

METODA DE CALCUL A PARAMETRILOR REGIMULUI DE LUCRU LA INSTALATIILE DE FORAT GALERII ORIZONTALE IN ROCI DURE

CALCULATING METHOD OF THE WORKING REGIM PARAMETERS AT THE DRILLING UNITS FOR HORIZONTAL GALLERIES IN HARD ROCKS

Ș. I. dr.ing. Petre SAVULESCU

Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, Romania
e-mail: petresavulescu@upg-ploiesti.ro

Rezumat: În această lucrare se prezintă o metodă de calcul a parametrilor de lucru a instalațiilor de forat galeriilor orizontale. Realizarea galeriei se obține folosind un cap tăietor pe care sunt dispuse într-o anumită succesiune rolele tăietoare. După prezentarea mecanismului de dislocare a rocii se calculează parametrii regimului de lucru. Determinarea momentului de torsiune și a forței de apăsare la capului tăietor se realizează în funcție de dimensiunile amprentei rolei tăietoare pe suprafața de lucru.

Cuvinte cheie: instalații de forat, galerii orizontale

Abstract: This paper presents a calculating method for the working parameters of the drilling units for horizontal galleries. The accomplishment of the gallery is obtained using a cutting head on which are disposed the cutting roles in a special succession. After the presentation mechanism for the dislocating the rock calculate be the parameters of the working regim. The torsion moment establish and the pressing force at the cutting head is achieved as a of dimension stamp the cutting role on the working surface.

Keywords: drilling units; horizontal galleries.

1. INTRODUCERE

Pentru accesul direct la unele resurse minerale sau realizarea unor amenajări hidrotehnice sunt necesare realizarea unor galerii de diametre mari. Aceste galerii orizontale,

forate de regulă în secțiune plină, se obțin folosind instalații de forat galerii orizontale (IFGO). Aceste instalații au fost proiectate pentru a foră în roci tari și foarte tari. Ele pot fi folosite și la săparea în roci mai puțin dure sau moi prin schimbarea dispozitivelor de dislocare a rocii fixate pe capul tăietor. O astfel de instalație este prezentată simplificat în figura 1.

2. MECANISMUL DE DISLOCARE A ROCILOR ȘI STABILIREA VARIANTEI CONSTRUCTIVE A SCULEI TĂIETOARE

Tipul rocilor traversate de IFGO este diferit de valoarea rezistenței la compresiune $\sigma_c = 50 \div 250 \text{ MN/m}^2$ și de modul de consolidare a straturilor (consolidate sau nu). Comportarea rocilor în procesul de dislocare, la interacțiunea rolă-rocă este foarte diferențiată. Rocile se comportă atât fragil cât și plastic. Nici o categorie de rocă nu se comportă numai fragil sau numai plastic, fiind supusă unei serii de factorii cum ar fi: operaționali (de solicitare, viteza de aplicare a forței de dislocare); intrinseci (natura, structura, textura, gradul de finisare, etc.); de mediu (temperatura, umiditatea, fenomene de alterare a rocii, etc). Ținând cont de acești factori, trebuie căutat atât modul optim de dislocare a rocii, deci implicit forma sculei tăietoare cât și sistemul de evacuare a materialului dislocat în condițiile unei eficiențe energetice și productivității ridicate. Pentru un anumit tip de rolă se aplică un anumit procedeu de dislocare. Modul de dislocare cel mai eficient ar fi cel prin smulgerea rocii, dar este imposibil de aplicat din punct de vedere tehnic.

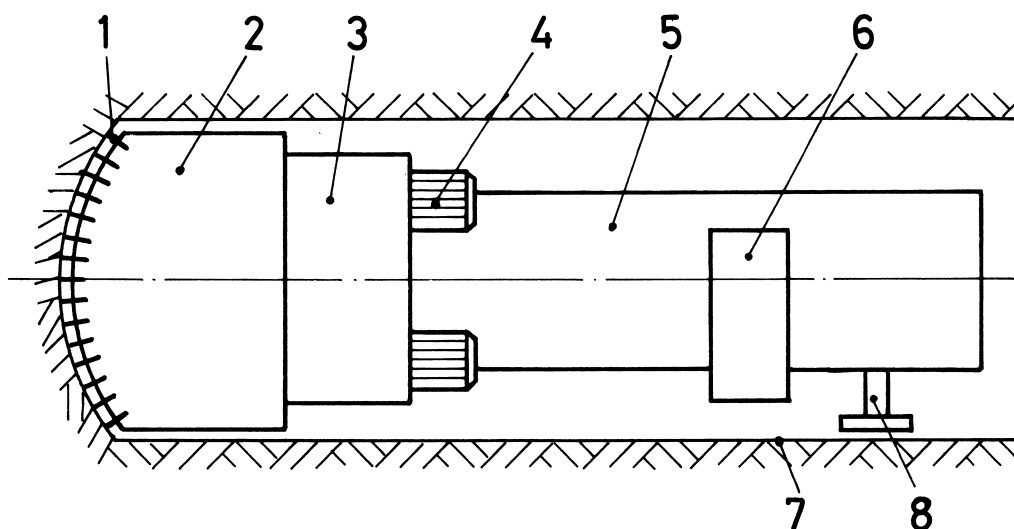


Fig.1. Instalație de forat galerii orizontale IFGO-32:

1 – rolă tăietoare; 2 – capul tăietor cu role disc; 3 – mecanismul de antrenare; 4 – motor electric; 5 – grindă principală; 6 – sistem de fixare în galerie; 7 – galeria; 8 – sistem de sprijin.

De obicei, dislocarea se face cu o sculă care pătrunde în rocă care se comportă ca în figura 2,[1], în care:

Metoda de calcul a parametrilor regimului de lucru la instalatiile de forat galerii horizontale in roci dure

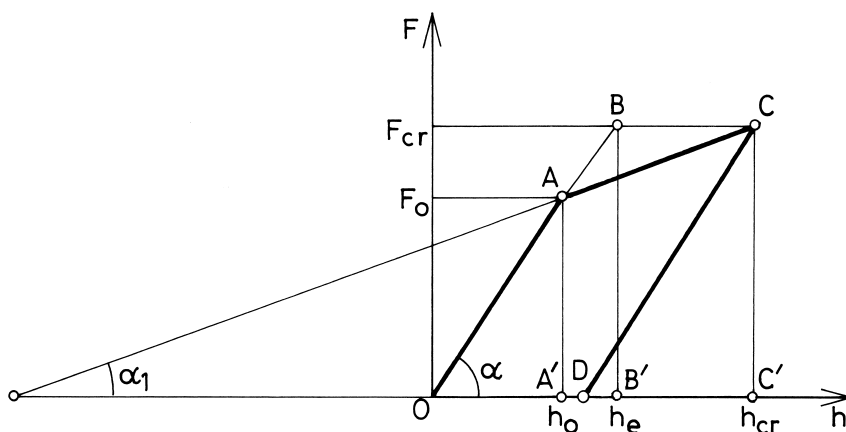


Fig.2. Diagrama de dislocare a rocii (forță în funcție de adâncimea de pătrundere)

- F_{cr} este forța critică de dislocare ;
- F_0 – forța corespunzătoare limitei de elasticitate;
- h_{cr} – adâncimea critică de pătrundere a penetratorului;
- h_e – adâncimea de pătrundere corespunzătoare deformațiilor elastice totale;
- h_0 – adâncimea de pătrundere a penetratorului corespunzătoare limitei de curgere a rocii;
- α – unghiul ce caracterizează deformațiile elastice;
- α_1 – unghiul ce caracterizează deformațiile plastice.

Penetratorul în cazul IFGO pentru roci dure este un disc cu o anumită geometrie care se rostogolește pătrunzând în rocă producând dislocarea acesteia după modelul prezentat în figura 3.

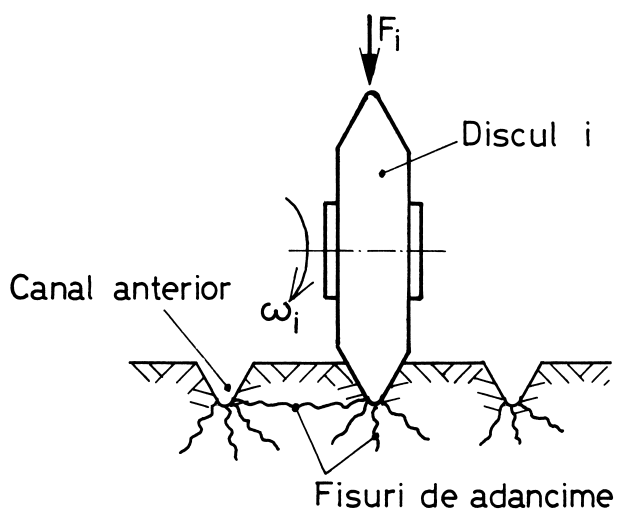


Fig.3. Modul de dislocare a rocii

Discul este ca o rolă alergătoare pe frontul de rocă și se rotește liber pe un ax fixat pe capul tăietor al instalației (figura 4). Deoarece la instalațiile de foraj în general se folosesc normele API se vor prezenta dimensiunile în inch și în mm.

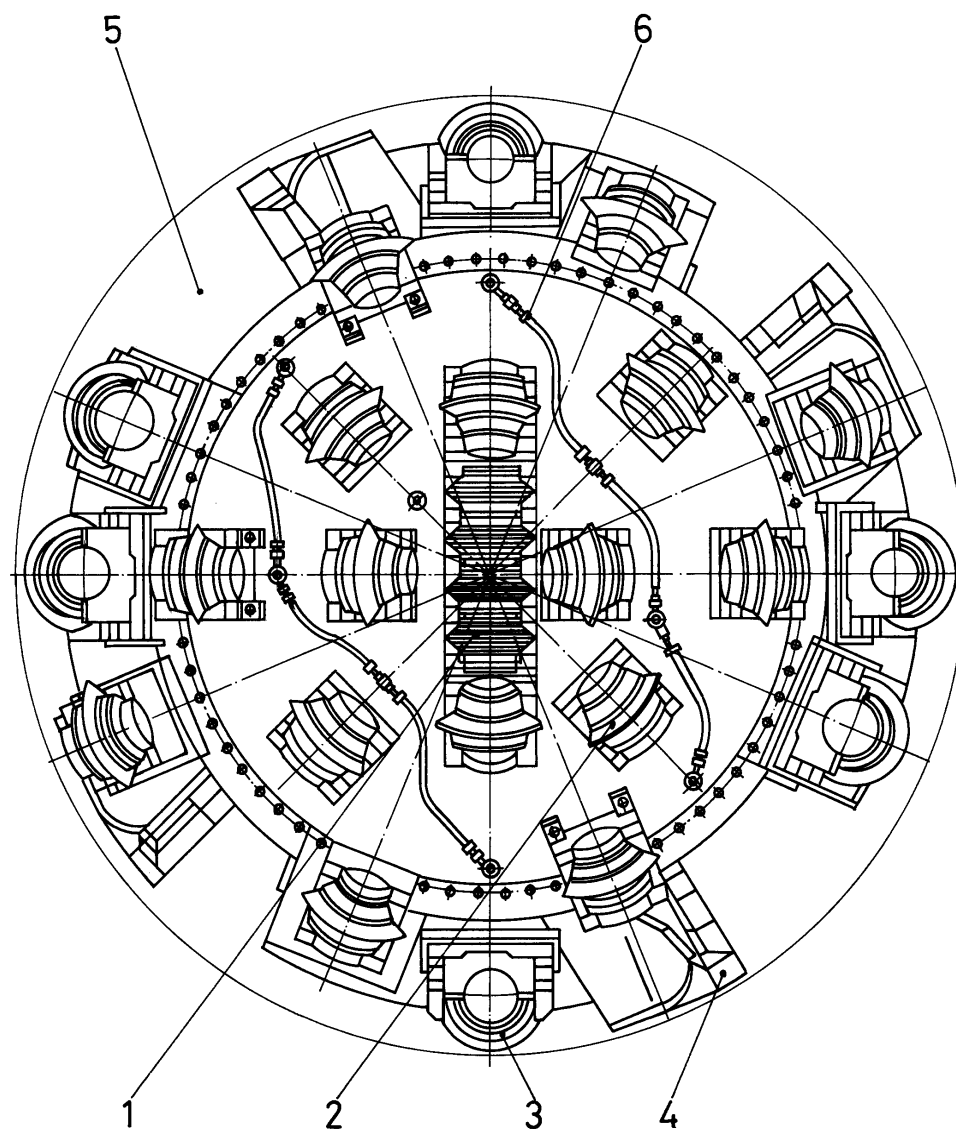


Fig.4 Schema de amplasare a discurilor pe capul tăietor la IFGO-32:

1 – disc central(15" = 381mm); 2 – disc intermediar(17" = 431,8mm); 3 – disc periferic(17" = 431,8mm); 4 – cupe pentru transferul rocii sfărâmate; 5 – spațiu de acces la frontul de lucru; 6 – sistem de amestecare a frontului.

Metoda de calcul a parametrilor regimului de lucru la instalatiile de forat galerii orizontale in roci dure

Dislocarea are loc de-a lungul unor fisuri provocate de pătrunderea discului în rocă, fisuri formate de-a lungul unor plane în care acționează eforturi de forfecare și de întindere.

Viteza de pătrundere în rocă (de despicare) trebuie să fie suficient de mare pentru ca fragmentarea să se facă preponderent fragil.

3. DETERMINAREA PARAMETRILOR DE LUCRU AI IFGO

Schema de calcul pentru determinarea parametrilor de lucru apăsare pe capul tăietor și momentul de torsiune al acestuia este prezentată în figura 5.

Se observă că proiecția în plan a urmei de pătrundere a discului în rocă este o elipsă.

Semiaxa mare a elipsei "a" se calculează astfel.

$$a = \sqrt{\left(\frac{D_r}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_r}{2} - h\right)^2} \quad (1)$$

unde:

D_r este diametrul discului tăietor;

h – adâncimea de pătrundere în rocă;

φ - este unghiul de acțiune al reacțiunii R dintre rocă și disc

$$\text{iar } \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{a}{3\left(\frac{D_r}{2}\right) - h} \quad (2)$$

Forța de apăsare pe disc se calculează la limită cu relația:

$$F_s = \pi ab \sigma_c = F_d \cdot D_r, \quad (3)$$

unde F_d este forța de apăsare admisibilă pe capul tăietor pe unitatea de diametru,

$$F_d = 10 \text{ kN / inch} = 3,93 \text{ kN / cm}.$$

Componenta orizontală H a reacțiunii va fi:

$$H = V \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = F_s \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = F_d \cdot D_r \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (4)$$

Momentul total la capul tăietor va fi dat de suma momentelor rezistente ale tuturor discurilor:

$$M = \sum_{i=1}^n H_i \cdot d_i = H \cdot \sum_{i=1}^n d_i \cong n \cdot H \cdot \frac{D}{4} = n \cdot F_s \cdot \frac{D}{4} \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = n \cdot F_d \cdot D_r \cdot \frac{D}{4} \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \quad (5)$$

unde D este diametrul galeriei săpate iar n numărul de discuri amplasate pe capul tăietor.

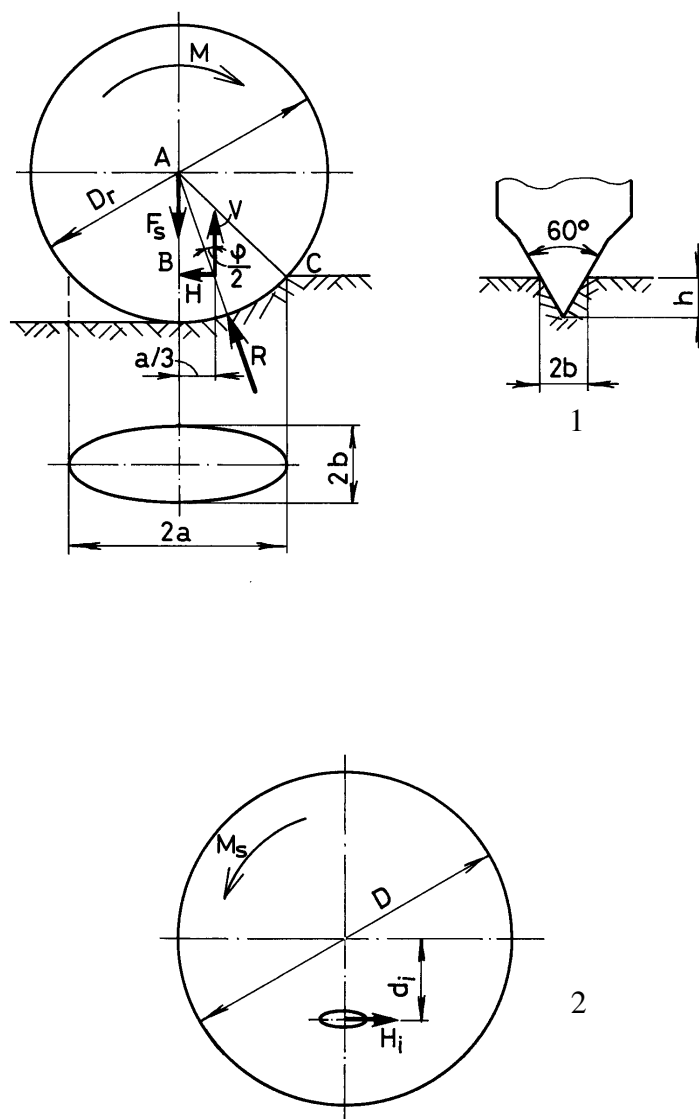


Fig.5. Schema de calcul a parametrilor de lucru:
 1 – pătrunderea discului tăietor în rocă;
 2 – determinarea momentului de torsiune.

În calculul lui M s-a considerat că discurile sunt egale între ele și egal încărcate, iar distanța " d_i " este depărtarea unui disc montat în poziție mijlocie.

Forma și geometria discului tăietor are implicații asupra legăturilor a - b și r - h (vezi figura 6).

Metoda de calcul a parametrilor regimului de lucru la instalațiile de forat galerii orizontale în roci dure

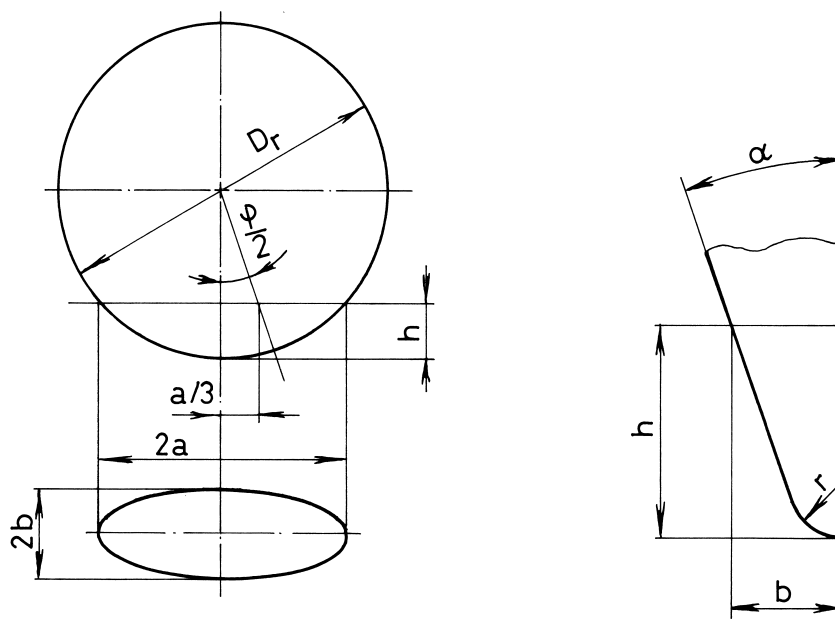


Fig. 6. Schema de calcul pentru stabilirea legăturilor a-b și r-h

$$b = r \cdot \cos \alpha + [h - (r - r \sin \alpha)] \cdot \operatorname{tg} \alpha = h \cdot \operatorname{tg} \alpha + r(\cos \alpha + \sin \alpha - 1) \quad (6)$$

Introducând relațiile (1) și (6) în relația (5) se obține:

$$\begin{aligned} M &= \frac{\pi}{16} \cdot n \cdot \sigma_c \cdot D \sqrt{D_r^2 - (D_r - 2h)^2} \cdot [h \operatorname{tg} \alpha + r(\cos \alpha + \sin \alpha - 1)] \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \\ &= \frac{\pi n}{16} \cdot \sigma_c \cdot D \frac{[D_r^2 - (D_r - 2h)^2]}{6(D_r - 2h)} [h \operatorname{tg} \alpha + r(\cos \alpha + \sin \alpha - 1)] \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{în care } F_d = \frac{\pi \cdot ab \sigma_c}{D_r} = \frac{\sqrt{D_r^2 - (D_r - 2h)^2}}{6(D_r - 2h)}.$$

Situația prezentă mai sus este valabilă pentru cazul când discurile tăietoare sunt noi. Discurile se consideră tocite când s-au uzat 1/2 inch (12,7 mm) pe rază (figura 7).

În această situație trebuie determinată raza r_1 . Se pot scrie următoarele relații:

$$\begin{aligned} x &= l + r - r_1 \\ \sin \alpha &= \frac{r_1 - r}{l} \end{aligned} \quad (8)$$

Din relațiile (8) se obține:

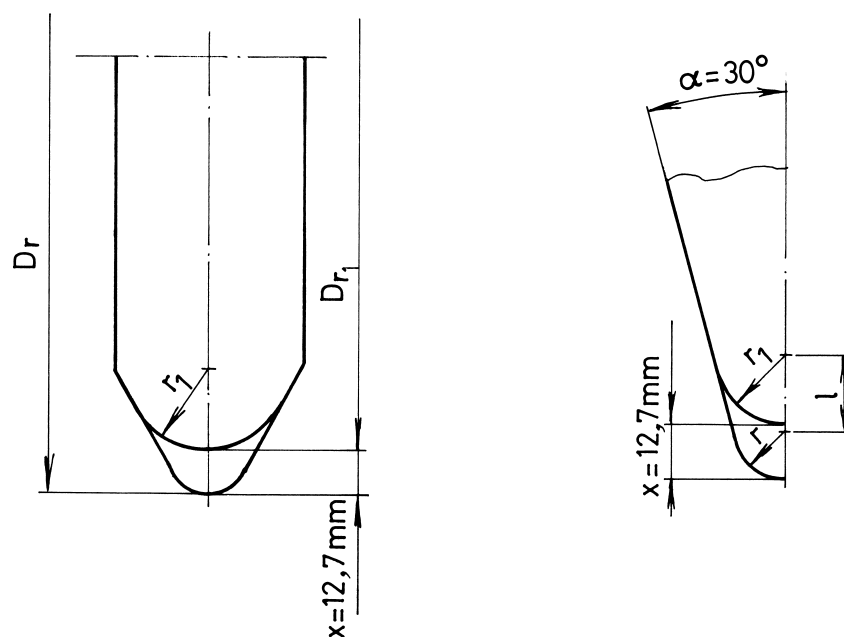


Fig.7. Geometria discurilor tăietoare tocite

$$r_1 = \frac{x \cdot \sin\alpha + r(1 - \sin\alpha)}{1 - \sin\alpha} \quad (9)$$

4. APLICAȚIE NUMERICĂ

Aplicația se va efectua pentru o instalație de tipul IFGO-32 la care se cunosc următoarele elemente: $D_r = 17'' = 431,8 \text{ mm}$; $D = 3,225 \text{ m}$; $n = 24$; $r = 2 \text{ mm}$; $\alpha = 60^\circ$; $h = 25 \text{ mm}$, [4].

Rezultă următoarele elemente: $a = 100 \text{ mm}$; $\frac{\varphi}{2} = 9^\circ 57' 2''$;

Se consideră că se forează în roci dure cu $\sigma_c = 210 \text{ MN/m}^2$ și atunci rezultă momentul la capul tăietor $M = 228,8 \text{ kN} \cdot \text{m}$.

În acest caz momentul dezvoltat are o valoare mai mică, Trebuie calculată această valoare și în cazul discurilor tocite. În formulele de calcul trebuie introdusă valoarea efectivă a lui h când capul tăietor este apăsat cu forța maximă din cilindri hidraulici de propulsie.

Forța de apăsare pe un disc va fi:

$$F_s = \frac{F_p}{n} = \frac{4700}{24} = 195,8 \text{ kN} ,$$

unde F_p este forța de propulsie, $F_p = 4700 \text{ kN}$.

Din relația (3) rezultă:

Metoda de calcul a parametrilor regimului de lucru la instalațiile de forat galerii orizontale în roci dure

$$F_s = \pi ab \sigma_c = \frac{\pi}{4} \sqrt{D_r^2 - (D_r - 2h)^2} [\text{htg}\alpha + r(\cos\alpha + \sin\alpha - 1)] \cdot \sigma_c$$

Prin înlocuirea valorilor numerice în această ultimă expresie se obține o ecuație de gradul patru în h ;

$$h^4 - 42,56h^3 - 10,88h^2 + 0,691h + 105,73 = 0$$

Această ecuație are o singură rădăcină reală, $h = 1,29 \text{ cm} = 12,9 \text{ mm}$.

În cazul discurilor tocite se calculează cu relația (9) raza $r_1 = 14,7 \text{ mm}$.

Cu aceasta valoare a lui r_1 se calculează valoarea lui h din următoarea ecuație de gradul patru:

$$h^4 - 37,27h^3 - 74,61h^2 + 35,17h + 105,73 = 0$$

Ecuația are o singură soluție reală, $h = 1,123 \text{ cm} = 11,23 \text{ mm}$.

În acest caz momentul la capul tăietor va fi $M = 291,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$, valoare care este substanțial mai mare decât în cazul discurilor tăietoare noi.

5. CONCLUZII

Instalațiile sunt astfel concepute încât să poată înainta autonom, orientat, prin pilotare normală conform unui program în care sunt corelate anumite condiții de teren, cu vitezele de înaintare, cu posibilitățile de evacuare a rocii dislocate pe galerie și cu ritmul de executare a consolidării galeriei.

Sistemul de evacuare a rocii dislocate din galerie constituie un sistem aparte, dependent însă, de instalația propriu – zisă, fiind tratat de aceasta pe măsură ce înaintează în front.

În urma studiului efectuat a rezultat câteva concluzii mai importante:

- valoarea momentului în cazul discurilor tocite crește cu 27% față de situația discurilor noi;
- pătrunderea discurilor în rocă nu este influențată mult de tocirea acestora;
- calculul a fost efectuat pentru roci dure, iar pentru alte tipuri de roci se poate reface cu ușurință;
- calculul stabilește prin parametrul "h" un element de legătură între momentul la capul tăietor și forța de apăsare pe front.

Metodologia de calcul prezentată dă o imagine asupra parametrilor de lucru ai instalației.

Calculul este aproximativ deoarece nu s-a ținut cont de faptul că discurile au o anumită dispunere pe capul tăietor, nu sunt apăstate uniform și unghiul de atac față de frontul de lucru este diferit.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **D. Tocan**, *Dislocarea rocilor prin forare*, Institutul de Petrol și Gaze, Ploiești, 1982.
- [2] **I. Costin**, *Utilaj petrolier - Elemente de calcul*, Editura tehnică, București, 1986.
- [3] **P. Săvulescu, I. Pană**, *Aspecte ale dinamicii instalațiilor de forat galerii orizontale*, în lucrările sesiunii de comunicări științifice ale Universității "Aurel Vlaicu" din Arad, ediția a-IV-a, 30-31 octombrie, 1997, vol. VII Mecanică, ISBN 973-983 65-0-x.
- [4]** *Documentație IFGO-32*, I.P.C.U.P., Ploiești.