

D. TEMELJKOVSKI, D. VUKIĆEVIĆ,  
P. POPOVIĆ

# Prilog istraživanju triboloških svojstava obloga dodatne sigurnosne kočnice na mehaničkim krivajnim presama

ISTRAŽIVANJA

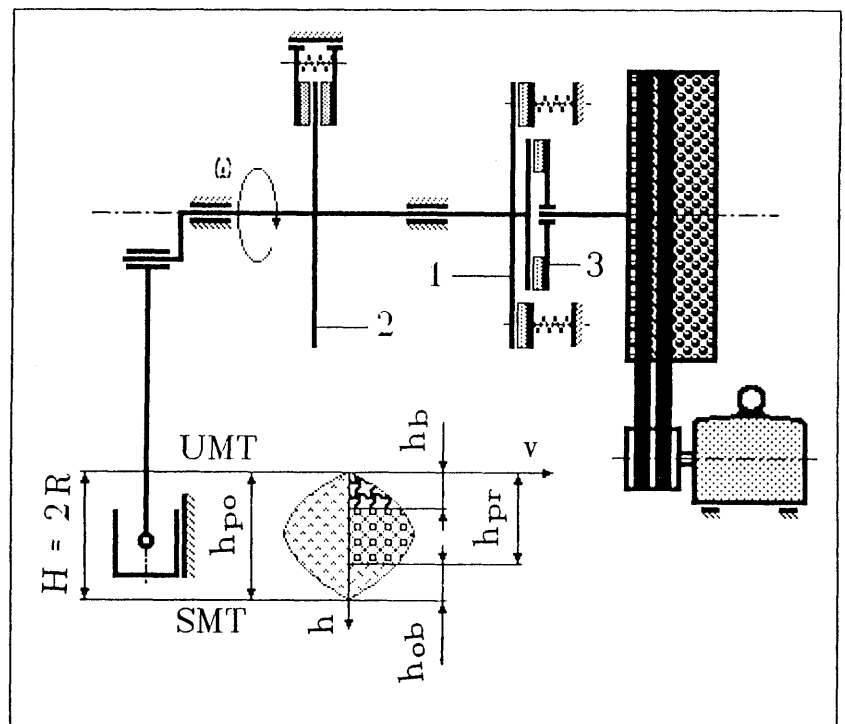
## 1. UVOD

Poznato je da se od pojave mehaničkih krivajnih presa, nameće problem zaštite opslužioca ovih mašina od povrede, jer po svom konceptijskom rešenju predstavljaju stalni izvor opasnosti pri manipulaciji obradkom od strane radnika u njenom radnom prostoru. Ovo je naročito izraženo u pojedinačnom režimu rada, kada dođe do pojave tzv. "duplog radnog ciklusa", koji predstavlja nenajavljeno iznenađenje za rukovaoca mašinom. Pojava duplog radnog ciklusa je neočekivana i iznenađujuća, jer su mnogobrojni uzročnici koji do njega dovode i najčešće se ne mogu predvideti.

Kao posledica težnje rešavanju ovog problema, ostvareni su različiti zaštitni sistemi, kao što su: zaštitni kavez, foto ćelije, itd., odnosno zaštitni sistemi koji ogradaju radni prostor prese u periodu odvijanja tehnološkog procesa, kako se ruke opslužioca u tom periodu ne bi mogle naći u njemu. Međutim, osnovni nedostatak ovakvih zaštitnih sistema je zamaranje radnika i smanjenje broja radnih ciklusa u jedinici vremena.

Savremeno konceptijsko rešenje zaštitnog sistema, prikazano na slici 2., koje otklanja pomenute nedostatke, predstavlja pogonski mehanizam ovih mašina sa dve frikcionne kočnice, i to:

- ▶ jednom glavnom i
- ▶ drugom dodatnom, odnosno sigurnosnom kočnicom.



Slika 1. Pogonski sistem sa dve kočnice: 1 - glavna; 2 - pomoćna i 3 - spojnica  
Power drive system with two brakes: 1 - main, 2 - auxiliary, 3 - clutch  
Двухтормозная система привода:

1-главный тормоз; 2- вспомогательный; 3-сцепление

Doc. dr Dragan Temeljovski, dipl. ing.  
Prof. dr Dušanka Vukićević, dipl. ing.  
Prof. dr Predrag Popović, dipl. ing.  
Mašinski fakultet u Nišu.

Uloga glavne kočnice je da se posle svakog obavljenog radnog ciklusa izvršnog dela prese (u pojedinačnom režimu rada prese), isti zaustavi i drži u početnom položaju - unutrašnja mrtva tačka (UMT) - sve do davanja komande od strane opslužioca za početak izvršenja sledećeg radnog ciklusa.

Osnovne funkcije, pak, dodatne (sigurnosne) kočnice su:

- da u slučaju otkazivanja dejstva, iz bilo kojih razloga, glavne kočnice, stupi u dejstvo i spreči pojavu "duplog hoda" izvršnog dela prese i
- da spreči aktiviranje prese sve dok se glavna kočnica ne dovede u ispravno stanje.

## 2. IZBOR DODATNE KOČNICE

Radi razmatranja problema izbora dodatne kočnice, na slici 2. pod a. prikazan je prost mehanizam krivajne, na kome su označeni:

► karakteristični položaji tačke A

- $A_0$  - početni položaj,
- $A_1$  - položaj koji odgovara momentu početka dejstva glavne kočnice,
- $A_2$  - početak dejstva dodatne kočnice,
- $A_3$  - položaj graničnika - davača - koji isključuje mogućnost aktiviranja prese ako glavna kočnica ne funkcioniše,

$A_b$  - krajnji dozvoljeni položaj pritiskivača u odnosu na početni sa stanovišta bezbednosti opslužioca i

$A_4$  - odgovara momentu zaustavljanja kinematičkog dela pogonskog mehanizma sa izvršnim delom, kada je njihovo zaustavljanje obavila samo dodatna kočnica, odnosno kada glavna kočnica uopšte nije dejstvovala;

► karakteristični uglovi krivaje krivajnog mehanizma ( $\varphi$ ) u odnosu na pravac kretanja izvršnog dela mašine:

$\varphi_1$  - ugao zakočenja glavne kočnice,

$\varphi_2$  - ugao zakočenja dodatne kočnice kada glavna kočnica ne dejstvuje,

$\varphi_b$  - ugao koji odgovara bezbednosnom hodu izvršnog dela mašine,

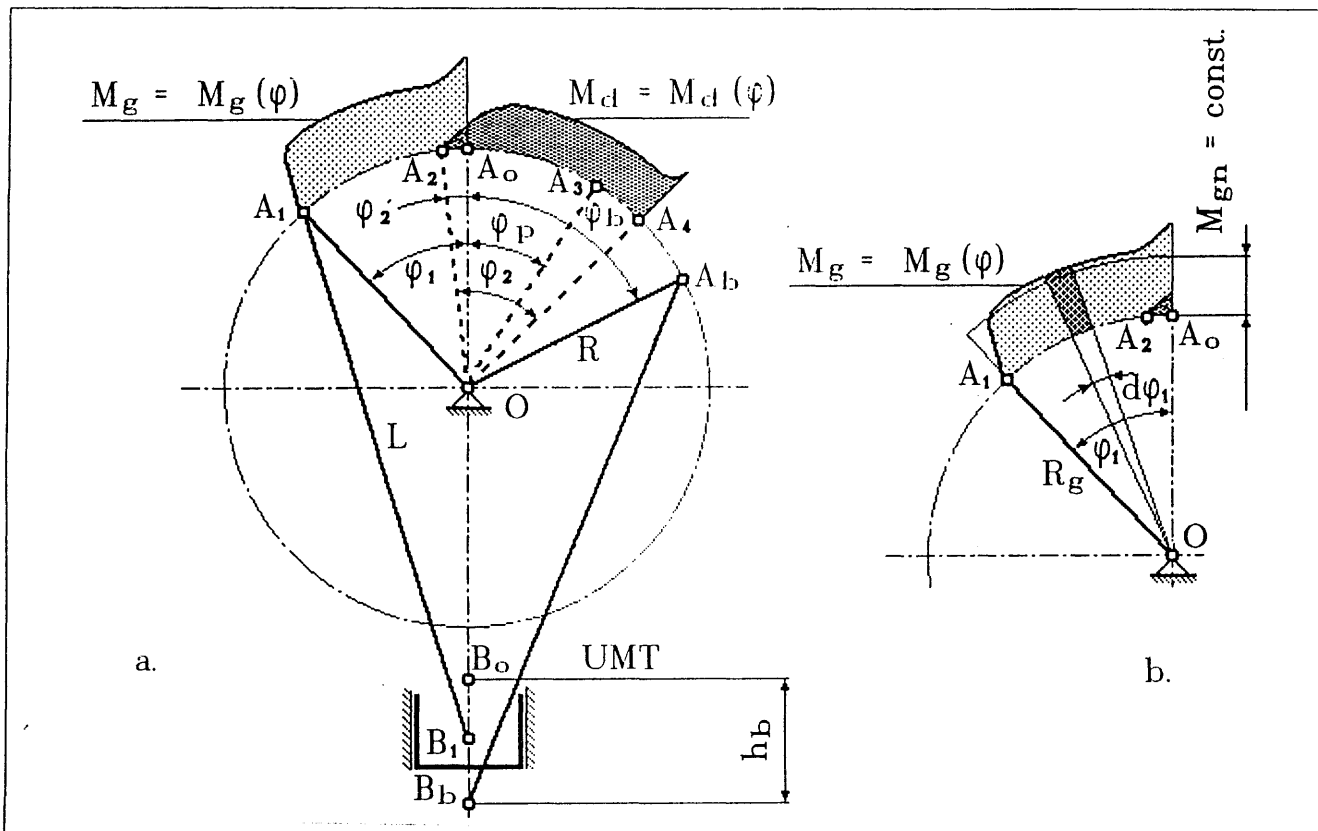
$\varphi_p$  - ugao postavljanja davača sistema za sprečavanja mogućnosti aktiviranja prese i

$\varphi'_2$  - ugao početka dejstva dodatne kočnice;

► bezbednosni hod izvršnog dela mašine ( $h_b$ ).

Polazeći od stvarnog zakona promene kočionog momenta glavne kočnice ( $M_g$ ) u funkciji promene ugla ( $\varphi$ ) položaja krivaje krivajnog mehanizma, prikazanog na slici 3. pod b., može se napisati da je elementarna energija utrošena na zaustavljanje pokretnih delova:

$$\begin{aligned} dW_g &= F_{ig} \cdot ds = F_{ig} \cdot R_g \cdot d\varphi = \\ &= \mu_g \cdot F_{Ng} \cdot R_g \cdot d\varphi = M_g \cdot d\varphi \end{aligned} \quad (1)$$



Slika 2. Prost mehanizam krivaje sa glavnom i dodatnom kočnicom  
Simple mechanism of crank shaft with main and auxiliary brake  
Простий механізм кривошия з головним і допоміжним тормозом

odnosno ukupna energija utrošena na zaustavljanje kinematičkog dela pogonskog mehanizma sa izvršnim delom prese:

$$W_g = \int_0^{\varphi_1} M_g(\varphi) \cdot d\varphi = M_{gn} \cdot \varphi_1 \quad (2)$$

Analogno se može napisati i za dodatnu kočnicu:

$$\begin{aligned} dW &= F_{td} \cdot ds = F_{td} \cdot R_d \cdot d\varphi = \\ &= \mu_d \cdot F_{Nd} \cdot R_d \cdot d\varphi = M_d \cdot d\varphi \end{aligned} \quad (3)$$

odnosno:

$$W_d = \int_0^{\varphi_1} M_d(\varphi) \cdot d\varphi = M_{dn} \cdot \varphi_1 \quad (4)$$

gde su:  $M_g(\varphi)$  ( $M_d(\varphi)$ ) - zakon promene kočionog momenta glavne (dodatne) kočnice;

$F_{tg}$  ( $F_{td}$ ) - sila trenja na oblogama glavne (dodatne) kočnice;

$F_{ng}$  ( $F_{nd}$ ) - normalna sila na frikcionoj površini glavne (dodatne) kočnice;

$\mu_g$  ( $\mu_d$ ) - koeficijent trenja na frikcionoj površini glavne kočnice;

$ds$  - elementaran put kočenja glavne

(dodatne) kočnice:  $ds = R_g \cdot \frac{d\varphi}{ds} = R_d \cdot d\varphi$

$R_g$  ( $R_d$ ) - prečnik frikcionog diska glavne (dodatne) kočnice;

$W_g$  ( $W_d$ ) - utrošena energija glavne (dodatne) kočnice na zaustavljanje pokretnih delova i

$M_{gn}$  ( $M_{dn}$ ) - nominalni moment glavne (dodatne) kočnice.

Iz uslova da dodatna kočnica mora da zaustavi pokretne delove ako otkáže glavna kočnica, proizilazi da mora biti:

$$W_g = W_d \quad (5)$$

Ovaj uslov, definisan izrazom (5) je postavljen pod pretpostavkom da je kinetička energija pokretnih elemenata koji se zaustavljaju u položaju krivaje krivajnog mehanizma definisanog tačkom  $A_1$  jednaka kinetičkoj energiji u tački  $A_2$ , što uzevši rigorozno tačno ne odgovara istini.

Naime, na slici 3. su prikazani zakoni promene ugaone brzine u funkciji promene ugla krivaje krivajnog mehanizma pri rafalnom režimu rada, i to:

- bez obrade materijala i
- sa obradom.

Iz slike proizilazi da postoji razlika između vrednosti ugaonih brzina u tački  $A_1$  i tački  $A_2$ , tj. da je u opštem slučaju:

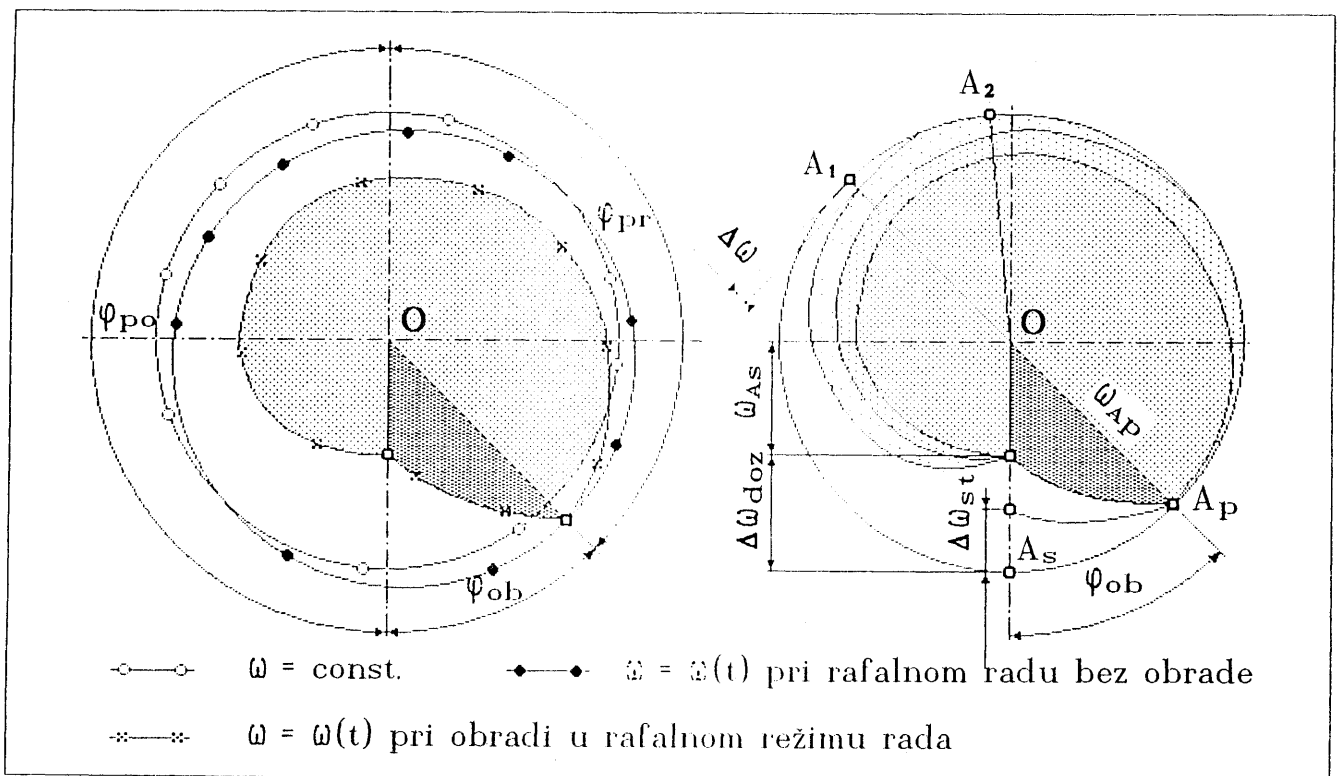
$$\Delta\omega = \omega_{A1} - \omega_{A2} \quad (6)$$

pri čemu vrednost  $\Delta\omega$  može biti:

$$\Delta\omega > 0;$$

$$\Delta\omega = 0 \quad \text{ili}$$

$$\Delta\omega < 0$$



Slika 3. Zakoni promene ugaone brzine  
Angular velocity variation law  
Закон изменения угловой скорости

što zavisi od:

- odnosa snage motora i momenta inercije zamajca i
- od mase podižućih elemenata (pritiskivača, alata, i dr.).

Međutim, bez obzira na izneto,  $\Delta\omega$  je takvog reda veličine da se inženjerskim proračunima slobodno može pretpostaviti da je  $\Delta\omega=0$ , pa uslov definisan izrazom (5) praktično važi.

Zamenom izraza (1) i (3), uz uvođenje parametara:

$$\text{dinamičkog} \quad f_F = \frac{FN_g}{FN_d}$$

$$\text{kinematičkog} \quad f_\varphi = \frac{\varphi_1}{\varphi_2}$$

$$\text{dimenzijskog} \quad f_R = \frac{R_g}{R_d}$$

$$\text{tribološkog} \quad f_\mu = \frac{\mu_g}{\mu_d}$$

dobija se relacija:

$$f_\mu = \frac{1}{f_F \cdot f_\varphi \cdot f_R} \quad (7)$$

Pri ovome, zavisno od vrednosti tribološkog parametra, postoje dva prilaza u rešavanju dodatne kočnice, i to:

- I varijanta,  $f_\mu = 1$ , obloge glavne i dodatne kočnice su od istog materijala i

- II varijanta,  $f_\mu \neq 1$ , obloge glavne i dodatne kočnice su od raznorodnih materijala.

Na osnovu izraza (7) formiran je nomogram prikazan na slici 4. koji korisno može poslužiti projektantima pri definisanju meritornih parametara glavne i dodatne kočnice. Naime, pri ovome se pošlo od postavke da frikционе obloge glavne i dodatne kočnice nisu od istog materijala, odnosno da su im različiti koeficijenti trenja.

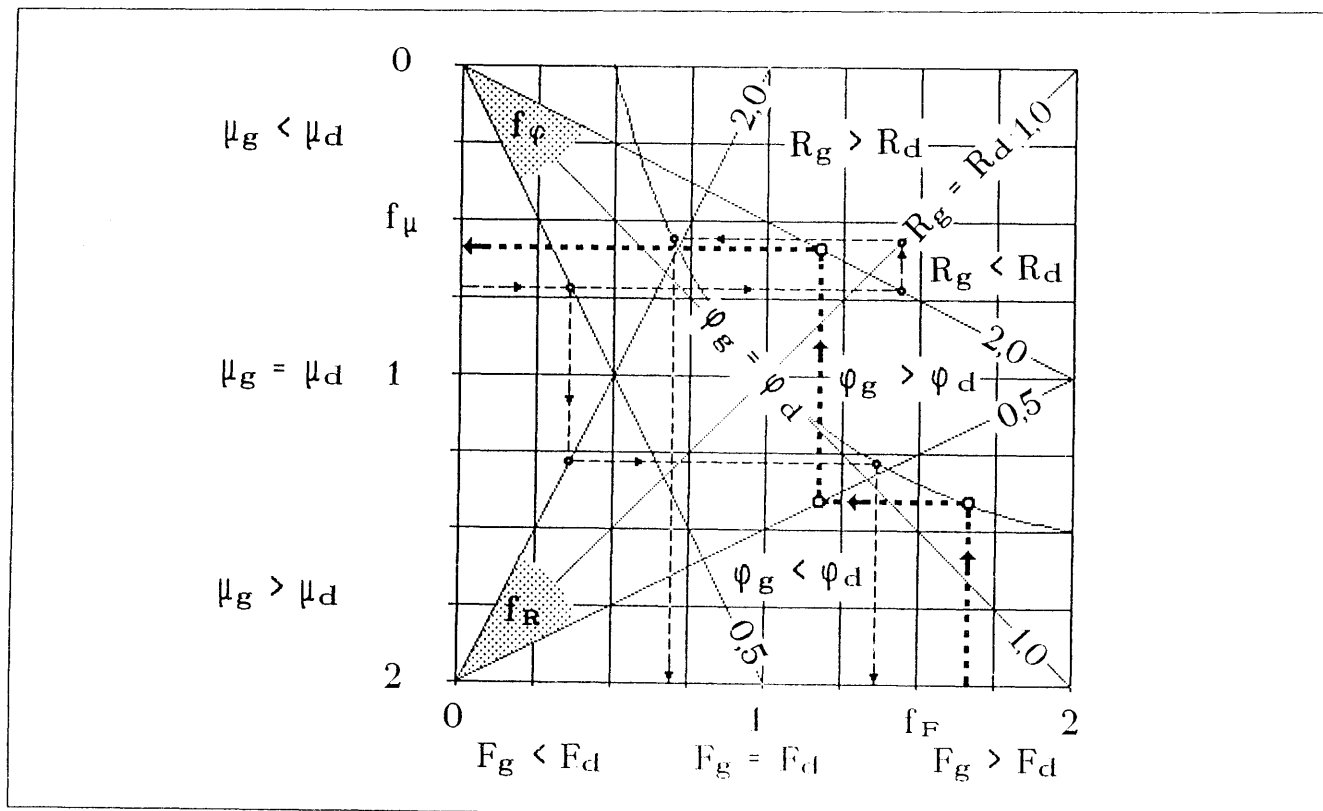
Na nomogramu su prikazana dva slučaja, i to:

- ▶ prvi slučaj da su definisani dinamički, kinematički i geometrijski parametri, a traži se vrednost tribološkog parametra (deblje isprekidana izvučena linija), čime se uslovljavaju tribološke karakteristike obloge glavne i dodatne kočnice i
- ▶ drugi slučaj da su poznata tribološka svojstva obloga glavne i dodatne kočnice, odnosno vrednost tribološkog parametra, a biraju se vrednosti ostalih parametara u zavisnosti od omeđenosti projektansko - konstruktorskih uslova (tanko isprekidane linije).

### 3. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega iznetog mogu se izvući sledeći zaključci, i to:

- ▶ Definisanjem izraza (7) i svega što u vezi sa njim proizilazi vidi se da obloga glavne i dodatne kočnice ne moraju biti od istog materijala, odnosno identičnih triboloških svojstava.



Slika 4. - Nomogram  $f_\mu = f(f_F, f_\varphi, f_R)$   
 Nomogram  $f_\mu = f(f_F, f_\varphi, f_R)$   
 Номограма  $f_\mu = f(f_F, f_\varphi, f_R)$

- ▶ Izborom raznorodnih materijala za obloge dodatne i glavne kočnice ostvaruju se daleko veće mogućnosti optimizacije konstruktorskog sklopa koji čine glavna i dodatna kočnica.
- ▶ S obzirom na uslove rada proizilazi da materijal obloga dodatne kočnice može imati i manju otpornost na habanje, što nije slučaj sa materijalom koji se koristi za obloge glavne kočnice.

## LITERATURA

- [ 1.] P. V. Popović: Prilog razmatranju problema dodatne sigurnosne kočnice na mehaničkim krivajnim presama, Časopis "Obrada deformisanjem u mašinstvu", god. 13, 1-2, Novi Sad, 1988.
- [ 2.] P. V. Popović, D. S. Domazet: Određivanje bitnih svojstva mehaničkih presa eksperimentalnim ispitivanjima, Zbornik radova XVIII savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš, 1984.
- [ 3.] Izveštaj za ispitivanje ekscentarske prese "Jelšingrad" - EPS - 63, Institut Mašinskog fakulteta u Nišu, 1984.

## Contribution to Investigation of Tribological Characteristics of Coating of The Auxiliary Safety Brake on Mechanical Crank - Shaft Presses

*The problem of protecting a worker from hurting himself at work on mechanical presses is known and has resulted in the creation of many safety systems including the one based on two frictional brakes - the main one and an additional safety one. Starting from the frictions of these two brakes and their operation this paper discusses the tribological and other properties of their functional coatings.*

## К исследованию трибологических свойств накладок вспомогательного тормоза безопасности на механических кривошипных прессах

*Необходимость защиты рабочих, работающих на механических прессах проблема давно известная. Она обусловила создание различных защитных систем одной из которых является и система с двумя фрикционными тормозами - главным тормозом и добавочным тормозом безопасности. Исходя из функции и работы этих двух тормозов авторы настоящей работы анализируют трибологические и другие свойства их фрикционных накладок.*