphi_6 := \varphi_{60} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (10)$$

$$0 - XT_k + OE \cdot \cos(\varphi_5) - ET \cdot \cos(\varphi_6) = 0 \quad (11)$$

$$0 - YT_k + OE \cdot \sin(\varphi_5) - ET \cdot \sin(\varphi_6) = 0 \quad (12)$$

$$\text{sol}_k := \text{Find} (\varphi_5, \varphi_6) \quad (13)$$

$$\begin{pmatrix} \varphi_{5k} \\ \varphi_{6k} \end{pmatrix} := \text{sol}_k \quad (14)$$



$$\begin{pmatrix} \varphi_{50k} \\ \varphi_{60k} \end{pmatrix} := \text{sol}_k \cdot \frac{180}{\pi} \quad (15)$$

Cu ajutorul parametrilor determinați anterior, relațiile 7 ÷ 15, am trasat graficul unghiurilor φ_5 și φ_6 , care este prezentat în figura 4.

Fig. 4. Graficul unghiurilor φ_5 și φ_6

Parametrii punctului „D”:

$$XD_k := XT_k + TD \cdot \cos(\varphi_{6k}) \quad (16)$$

$$YD_k := YT_k + TD \cdot \sin(\varphi_{6k}) \quad (17)$$

Cu ajutorul parametrilor determinați mai sus, relațiile 16 și 17, s-a trasat graficul punctului „D”, care este prezentat în figura 5.

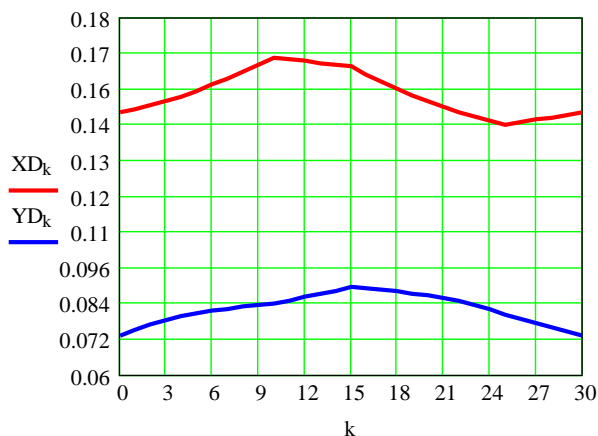


Fig. 5. Traectoria punctului „D”

3.2.2 Diada RRR (4,5)

Valori inițiale:

$$\varphi_{40} := 270 \quad (18)$$

$$\varphi_{30} := 190 \quad (19)$$

$$\varphi_4 := \varphi_{40} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (20)$$

$$\varphi_3 := \varphi_{30} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (21)$$

$$0 - XD_k + OC \cdot \cos(\varphi_4) - CD \cdot \cos(\varphi_3) = 0 \quad (22)$$

$$0 - YD_k + OC \cdot \sin(\varphi_4) - CD \cdot \sin(\varphi_3) = 0 \quad (23)$$

$$\text{sol}_k := \text{Find}(\varphi_4, \varphi_3) \quad (24)$$

$$\begin{pmatrix} \varphi_{4k} \\ \varphi_{3k} \end{pmatrix} := \text{sol}_k \quad (25)$$

$$\begin{pmatrix} \varphi_{40k} \\ \varphi_{30k} \end{pmatrix} := \text{sol}_k \cdot \frac{180}{\pi} \quad (26)$$

Cu ajutorul parametrilor determinați anterior, relațiile 18 ÷ 26, am trasat graficul unghiurilor φ_4 și φ_3 , care este prezentat în figura 6.

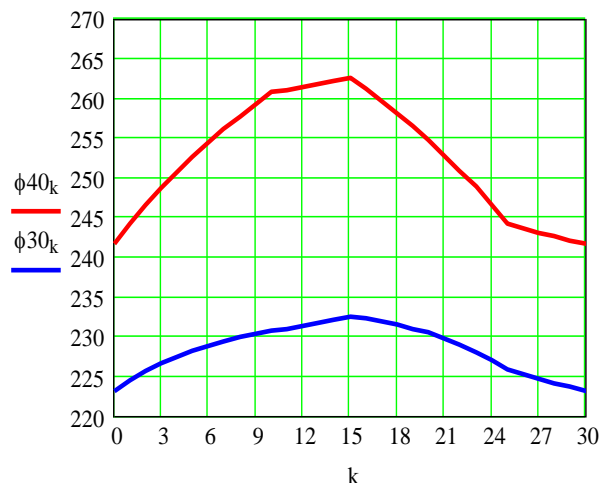


Fig. 6. Graficul unghiurilor φ_4 și φ_3

Parametrii punctului „B”:

$$XB_k := XD_k + BD \cdot \cos(\varphi_{3k}) \quad (27)$$

$$YB_k := YD_k + BD \cdot \sin(\varphi_{3k}) \quad (28)$$

3.2.3 Diada RRT (1,2)

Valori inițiale:

$$\varphi_{20} := 120 \quad (29)$$

$$s_1 := 0,015 \quad (30)$$

$$\varphi_2 := \varphi_{20} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (31)$$

$$XB_k + AB \cdot \cos(\varphi_2) - XA = 0 \quad (32)$$

$$YB_k + AB \cdot \sin(\varphi_2) - s_1 = 0 \quad (33)$$

$$\text{sol}_k := \text{Find}(\varphi_2, s_1) \quad (34)$$

$$\begin{pmatrix} \varphi_{2k} \\ s_{1k} \end{pmatrix} := \text{sol}_k \quad (35)$$

$$\varphi_{20k} := \varphi_{2k} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (36)$$

Cu ajutorul parametrilor determinați anterior, relațiile 27 ÷ 36, am trasat graficul unghiului φ_2 , care este prezentat în figura 7.

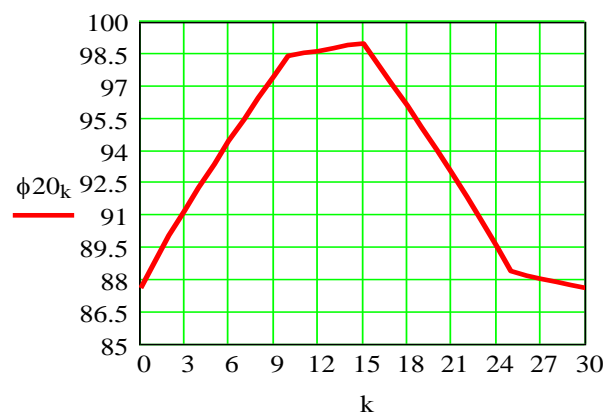


Fig. 7. Graficul unghiului φ_2

Cu ajutorul parametrilor determinați anterior, relațiile 27 ÷ 36, am trasat graficul deplasării s_1 , care este prezentat în figura 8.

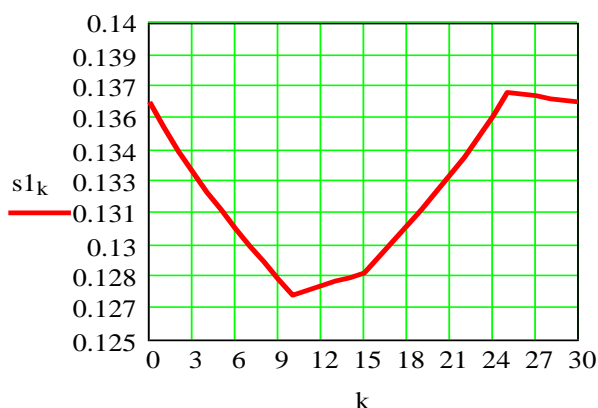


Fig. 8. Graficul deplasării s_1

Parametrii punctului „F”:

$$XF_k := 0 + OF \cdot \cos(\varphi_{5k} + \pi) \quad (37)$$

$$YF_k := 0 + OF \cdot \sin(\varphi_{5k} + \pi) \quad (38)$$

3.2.4 Diada RRT (7,8)

Valori inițiale:

$$\varphi_{70} := 120 \quad (39)$$

$$s_2 := 0,015 \quad (40)$$

$$\varphi_7 := \varphi_{70} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (41)$$

$$XF_k + FG \cdot \cos(\varphi_7) - XG = 0 \quad (42)$$

$$YF_k + FG \cdot \sin(\varphi_7) - s_2 = 0 \quad (43)$$

$$\text{sol}_k := \text{Find}(\varphi_7, s_2) \quad (44)$$

$$\begin{pmatrix} \varphi_{7k} \\ s_{2k} \end{pmatrix} := \text{sol}_k \quad (45)$$

$$\varphi_{70k} := \varphi_{7k} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (46)$$

Cu ajutorul parametrilor determinați anterior, relațiile 39 ÷ 46, am trasat graficul unghiului φ_7 , care este prezentat în figura 9.

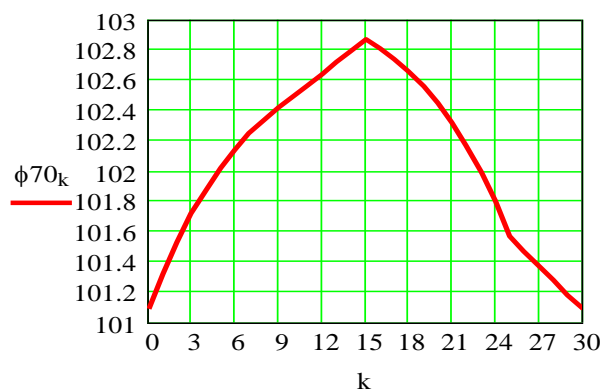


Fig. 9. Graficul unghiului φ_7

Cu ajutorul parametrilor determinați anterior, relațiile 39 ÷ 46, am trasat graficul deplasării s_2 , care este prezentat în figura 10.



Fig. 10. Graficul deplasării s_2

Parametrii punctului „G”:

$$XG_k := 0 + OG \cdot \cos(\varphi_{7k} + \pi) \quad (47)$$

$$YG_k := 0 + OG \cdot \sin(\varphi_{7k} + \pi) \quad (48)$$

4 MODELAREA CONSTRUCTIVĂ

Modelarea constructivă a fost realizată în mediul virtual cu ajutorul soft-ului Inventor pentru a analiza mecanismul „Picior mecanic” din punct de vedere al rezistenței, mișcării relative a elementelor, modul de asamblare a mecanismului și verificarea interferențelor între elemente.

4.1 Modelarea mecanismului brevetat

Pentru a realiza toate elementele de modelare constructivă și a efectua toate analizele enumerate

mai sus a fost copiat fidel mecanismul „Picioar mecanic” brevetat, acesta din urmă fiind prezentat în figura 11.

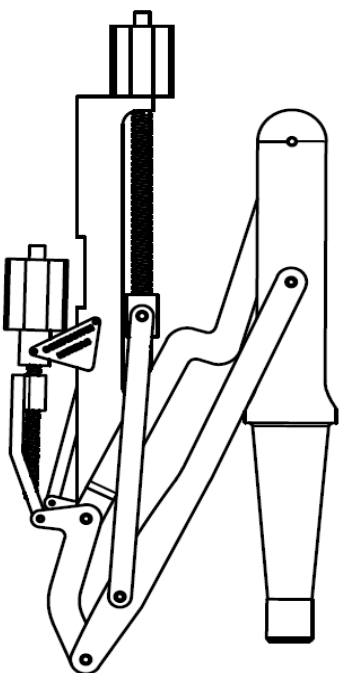


Fig. 11. Mecanism „Picioar mecanic” modelat

După modelarea fidelă a mecanismului „Picioar mecanic” brevetat, acesta a fost supus unei verificări de interferență între elementele componente ale mecanismului. În urma analizei, a rezultat o interferență cu un volum de 40 mm^3 , această interferență este prezentată în figura 12.

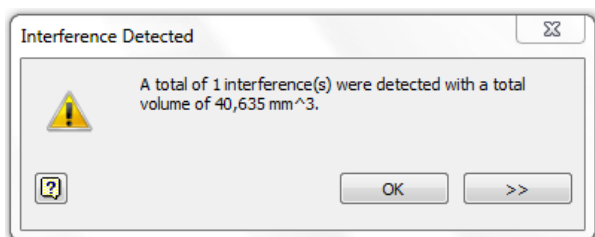


Fig. 12. Numărul și volumul interferențelor

Interferența a fost detectată între cadrul vertical al mecanismului și brațul „picioar de câine”, această interferență este prezentată în figurile 13.

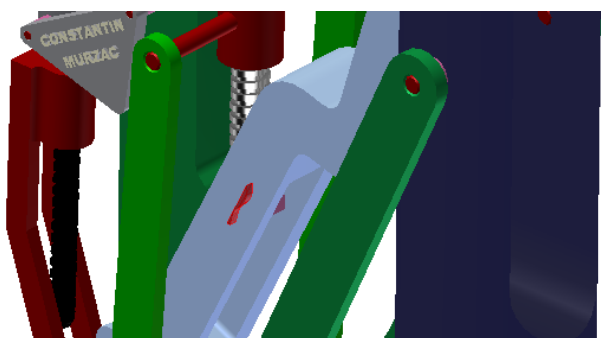


Fig. 13. Interferența detectată

Față de mecanismul original din brevet, mecanismul modelat are aduse unele modificări structurale. Acest lucru a fost făcut pentru a permite buna funcționare virtuală a mecanismului prezentat în figura 14.

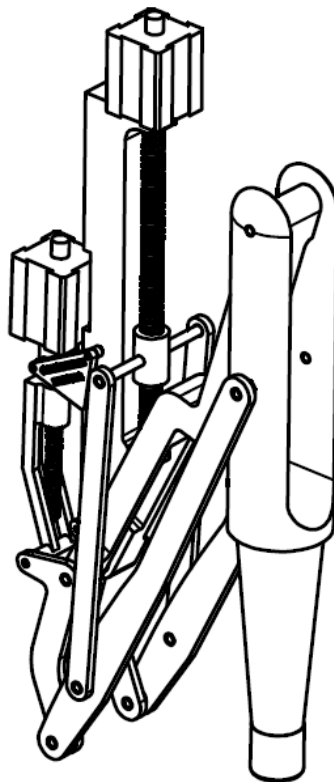


Fig. 14. Mecanism „Picioar mecanic” modificat

După remodelarea componentelor necesare, s-a repetat analiza interferențelor, în urma acestei analize n-a fost detectată nici o interferență, acest lucru este arătat în figura 15.

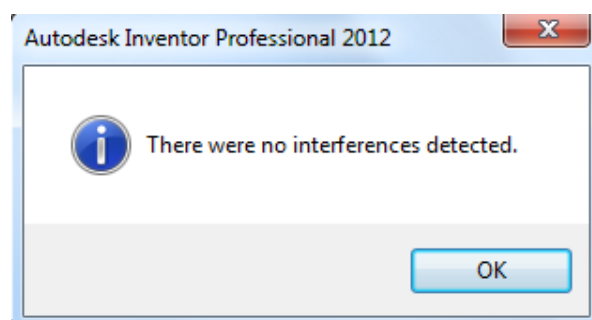


Fig. 15. Analiza repetată interferențelor

4.2 Asamblarea mecanismului modelat

După modelarea componentelor mecanismului a rezultat o mulțime de componente aranjate aleatoriu în spațiu și fără conexiuni între ele. Numărul exact de componente și ordinea de asamblare a acestora fiind necunoscută, acest lucru

împărțită la numărul total de picioare (șase picioare mecanice).

Se presupune că mașina pășitoare are masa totală de 30 kg, astfel sarcina suportată de fiecare picior este de 10 kg.

În tabelul 3 sunt prezentate toate caracteristicile mecanismului și rezultatele obținute în urma efectuării analizei cu element finit.

Tabel 3. Rezultatele analizei FEA

Name	Minimum	Maximum
Volume	1023880 mm ³	
Mass	7.99487 kg	
Von Mises Stress	0.00000000257095 MPa	179.587 MPa
1st Principal Stress	-32.1765 MPa	242.958 MPa
3rd Principal Stress	-153.281 MPa	90.2956 MPa
Displacement	0 mm	0.152525 mm
Safety Factor	1.15264 ul	15 ul
Stress XX	-100.969 MPa	213.389 MPa
Stress XY	-60.1322 MPa	54.956 MPa
Stress XZ	-60.5322 MPa	77.4881 MPa
Stress YY	-55.5813 MPa	100.02 MPa
Stress YZ	-51.97 MPa	50.5833 MPa
Stress ZZ	-147.639 MPa	120.01 MPa
X Displacement	-0.0413467 mm	0.00978362 mm
Y Displacement	-0.00890478 mm	0.0231963 mm
Z Displacement	-0.151131 mm	0.00913804 mm
Equivalent Strain	0.00000000000000106109 ul	0.000745664 ul
1st Principal Strain	-0.00000157734 ul	0.000884858 ul
3rd Principal Strain	-0.00073582 ul	0.00000948379 ul
Strain XX	-0.000506554 ul	0.000701808 ul
Strain XY	-0.000372247 ul	0.000340204 ul
Strain XZ	-0.000374723 ul	0.000479688 ul
Strain YY	-0.000230541 ul	0.000217862 ul
Strain YZ	-0.000321719 ul	0.000313134 ul
Strain ZZ	-0.000569883 ul	0.000369741 ul
Contact Pressure	0 MPa	171.363 MPa
Contact Pressure X	-97.1005 MPa	116.876 MPa
Contact Pressure Y	-100.569 MPa	85.0082 MPa
Contact Pressure Z	-89.9025 MPa	101.306 MPa

S-a considerat cazul ideal atunci când piciorul este solicitat static, astfel doar bara „picior de câine” a fost supusă la o sarcină echivalentă cu o masă de 10 kg. Încărcarea „piciorului de câine” este prezentată în figura 25. Masa suportată de elementul de rezistență este uniform distribuită pe întreaga suprafață a elementului.

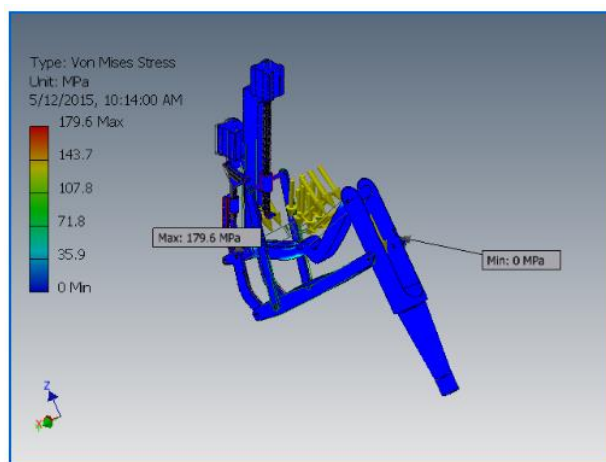


Fig. 25. Piciorul mecanic supus la sarcină

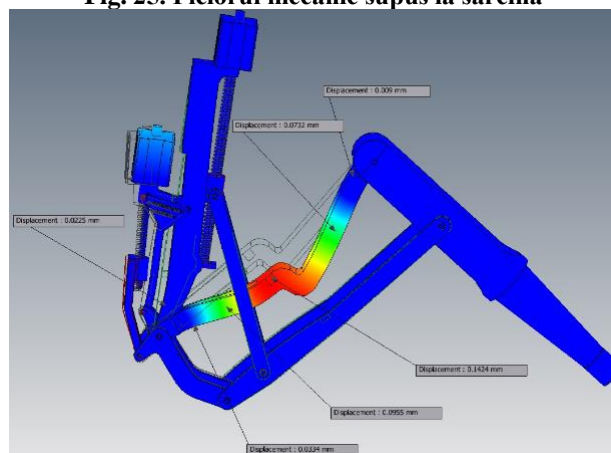


Fig. 26. Deformarea mecanismului

În figura 26 este prezentată deformarea (deplasarea) maximă a elementului cât și deformarea pe întreaga suprafață a acestuia. Deformarea maximă a elementului este în zona mediană, zonă ranforsată prin formă, aici deformarea având o valoare de 0,145 mm

În figura 27 este prezentat coeficientul de siguranță al elementului „picior de câine”, din figură se poate observa că mecanismul are un coeficient minim de 3,67 ceea ce este admisibil (coeficient minim de siguranță este considerat 1,5).

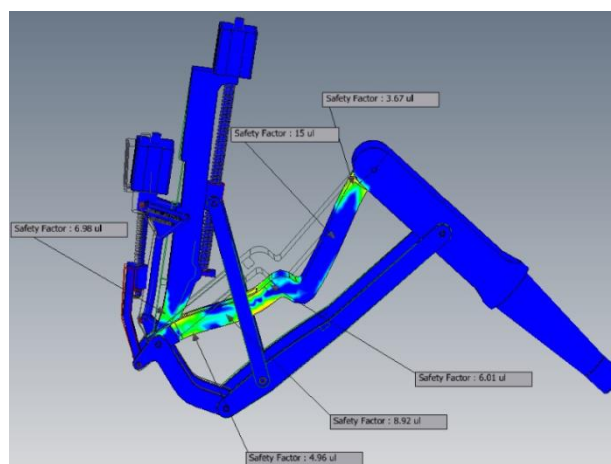


Fig. 27. Coeficientul de siguranță

4.5 Analiza deplasării

Odată modelate toate componentele, asamblate, verificate la interferențe și la rezistență, mecanismul trebuie supus simulării mișcării.

Pentru a face acest lucru s-a început cu acționarea celor două motoare, însă rezultatul n-a fost unul satisfăcător, rezultând o mișcare pendulatoare, cum se poate observa în figura 28, și cu mari salturi de viteză și accelerație, cum se poate vedea în figura 29.

Acest lucru duce la o funcționare necorespunzătoare și defectare a motoarelor, a elementelor de uzură și a cuplelor elementelor.

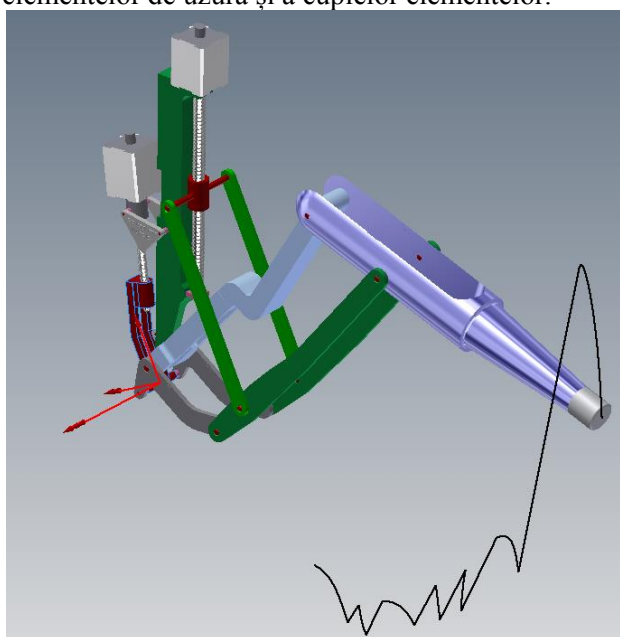


Fig. 28. Traiectoria descrisă

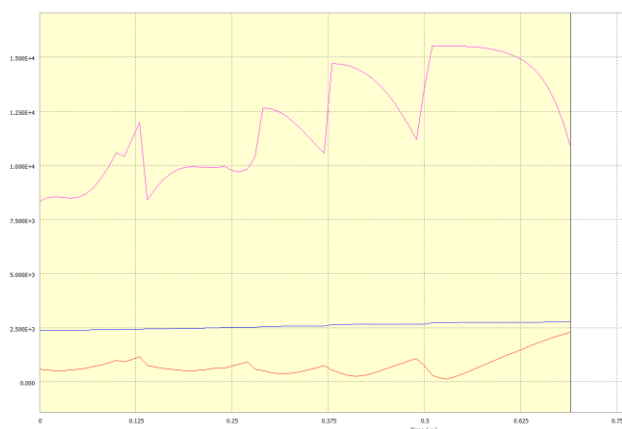


Fig. 29. Caracteristicile mișcării

Caracteristicile urmărite în timpul mișcării sunt: traiectoria descrisă de centrul „tălpilor”, viteza și accelerația. În figura 29 se poate observa fluctuația traiectoriei atunci când viteza este relativ constantă. Același lucru, similar se întâmplă atunci când este constantă accelerația.

Luând în considerare acest lucru, se poate trage concluzia că nu se poate defini corect deplasarea dorită prin acționarea motoarelor. Acest lucru fiind aproape imposibil de realizat.

Pentru a defini corect deplasarea mecanismului „Picior de câine”, s-a realizat modelarea inversă. Acest lucru a fost realizat cu ajutorul datelor obținute în capitolele anterioare cu soft-ul MathCAD.

În acest scop, a fost preluată curba traiectoriei punctului „T” din MathCAD și a fost adaptată în Inventor pentru a defini traiectoria „piciorului”.

Astfel, având traiectoria dată, s-a simulat deplasarea și s-au aflat deplasările, vitezele și accelerațiile din motoare.

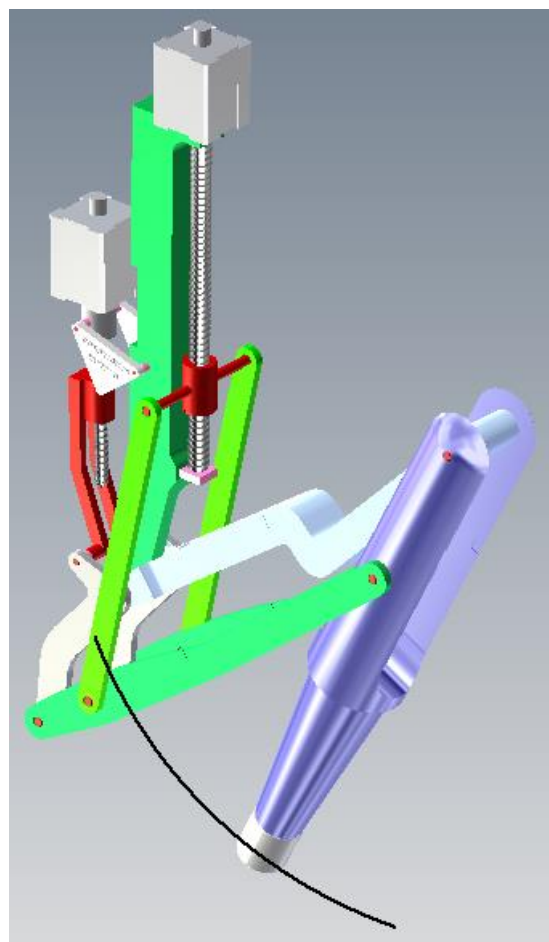


Fig. 30. Traiectoria punctului „T”

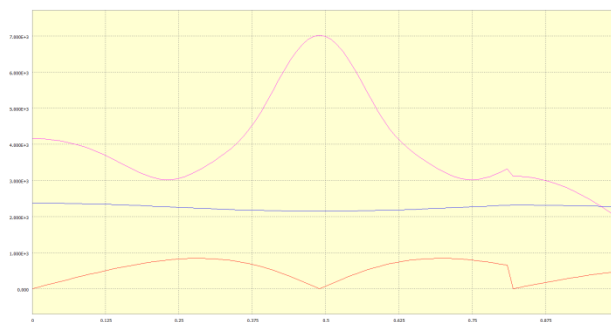


Fig. 31. Caracteristicile mișcării

În figura 30 este prezentată traiectoria corectă a punctului „T”, analizând caracteristicile punctului „T” în timpul deplasării, rezultă caracteristicile din figura 31. Aceste caracteristici rezultate sunt folosite pentru acționarea motoarelor.

Se poate menționa faptul că folosind calculele realizate în capitolele anterioare, s-a obținut traiectoria punctului „T”. Această traiectorie descriind exact mersul unui picior uman, ceea ce s-a dorit a se obține prin acest brevet, și implicit prin acest studiu.

5 CONCLUZII

În această lucrare a fost analizat mecanismul „Picior mecanic acționat” brevetat în 1984. Acest mecanism având actualitate și în prezent prin caracteristicile sale.

Mecanismul brevetat a fost modelat într-un mediu virtual și analizat din mai multe puncte de vedere. În urma analizei structurale s-a obținut traiectoria punctului „T”, acest lucru a făcut posibilă modelarea inversă pentru a determina deplasarea „pasului uman” și de acționa corect motoarele.

În urma analizelor efectuate, a rezultat că acest mecanism brevetat încă în 1984, este foarte fiabil din punct de vedere a rezistenței cadrului și elementelor de rezistență. Este ușor, având doar 8 kg și ocupă un spațiu mic, ceea ce este cel mai important lucru al acestui brevet.

6 MULȚUMIRI

Pentru elaborarea acestei lucrări, pe lângă autorii ei, au lucrat și alți studenți și cadre didactice.

Vreau să mulțumesc doamnei prof. dr. ing. Adriana COMĂNESCU pentru îndrumarea pe tot parcursul elaborării acestei lucrări.

Mulțumesc domnului conf. dr. ing. Marin NEACȘA pentru suportul acordat și pentru îndrumarea în crearea deplasării mecanismului „Picior mecanic” după o traiectorie dată.

Mulțumesc domnului prof. dr. ing. Constantin OCNĂRESCU pentru aportul adus în aprofundarea cunoștințelor în domeniul Mecanismelor și Mecatronicii.

7 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Bartholet, S. J. (1984), *Leg Mechanism for Walking Machine*, European Patent Application.
 [2]. Russell, M. (1983), *Odex 1: the first functionoid*, Robotics Age.

- [3]. Hirose, S. (1984), *A study of design and control of a quadruped walking vehicle*, International Journal of Robotics Research.

8 NOTAȚII

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

XA ... X0 = coordonatele punctelor [m];

ED ... FG = lungimea brațelor [m];

ϕ_1 ... ϕ_7 = unghiurile formate între două elemente [°];

v – viteza [m/s];

k – coeficient;