

Aplicații cu sisteme de scripeți

1. Scopul lucrării

Obiectivele lucrării sunt:

- studiul caracteristicilor palanelor;
- studiul influenței utilizării palanelor asupra avantajului mecanic;
- studiul caracteristicilor mecanice ale unui palan cu 3 role în blocul superior și două în cel inferior.

2. Considerații generale

Un sistem de scripeți reprezintă o combinație de scripeți fiși și mobili cu scopul de a valorifica proprietățile scripetilor fiși de a schimba direcția forței rezistente și cele ale scripetilor mobili de reducere a forței motoare (fig. 1.a și b).

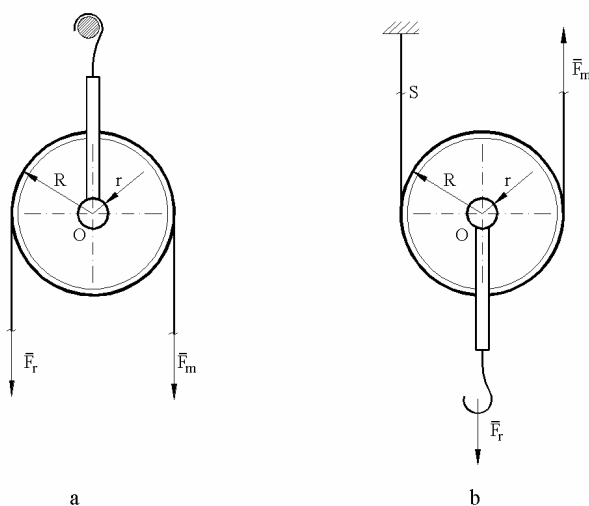


Fig. 1.

Dacă se ține seama de rigiditatea firelor și de frecarea din axul scripetelui atunci forța motoare necesară pentru învingerea forței rezistente este:

- pentru un scripete fix

$$F_m = k \cdot F_r \quad (1)$$

- pentru un scripete mobil:

$$F_m = \frac{1}{k+1} \cdot F_r \quad (2)$$

unde:

$$k = 1 + \lambda + \frac{2\mu r}{R} \quad (3)$$

Coeficientul k este supraunitar și ține seama de rigiditatea cablului prin parametrul $\lambda = k_1 \cdot d^2$ ($k_1 = 0.02 \dots 0.06 \text{ m}^{-2}$ pentru funii de cânepă și $k_1 = 0.03 \dots 0.09 \text{ m}^{-2}$ pentru cabluri de oțel) și de frecarea din axul scripetelui prin parametrul $\frac{2\mu r}{R}$ (μ - coeficientul de frecare la alunecare, r - raza fusului, R - raza scripetelui). În cazul ideal $k = 1$.

Cele mai întâlnite sisteme de scripeți sunt: palanul exponențial, palanul factorial și palanul diferențial.

Palanul exponențial

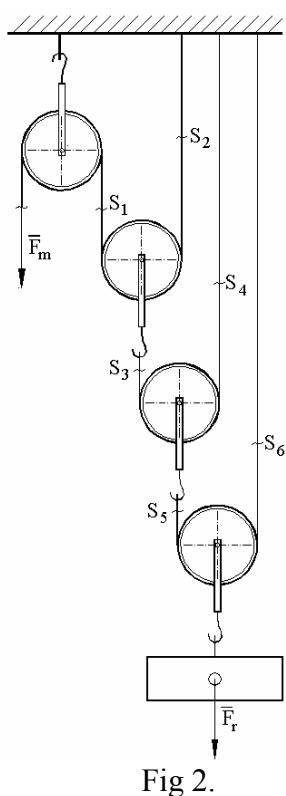


Fig 2.

Palanul exponențial este format dintr-un scripete fix și un număr n de scripeți mobili.

Pentru palanul din figura 2, cu $n = 3$ avem:

$$F_m = \frac{k^4}{(k+1)^3} \cdot F_r \quad (4)$$

Pentru cazul general al unui palan exponențial format din n scripeți mobili și unul fix avem:

$$F_m = \frac{k^{n+1}}{(k+1)^n} \cdot F_r \quad (5)$$

În cazul ideal, când nu se ține cont de rigiditatea firului și de frecare ($k = 1$) avem:

$$F_m = \frac{1}{2^n} \cdot F_r \quad (6)$$

Marele avantaj al palanului exponențial este că are un coeficient de demultiplicare foarte mare.

Dezavantajele lui sunt: spațiul relativ mare ocupat și dereglarea ușoară în timpul funcționării (cablul sare de pe canalul scripeților).

Palanul factorial

Palanul factorial este alcătuit din două mufle, una fixă și una mobilă fiecare mufă conținând un număr egal de scripeți montați pe aceeași furcă. Palanul poate fi realizat în două variante (fig. 3.a și b). Pentru ambele variante calculul forței motoare și a coeficientului de demultiplicare este același.

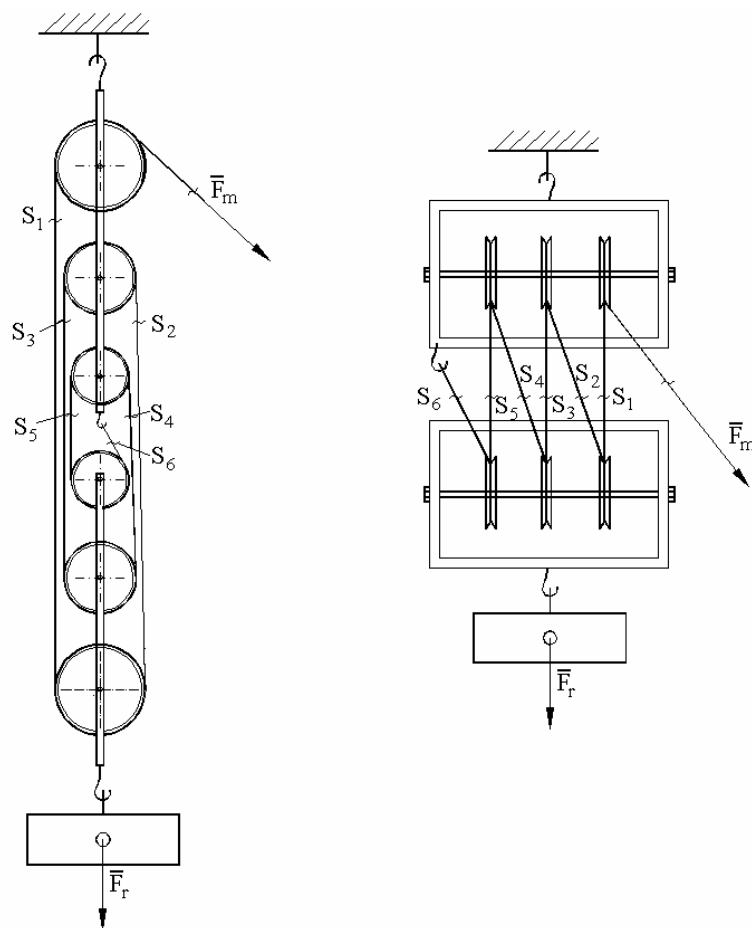


Fig. 3

Pentru 6 scripeți montați în două mufle:

$$F_m = \frac{k^6}{1 + k + k^2 + \dots + k^6} \cdot F_r = \frac{k^6}{\frac{k^6 - 1}{k - 1}} \cdot F_r = \frac{k^6 \cdot (k - 1)}{k^6 - 1} \cdot F_r \quad (7)$$

Pentru cazul general cu $2n$ scripeți în două mufle avem:

$$F_m = \frac{k^{2n} \cdot (k-1)}{k^{2n} - 1} \cdot F_r \quad (8)$$

În situația ideală ($k=1$) ridicăm nedeterminarea prin aplicarea teoremei lui l'Hospital:

$$F_m = \lim_{k \rightarrow 1} \left(\frac{\frac{d}{dk} (k^{2n+1} - k^{2n})}{\frac{d}{dk} (k^{2n} - 1)} \right) \cdot F_r = \frac{1}{2n} \cdot F_r \quad (9)$$

Palanul diferențial

Palanul diferențial numit și macara diferențială este realizat dintr-un troliu cu roți solitare de raze R și r și un scripete mobil de rază r_1 . Este utilizat la ridicarea sarcinilor specifice atelierelor de reparații. Schema structurală și de calcul este prezentată în figura 4.

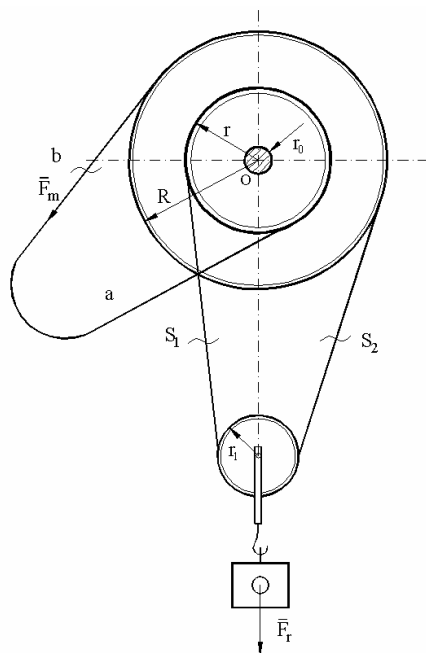


Fig. 4.

Lanțul de care se trage cu forța F_m este continuu și trece atât peste ambele roți ale troliului cât și peste scripetele mobil.

Pentru ridicarea sarcinii \bar{F}_r , se trage cu forța motoare F_m de ramura b iar pentru coborâre de ramura a .

Dacă se ține seama de frecarea și de rigiditatea lanțului:

$$F_m = \frac{k_1 \cdot k \cdot (R - r)}{(1 + k) \cdot R} \cdot F_r \quad (10)$$

Unde k_1 și k sunt coeficienții de frecare și rigiditate corespunzători troliului, scripetelui mobil.

În ipoteza neglijării frecărilor și rigidității lanțului ($k_1 = k = 1$):

$$F_m = \frac{R - r}{2 \cdot R} \cdot F_r \quad (11)$$

De exemplu, dacă $R = 200\text{mm}$ și $r = 180\text{mm}$, raportul de demultiplicare este:

$$\frac{R - r}{2 \cdot R} = \frac{1}{20}$$

Palanul diferențial nu funcționează cu funie sau cablu ci numai cu lanț, roțile trebuind să fie profilate.

Palanele (sau blocurile de scripeți – figura 1) sunt folosite deseori pentru ridicarea greutateților mari, atunci când acest lucru se poate face manual (de om), dar sunt întâlnite și pe macarale. În cadrul lucrării precedente s-a dovedit că se poate obține un „**avantaj mecanic**” cu ajutorul asocierii scripeților fiși cu cei mobili. Pentru a dezvolta în continuare acest principiu, în cadrul acestui experiment se va demonstra că „**avantajul mecanic**” obținut poate fi mărit (va crește) prin utilizarea unui număr mai mare de scripeți (palane).



Fig. 5. Aplicații ale palanelor

3. Prezentarea standului experimental

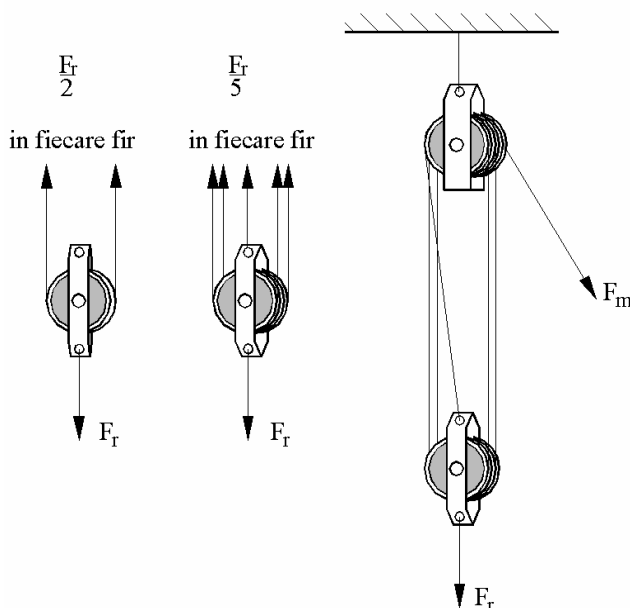


Fig. 2. Palane cu doi și trei scripeteți

Dacă scripetele mobil și o greutate F_r sunt susținute de două fire (vezi figura 2), tensiunea în fiecare fir va fi aproximativ egală cu $\frac{F_r}{2}$

dacă greutatea scripetelui este neglijabilă în raport cu greutatea F_r . Dacă în schimb, greutatea F_r este susținută cu ajutorul a cinci fire cu ajutorul a doi scripeteți și a unui fir legat de cadrul unuia, tensiunea din fiecare fir, va fi de aproximativ $\frac{F_r}{5}$.

În vederea obținerii acestei condiții, și prin urmare pentru ridicarea unei greutăți

mari cu efort mic, este necesară utilizarea unui palan care conține 3 role (un scripete fix cu 3 roți) utilizat în partea superioară a ansamblului de scripeteți (așa cum se arată în figura 1). Firul este legat de cadrul scripetelui inferior și trece alternativ peste scripetele superior și inferior și în cele din urmă peste cel superior, capătul liber al firului devenind coarda de tragere (de acționare a sistemului).

Datorită frecării în scripeteți, a rigidității firului, a greutății palanului inferior, forța (efortul) F_m necesară ridicării greutății F_r va fi în realitate mai mare decât $\frac{F_r}{5}$, acest lucru fiind prezentat și în cadrul experimentului.

În cadrul lucrării se utilizează echipamentul pentru experimente statice EX 300 compus din:

- Un palan cu fir (EX10)
- Un șurub de susținere (P5)
- Un scripete reglabil (P13)
- Trei piulițe (P1)
- Două cârlige pentru greutăți (P10)
- Un set de greutăți (P7)

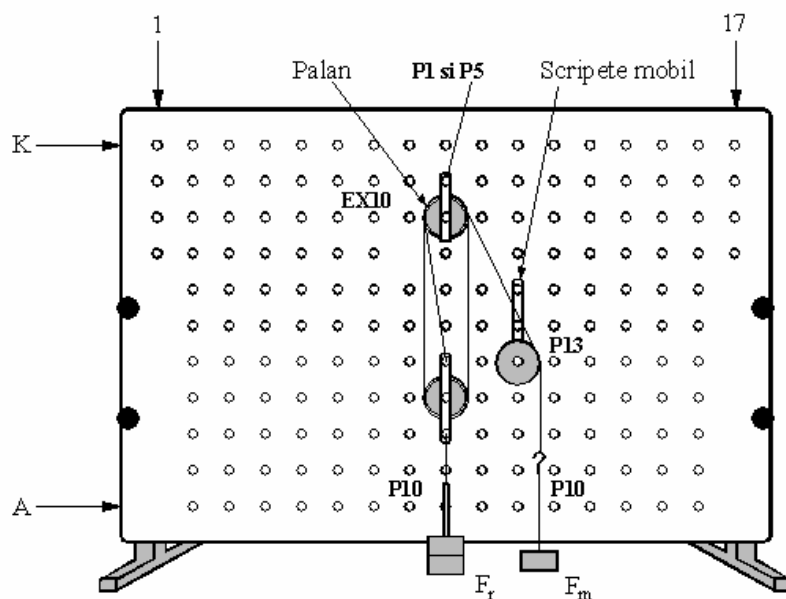


Fig. 3. Prezentarea configurației standului experimental

4. Desfășurarea lucrării

Se fixează placa de montaj (suportul) în poziție verticală. Se introduce șurubul de fixare (P5) prin gaura (K9) și se fixează cu piulița (P1). Se ia palanul (EX10) și se montează cu gaura centrală care trece prin cele trei role în șurubul suport asigurându-se cu piulița (P1). La fixarea piuliței se va avea grijă ca blocul de role să nu fie strâns, pentru a se putea mișca liber. Se fixează scripetele reglabil (P13) în gaura (F11) și de reglează astfel încât acesta să fie aliniat cu capătul liber al firului. Se fixează scripetele reglabil cu ajutorul piuliței (P1). Se verifică dacă firul este poziționat corect în canalele celor cinci role și se agață apoi în gaura palanului inferior și respectiv în celălalt capăt liber al firului câte un cârlig pentru greutate. Firul liber cu greutate ar trebui să treacă prin partea dreaptă a scripetelui reglabil.

Experimentul 1.

Se plasează o greutate de 1.9 N (care, împreună cu greutatea suportului de 0.1 N duc la un total de 2 N) pe palanul inferior. Se adaugă greutăți pe celălalt suport de greutăți până când greutatea curentă este suficientă ca să ridice sarcina F_r . Se va nota forța F_m necesară pentru ridicarea sarcinii F_r . Se va repeta experimentul pentru sarcini F_r de 4, 6, 8 și 10 N, determinându-se, în fiecare caz, forța F_m .

Experimentul 2.

Se determină raportul vitezelor sistemului RV , măsurând distanța pe care se deplasează forța F_m și calculând raportul între aceasta și distanța pe care se deplasează greutatea F_r .

$$RV = \frac{\text{Distanța pe care se deplasează greutatea } F_m}{\text{Distanța pe care se deplasează greutatea } F_r}$$

5. Analiza rezultatelor

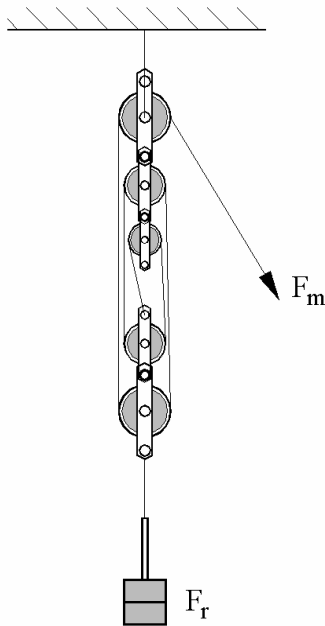


Fig. 4. Configurația palanului verticală

Pentru a se ilustra principiul palanului, figura 4 prezintă o sistem în care scripetii sunt separați vertical în loc să fie separați orizontal, fiind reprezentați ca având diametre diferite pentru vizualizarea mai bună a plasării firului. Așa cum s-a prezentat în cadrul considerațiilor generale de mai sus, sarcina F_r este susținută de cinci fire. De fiecare dată când un fir trece peste un scripete, frecarea în sistem crește în final, forța F_m fiind egală cu $F_r / 5$ plus pierderi.

În afară de frecare, cauza principală a pierderilor în cadrul acestui experiment o reprezintă greutatea muflei inferioare, care este ridicată și ea de forța F_m . În practică, această greutate este foarte mică în comparație cu sarcina F_r .

Astfel se poate scrie că:

$$\text{Avantajul mecanic } AM = \text{Sarcina } F_r / \text{Forța } F_m$$

Se va realiza un tabel, conform celui de pe pagina următoare și se vor nota valorile obținute în cadrul fiecărei încercări din cadrul experimentului 1. Raportul vitezelor pentru un sistem cu 5 fire ar trebui să fie tot 5. Se verifică astfel rezultatele obținute în cadrul experimentului 2.

Notă:

- Pot fi observate vitezele diferite de deplasare ale fiecărei mufle în timpul experimentelor.
- Randamentul se poate calcula cu formula:

$$\eta\% = \frac{AM}{RV} \cdot 100\%$$

Se va calcula randamentul η pentru fiecare sarcină F_r și se va nota în tabel.

Se va reprezintă grafic forța F_m , avantajul mecanic AM și randamentul η în funcție de sarcina F_r așa cum se arată mai jos. Curba randamentului ar trebui să atingă valoarea maximă atunci când sarcina F_r are valoarea de 10 N.

F_r [N]	F_m [N]	RV	AM = F_r / F_m	η %
2				
4				
6				
8				
10				

Test final

Pe baza considerațiilor teoretice rezultatelor experimentale, faceți un referat în care să tratați următoarele aspecte:

- Cum și de ce sunt influențate avantajul mecanic și randamentul mecanic de sarcină ?
- Ar crește avantajul mecanic, dacă s-ar folosi un palan cu 5 scripeți în partea superioară și cu 4 scripeți în cea inferioară?
- Dacă forța ideală de ridicare a sistemului ar fi $F_r / 5$, iar forța reală necesară este F_m , ce reprezintă sarcina $F_m - F_r / 5$?
- Faceți o descriere simplă despre cum ați aranja un palan pentru o aplicație practică, la alegerea dvs.