

STABILIREA FORMEI CUTITULUI INELAR UTILIZAT LA EXECUTARE UNOR LUCRARI SUBTERANE

Valentin Șoimușan, prof.univ.dr.ing., Facultatea de Utilaj Tehnologic,
Universitatea Tehnica de Constructii

ABSTRACT

The printed work studies the endurance and strength of circular rings that are being used for horizontal drilling. Based on the conclusions that were taken it's best advised to adopt the circular rings in advantage for the solutions.

1.INTRODUCERE

La forarea orizontala cu burghiu, datorita traversarii mai multor categorii de pamant, forarea are loc cu burghiul aflat in interiorul unui tub de protectie. Astfel ansamblul burghiu-tub devine organul de lucru al masinii de forat orizontal.

Pentru reducerea rezistentei întâmpinate de organul de lucru la patrunderea lui in pamant, tubul este prevazut cu un cutit inelar (fig.1).

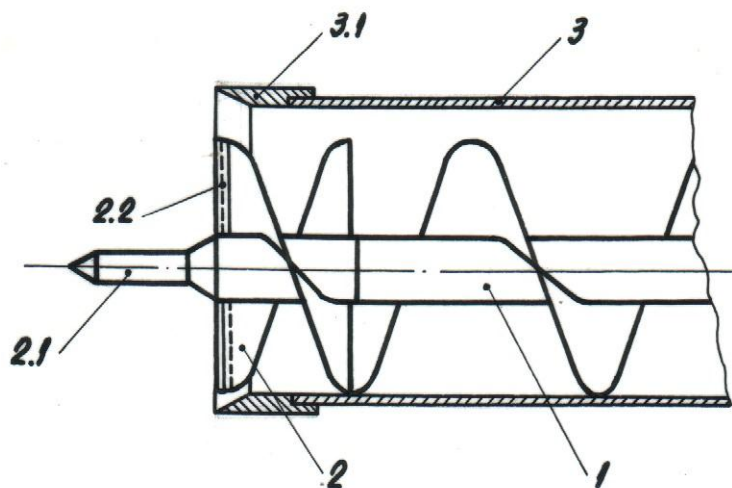


Fig. 1

La forajul orizontal pentru sutraversat cu tub de protectie, cand burghiul si tubul avanseaza impreuna, rezistenta totala R_t care apare la avans este :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (1)$$

unde: R_1 reprezinta rezistenta la patrunderea cutitului inelar, al tubului in pamant

R_2 – forta de frecare dintre tub si pamantul inconjurator;

R_3 – rezistenta la patrunderea capului de foraj in pamant;

R_4 – rezistenta datorata apasarii pamantului pe suprafata frontala a spirei capului de foraj.

Avand in vedere ca rezistenta la avans influenteaza in mod direct consumul de energie, trebuie acordata o atentie deosebita determinarii cat mai exacte a marimii acesteia.

Din relatia (1) se observa ca o influenta apreciabila asupra marimii rezistentei totale R_t o are si rezistenta la patrunderea cutitului inelar, R_1 .

Apare necesitatea studierii tipului de cutit inelar care la patrunderea in pamant sa intampine o rezitenta cat mai mica.

Din punct de vedere constructiv exista doua tipuri de cutite inelare: cutite ascutite la interior si cutite ascutite la exterior.

Lucrarea isi propune studierea marimii rezistentelor intampinate de cele doua tipuri de cutite si functie de rezultate sa recomande forma de cutit cea mai avantajoasa.

2. CUTITUL INELAR ASCUTIT LA INTERIOR

Pentru calculul rezistentei la patrunderea unui cutit inelar in pamant, se analizeaza lucrul unei portiuni elementare dintr-un astfel de cutit. La patrunderea unui arc elementar de cutit avand lungimea $r d\theta$ si grosimea dr , dispus la distanta r fata de axa longitudinala Ox a cutitului si la unghiul θ fata de axa verticala, actioneaza fortele elementare (fig.2):

dN_1 - forta normala de apasare exercitata de pamant pe suprafata exterioara a cutitului;

dN_2 - forta normala de apasare exercitata de pamant pe suprafata interioara a cutitului;

dF_{f1} si dF_{f2} - fortele de frecare dintre pamant si cele doua suprafete ale cutitului;

Rezistenta datorata invingerii fortei de inertie a pamantului dislocat se neglijeaza, deoarece marimea ei este foarte mica comparativ cu celelalte forte.

Aceste forte sunt date de relatiile:

$$dN_1 = \frac{D_e}{2} p \cdot d\theta \cdot dh \quad (2)$$

$$dF_{f1} = \mu \cdot dN_1 = tg \varphi_1 \cdot dN_1 \quad (3)$$

$$dN_2 = p_{op} r dr \quad (4)$$

$$dF_{f2} = \mu \cdot dN_2 = tg \varphi_1 \cdot dN_2 \quad (5)$$

unde:

D_e reprezinta diametrul exterior al cutitului;

p - presiunea exercitata de pamant asupra suprafetei exterioare a cutitului;

$d\theta$ - unghiul la centru format de arcul elementar de cutit;

dh - adancimea elementara de patrundere a cutitului (avansul elementar);

μ_1 - coeficientul de frecare dintre cutit si pamant;

φ_1 - unghiul de frecare dintre cutit si pamant;

p_{op} - presiunea pasiva a pamantului.

Presiunile sunt date de :

$$p = p_v \cos^2 \theta + p_o \sin^2 \theta \quad (6)$$

$$p_{op} = p_v \cdot tg^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (7)$$

in care:

p_v reprezinta presiunea verticala exercitata de pamant;

p_o - presiunea orizontala exercitata de pamant;

θ - unghiul format de cutitul elementar cu axa verticala a sectiunii;

φ - unghiul de frecare interioara intre particulele de pamant.

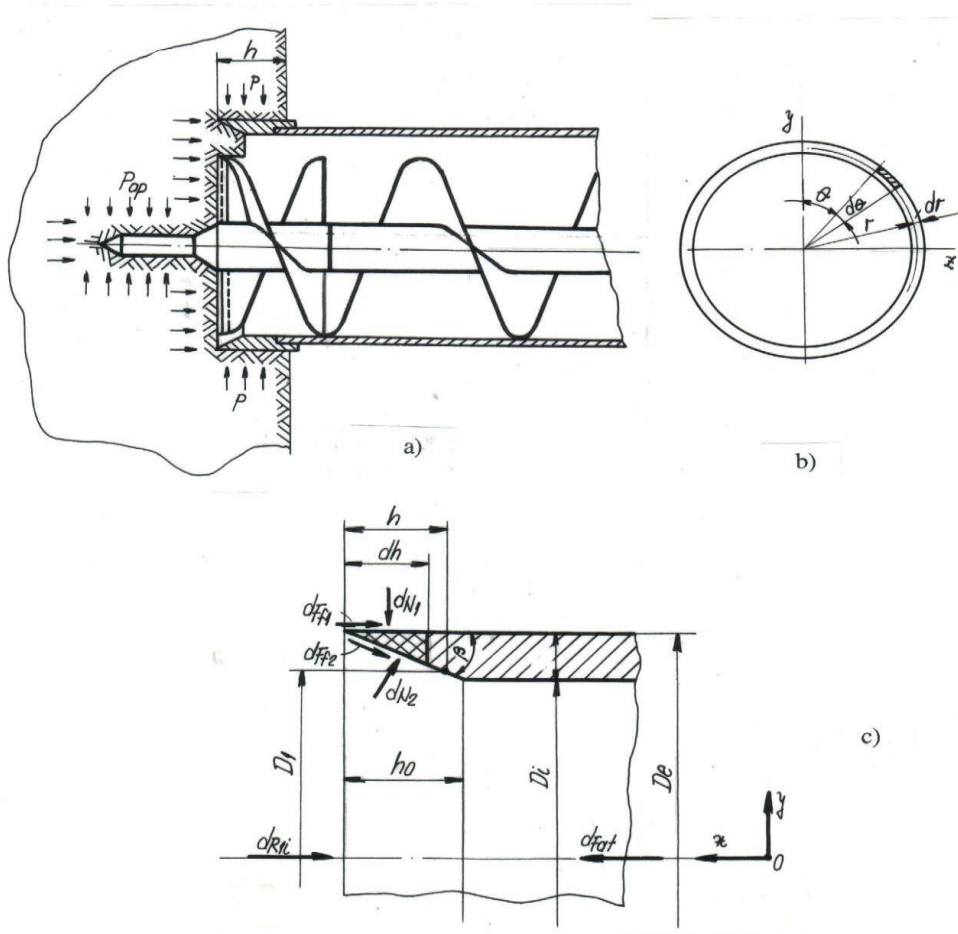


Fig. 2

Proiectand pe axa Ox fortele ce actioneaza asupra arcului de cutit elementar (fig.2c) rezulta marimea fortei elementare.

$$dR_{li} = dF_{at} = dF_{f1} + dF_{f2} \cos \beta + dN_2 \sin \beta \quad (8)$$

unde:

dF_{at} reprezinta forta elementara de avans;

β - unghiul de ascutire acutitului.

Avand in vedere relatiile(2), (3), (4) si (5), efectuand transformarile trigonometrice necesare si tinand cont de limitele de integrare, dupa efectuarea calculului matematic rezulta expresia rezistentei R_{li} , opusa de pamant la patrunderea cutitului inelar ascutit la interior.

$$R_{li} = \pi \cdot D_e h \frac{P_v + P_o}{2} \mu_1 + \pi \cdot p_{op} h \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot D_m \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \quad (9)$$

unde:

$$D_m = D_e - h_o \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (10)$$

Relatia (9) este valabila pentru o adancime de patrundere a cutitului $h \leq h_o$, situatie existenta la forajul orizontal in cazul in care cutitele burghiului sunt la acelasi nivel cu cutitul inelar si avanseaza impreuna.

Considerand ca in timpul lucrului cutitul inelar patrunde in permanenta la adancimea maxima $h = h_o$ si ca diametrul mediu este aproximativ egal cu diametrul exterior ($D_m \approx D_e$) relatia (9) devine:

$$R_{li} = \pi D_e \delta \left[\frac{p_v + p_o}{2} \mu_1 \text{ctg} \beta + p_{op} \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (11)$$

unde: $\delta = h_o \text{tg} \beta$ (12)

Relatia (11) este acoperitoare fata de relatia (9) deoarece $D_e > D_m$.

Notand:

$$k_p = \frac{p_v + p_o}{2} \mu_1 \text{ctg} \beta + p_{op} \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \quad (13)$$

se obtine o relatie de calcul mai simpla usor de utilizat in practica.

$$R_{li} = \pi \cdot D_e \cdot \delta \cdot k_p \quad (14)$$

Coefficientul k_p reprezinta rezistenta specifica la patrunderea cutitului in pamant. Marimea rezistentei specifica la patrundere depinde de proprietatile fizico- mecanice ale pamantului si de unghiul de ascutire al cutitului si se determina experimental.

3. CUTITUL INELAR ASCUTIT LA EXTERIOR

Si in acest caz, rezistenta la patrunderea unui cutit inelar in pamant, se determina plecand de la analiza lucrului unei portiuni elementare dintr-un cutit inelar ascutit la exterior.

La patrunderea unui arc elementar de cutit avand lungimea $rd\theta$ si grosimea dr , dispus la distanta r fata de axa longitudinala Ox a cutitului si la unghiul θ fata de axa verticala, actioneaza fortele elementare: dN_1 si dN_2 - forta normala de apasare a pamantului pe suprafata exterioara respectiv interioara a cutitului - si dF_{f1} si dF_{f2} - fortele de frecare dintre cutit si cele doua suprafete ale cutitului (fig.3).

Proiectand aceste forte pe axa Ox a cutitului se obtine rezistenta elementara:

$$dR_{le} = dF_{at} = dF_{f2} + dF_{f1} \cos \beta + dN_1 \sin \beta \quad (15)$$

unde fortele elementare sunt date de relatiile (2), (3), (4) si (5) si au aceeasi semnificatie ca in cazul precedent.

Inlocuind fortele elementare cu valorile lor, efectuand transformările trigonometrice necesare si tinand cont de limitele de integrare, dupa efectuarea calculelor matematice rezulta expresia rezistentei R_{le} , opusa de pamant la patrunderea cutitului inelar ascutit la exterior:

$$R_{le} = \pi \cdot D_i h \mu_1 p^* + \pi \cdot h \cdot \text{tg} \beta \cdot D_m \left(p_{op} + \frac{p_v + p_o}{2} \text{ctg} \beta \right) \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \quad (16)$$

unde:

$$D_m = D_i + h_o \text{tg} \beta \quad (17)$$

p^* reprezinta presiunea exercitata de pamant pe suprafata interioara a cutitului.

Celelalte notatii au semnificatia cunoscuta.

Valorile presiunii interioare p^* difera functie de natura pamantului (coeziv sau necoeziv).

Marimea acestei presiuni este dificil de apreciat, cu atat mai mult cu cat in literatura de specialitate nu exista nimic in acest sens, motiv pentru care valoarea presiunii p^* se determina experimental.

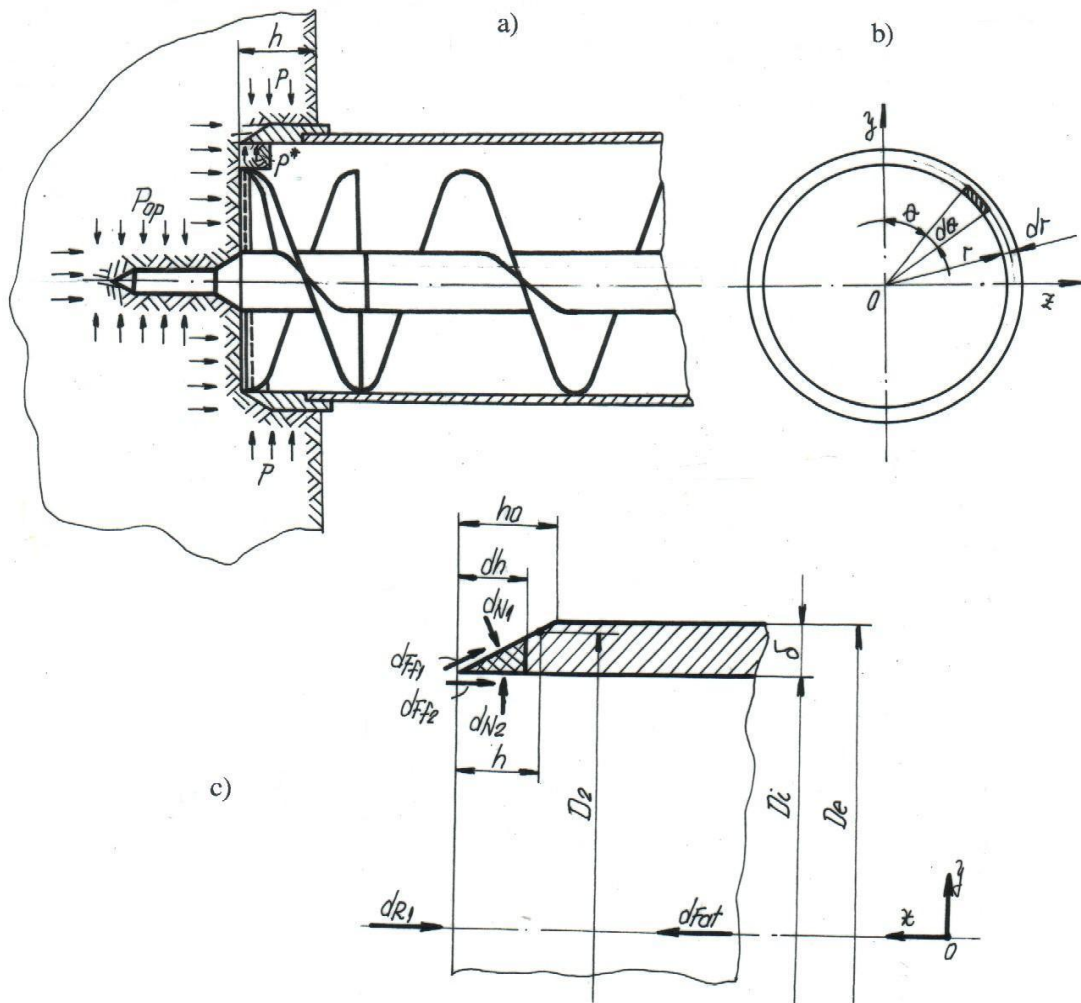


Fig. 3

Relatia (16) este valabila pentru o adancime de patrundere a cutitului $h \leq h_o$, situatie existenta la forajul orizontal in cazul in care cutitele burghiului sunt la acelasi nivel cu cutitul inelar si avanseaza impreuna.

Considerand ca in timpul lucrului cutitul inelar patrunde in permanenta la adancimea maxima $h = h_o$ si ca diametrul mediu este aproximativ egal cu diametrul interior ($D_m \approx D_i$) relatia (16) devine:

$$R_{1e} = \pi \cdot D_m \delta \left[p^* \mu_1 \text{ctg} \beta + \left(p_{op} + \frac{p_v + p_o}{2} \text{ctg} \beta \right) \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (18)$$

unde: $\delta = h_o \text{tg} \beta$

Aproximarea facuta conduce la un calcul acoperitor deoarece $D_m > D_i$.

Notand:

$$k'_p = p^* \mu_1 \text{ctg} \beta + \left(p_{op} + \frac{p_v + p_o}{2} \text{ctg} \beta \right) \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \quad (19)$$

relatia de calcul a rezistentei la patrunderea cutitului devine mai simpla si mai usor de aplicat in practica:

$$R_{1e} = \pi \cdot D_m \delta \cdot k'_p \quad (20)$$

Coefficientul k'_p reprezinta rezistenta specifica la patrunderea cutitului ascutit la exterior, in pamant. Marimea rezistentei specifica la patrundere k'_p depinde de proprietatile fizico- mecanice ale

pământului și de unghiul de ascuțire al cutitului și se determină experimental. De remarcat că valoarea rezistenței specifice pentru cele două tipuri de cutite este diferită ($k_p \neq k'_p$).

4. COMPARATIE INTRE REZISTENȚELE LA PATRUNDERE CARE APAR LA CELE DOUA CUTITE

Analiza relațiilor de calcul a rezistențelor la patrundere, pentru cele două tipuri de cutite – relația (12) pentru cutitul inelar ascuțit la interior, respectiv relația (18) pentru cutitul inelar ascuțit la exterior – arată că valorile obținute sunt diferite.

Pentru o mai ușoară comparație între cele două relații, relația (18) se scrie în altă formă:

$$R_{1e} = \pi \cdot D_m \delta \left[\frac{P_v + P_o}{2} \operatorname{ctg} \beta \cdot \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} + p_{op} \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \right] + \pi \cdot D_m \delta \cdot p^* \mu_1 \cdot \operatorname{ctg} \beta \quad (21)$$

sau:

$$R_{1e} = R_{1e}^* + \pi \cdot D_m \delta \cdot p^* \mu_1 \cdot \operatorname{ctg} \beta \quad (22)$$

unde:

$$R_{1e}^* = \pi \cdot D_m \delta \left(\frac{P_v + P_o}{z} \operatorname{ctg} \beta + p_{op} \right) \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \quad (23)$$

Notând:

$$A = \frac{P_v + P_o}{2} \mu_1 \operatorname{ctg} \beta = \frac{P_v + P_o}{2} \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \beta \quad (24)$$

$$B = \frac{P_v + P_o}{2} \operatorname{ctg} \beta \cdot \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \quad (25)$$

relațiile (12) și (18) devin:

$$R_{1i} = \pi \cdot D_e \delta \left[A + p_{op} \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (26)$$

$$R_{1e}^* = \pi \cdot D_m \delta \left[B + p_{op} \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (27)$$

Pentru compararea celor două relații calculăm rapoartele D_e / D_m și A / B .

$$\frac{D_e}{D_m} = \frac{D_m + \delta}{D_m} = 1 + \frac{\delta}{D_m} \quad (28)$$

Cum grosimea cutitului δ este mult mai mică decât diametrul mediu D_m , raportul δ / D_m se poate neglija ($\delta / D_m \approx 0$). Rezultă că $D_e \approx D_m$.

Calculând raportul A / B se obține:

$$\frac{A}{B} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin(\varphi_1 + \beta)} < 1 \quad (29)$$

Din relația (29) rezultă că $B > A$ și în consecință $R_{1e}^* > R_{1i}$.

Cum $R_{1e} = R_{1e}^* + \pi \cdot D_m \delta \cdot p^* \mu_1 \cdot \operatorname{ctg} \beta$, cu atât mai mult

$$R_{1e} > R_{1i} \quad (30)$$

Relația (31) demonstrează că *rezistența intampinată la patrunderea cutitelor ascuțite la exterior este mai mare decât rezistența intampinată la patrundere în pământ, a cutitelor ascuțite la interior.*

5. CONCLUZII

Studiul facut demonstreza ca utilizarea cutitelor inelare ascutite la interior constituie o cale de reducere a rezistentelor ce apar la introducerea tubului in pamant. Aceasta reprezinta un motiv justificat pentru a ***recomanda dotarea masinilor de forat orizontal cu un cutit inelar ascutit la interior***. Utilizarea unui astfel de cutit contribuie la reducerea rezistentei totale la forare si in consecinta la reducerea consumului energetic al masinii de forat.

De retinut ca exista situatii in care pot fi utilizate si cutitele inelare ascutite la exterior. Astfel, la forarea in pamanturi de categorie inferioara pot fi utilizate cutite inelare ascutite la exterior in scopul compactarii pamantului in jurul tubului. Desigur, utilizarea unui cutit ascutit la exterior conduce la cresterea rezistentei la forare si ca urmare la cresterea cosumului de energie.

BIBLIOGRAFIE

[1] Valentin Șoimușan. Forare orizontala cu burghiu. Baze teoretice. Editura CONSPRESS. București. 1998