Mr Zoran Ristić,
pukovnik, dipl. inž.
Mile Davidović,
dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

UTICAJ KARAKTERISTIČNIH PARAMETARA HIDRAULIČNE KOČNICE TRZANJA NA PROCES KOČENJA TRZAJUĆE MASE

UDC: 623.435.2.001.575

Rezime:

U radu je prikazan matematički model za određivanje karakterističnih parametara procesa kočenja trzajuće mase na oruđu. Usvojen je model hidraulične kočnice trzanja sa diskretnim rasporedom protočnih otvora u cilindru. Određivanje površine otvora i rastojanja među njima izvršeno je na osnovu pet kriterijuma relevantnih za proces kočenja. Za sve kriterijume usvojena su ograničenja s obzirom na veličine modula ubrzanja i veličine maksimalne — početne i krajnje brzine trzanja. Na primeru oruđa komentarisani su dobijeni rezultati i uporedna analiza prema razmatranim kriterijumima.

Ključne reči: hidraulična kočnica, klip, protočna površina, put kočenja, vreme kočenja.

INFLUENCE OF HYDRAULIC BRAKES TYPICAL PARAMETERS ON THE PROCESS OF RECOILING MASS BREAKING

Summary:

The mathematical model for providing typical parameters of the process of breaking of recoiling mass on an artillery gun is presented. The model of hydraulic brakes with some discreting distribution of orifice surfaces in the cylinder is defined. The orifice surfaces and distance between them are determined on the basis of five criteria relevant for breaking process. The limitations are defined for all criteria in consideration to the module acceleration value and the value of maximum initial and limited recoil velocity. The discussion of calculated results is given as well as the comparative analysis according to the discussed criteria.

Key words: hydraulic brakes, piston, orifice surface, breaking path, breaking time.

Uvod

Poznato je da na veličinu sile otpora trzanju, odnosno na ponašanje trzajućih delova oruđa pri opalenju, najviše utiče sila otpora hidraulične kočnice (HK) trzanja. Prema podacima u široj literaturi, zavisno od vrste i tipa oruđa, HK trzanja apsorbiraju od 50 do 80 % ukupne energije trzajućih delova oruđa na zadanom pu-

tu trzanja. U konstruktivnom smislu postoji više vrsta HK i one su, uglavnom, razvijene na konceptu ispunjenog cilindra kočnice fluidom, klipnjači sa klipom i protočnim površinama za proticanje fluida u prostoru cilindra kočnice.

Po rasporedu i obliku protočnih otvora (tzv. unutrašnje armature) HK oruđa su specifično građene u odno-

su na uobičajena rešenja HK, amortizera i sl. u drugim uređajima.

Pouzdanost režima rada HK zavisi od više faktora, a prvenstveno se obezbeđuje ograničenjima veličine maksimalnog pritiska u cilindru kočnice, modulom ubrzanja klipa, što uslovljava i određena ograničenja pri izboru dimenzija HK.

Pri projektovanju HK osnovni problem sastoji se u definisanju njenih dimenzija i određivanju površina prekrivanja protočnih otvora pri kretanju klipa ili određivanju površina otvora promenljivih prečnika i rastojanja između otvora koji obezbeđuju zadata ograničenja radnih pritisaka fluida i ubrzanja, tj. usporenja klipa.

Na primeru šeme nezavisne HK jednostavne konstrukcije analiziran je proces kočenja trzajuće mase. Pri tome su raspored i dimenzije protočnih otvora određeni prema sledećim kriterijumima: minimalni put kočenja, minimalno vreme kočenja, jednak skok ubrzanja pri prekrivanju protočnih otvora, ravnomerno apsorbovanje kinetičke energije kretanja i jednako rastojanje između otvora za proticanje fluida. U svim varijantama definisano je ograničenje po maksimalnom ubrzanju klipa, a veličine početne i krajnje brzine kretanja trzajuće mase su poznate.

Kriterijumi za određivanje parametara HK

Na slici 1 prikazana je šema modela HK sa diskretnim rasporedom protočnih otvora jednostavne konstrukcije.

Energija trzajućih delova oruđa pri pomeranju klipa kočnice smanjuje se usled rada sile otpora, koji nastaje pri istiskivanju tečnosti iz radnog prostora II kroz otvore u prostor III, a odatle u prostor IV kompenzacionog rezervoara.

Sl. 1 — Šema modela HK

Trzajući delovi čvrsto vezani sa klipnjačom, pod delovanjem impulsa sile trzanja, naglo se ubrzavaju iz stanja mirovanja i kreću brzinom $v_0 = v_{\max}$. Pomeranjem klipa unutar cilindra kočnice uspostavlja se kretanje fluida pri čemu se znatan deo kinetičke energije utroši na savladavanje unutrašnjih otpora usled sile trenja fluida i otpora pri kretanju kroz protočne otvore. Usvaja se da nema gubitaka tečnosti u cilindru kočnice na mestu klipa i klipnjače. Uz date napomene i oznake prema slici 1 jednačina kretanja klipa glasi, [1]:

$$m\dot{v} = P_n - p_2 F_2 \quad (1)$$

$P_n = P_R + p_1 F_1 - P_t$ — rezultatna sila

$$p_2 = \frac{\zeta \rho}{2} F_2^2 \frac{v^2}{f^2(x)} \text{ — pritisak tečnosti}$$

gde je:

- m — masa klipa kočnice i trzajućih delova,
- x — pomak klipa,
- v — brzina klipa,
- F_1, F_2 — efektivne površine klipa,
- P_t — sila trenja zida cilindra i klipa,
- P_R — rezultanta spoljašnjih sila,
- p_1, p_2 — pritisci u šuplinama cilindra hidrauličke kočnice,

ρ — gustina tečnosti,
 ζ — koeficijent otpora struje (us-
 vaja se konstantna vrednost),
 f — površina otvora.

Pretpostavlja se da je spoljaš-
 nja sila jednaka sili trenja i sili vra-
 ćanja, odnosno $P_n=0$. Za prelaz na
 bezdimenzionalne promenljive iskori-
 stiće se odnosi [1]:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{a_{\Pi}}{2} \frac{du}{d\tau}; \quad v = \frac{v_0}{2} u;$$

$$x = x_{\Pi} \xi; \quad t = t_{\Pi} \tau; \quad f = f_y u; \quad p = p_c \sigma, \quad (2)$$

gde su:

u, ξ, τ, v, σ — brzina, pomak, vre-
 me, površina otvora
 i pritisak,

$x_{\Pi}, t_{\Pi}, f_y, p_c$ — promenljive,
 v_0 — brzina klipa i trzaju-
 će mase u trenutku
 kontakta,
 a_{Π} — konstanta.

Promenljive se određuju po for-
 mulama:

$$t_{\Pi} = \frac{v_0}{a_{\Pi}}, \quad x_{\Pi} = \frac{v_0^2}{2a_{\Pi}},$$

$$f_y = F_2 \frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{\zeta \rho}{2p_c}}, \quad p_c = \frac{ma_{\Pi}}{F_2}. \quad (3)$$

Posle zamene izraza (2) i (3) u (1)
 dobija se jednačina kretanja klipa hi-
 drauličke kočnice u bezdimenzional-
 nom obliku:

$$\frac{du}{d\tau} = -\frac{2u^2}{v^2(\xi)}. \quad (4)$$

Rešavanjem jednačine (4), razdva-
 janjem promenljivih, kada površina
 protočnih otvora ostaje konstantna,
 $u_{i-1} = \text{const}$, dobija se:

$$u_i = u_{i-1} e^{-\frac{2\Delta\xi_i}{v_{i-1}^2}}, \quad (5)$$

a vreme kretanja na tom rastojanju
 biće:

$$\Delta\tau_i = \frac{v_{i-1}^2}{2} \left[\frac{1}{u_i} - \frac{1}{u_{i-1}} \right]. \quad (6)$$

Diskretna promena površina otvo-
 ra pri kretanju klipa daje skokovitu
 promenu ubrzanja pri prekrivanju na-
 rednog otvora:

$$\Delta u = - \left[\frac{2u_i^2}{v_i^2} - \frac{2u_{i-1}^2}{v_{i-1}^2} \right]. \quad (7)$$

Put i vreme kočenja su:

$$\xi_T = \sum_{i=1}^n \Delta\xi_i, \quad \tau_T = \sum_{i=1}^n \Delta\tau_i. \quad (8)$$

Minimalni put kočenja

Izbor razmeštaja i veličine otvora
 pri minimalnom putu kočenja sa n o-
 tvora i pri ograničenom modulu ubr-
 zanja

$$\left| \dot{u}_0 \right|_{\max} = -2, \quad \left| \dot{u}_i \right|_{\max} = -2.5;$$

$i=1, 2, \dots, n$, dobijen je iz rešenja si-
 stema jednačina oblika:

$$\frac{\partial \xi_T}{\partial u_i} = 0, \quad i=1, 2, \dots, (n-1) \quad (9)$$

Pri tome se vrednosti početne br-
 zine u_0 i krajnje brzine u_n moraju po-
 klapati sa zadatim vrednostima. Iz iz-
 raza (5) i (8) se dobija da je

$$\xi_T = \sum_{i=1}^n \frac{v_{i-1}^2}{2} \ln \frac{u_{i-1}}{u_i}. \quad (10)$$

Dalje je, na osnovu relacije

$$\left| \dot{u}_i \right|_{\max} = \frac{2u_i^2}{v_i},$$

$$\xi_T = \sum_{i=1}^n \frac{u_{i-1}^2}{\left| \dot{u}_{i-1} \right|_{\max}} \ln \frac{u_{i-1}}{u_i}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial \xi_T}{\partial u_i} = \left[\frac{1}{\dot{u}_{i-1}} \right]_{\max} \left[u_i + 2u_i \ln \frac{u_i}{u_{i+1}} - \frac{u_{i-1}^2}{u_i} \right] = 0, \text{ odnosno} \quad (12)$$

$$1 + 2 \ln \frac{u_i}{u_{i+1}} - \left(\frac{u_{i-1}}{u_i} \right)^2 = 0 \quad (13)$$

$$\left(\frac{u_i}{u_{i+1}} \right)^2 = e^{\left(\frac{u_{i-1}}{u_i} \right)^2 - 1} \quad (14)$$

Usvaja se da je:

$$I_i = \left(\frac{u_i}{u_{i+1}} \right)^2 \Rightarrow I_{i-1} = \left(\frac{u_{i-1}}{u_i} \right)^2$$

$$\text{pa je } I_i = e^{I_{i-1} - 1}. \quad (15)$$

Dalje je:

$$I_0 = \left(\frac{u_0}{u_1} \right)^2; I_1 = \left(\frac{u_1}{u_2} \right)^2; \dots I_{n-1} = \left(\frac{u_{n-1}}{u_n} \right)^2$$

iz čega sledi

$$I_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \dots \cdot I_{n-1} = \left(\frac{u_0}{u_n} \right)^2 = K_0. \quad (16)$$

Prema tome, metodom postupnog približavanja treba rešiti sistem jednačina (15), ($i=1, 2, \dots, n$), uz uslov

$$\prod_{i=0}^{n-1} I_i = K_0.$$

Rezultati proračuna bezdimenzionalnih površina otvora Δu_i i bezdimenzionalnih rastojanja između otvora $\Delta \xi_i$ za $n=6$, $u_0=2$, $u_n=0,04$ dati su u tabeli 1, kao varijanta I.

Minimalno vreme kočenja

Varijanta II u tabeli 1 dobijena je rešavanjem sistema jednačina

$$\frac{\partial \tau_T}{\partial u_i} = 0, i=1, 2, \dots, (n-1), \quad (17)$$

pri čemu su ograničenja kao u varijanti I. Ovaj problem detaljnije je izložen u [2].

Na osnovu relacije $\left[\frac{\dot{u}_i}{u_i} \right]_{\max} = \frac{2u_i^2}{u_i}$,

iz (6) dobija se da je:

$$\Delta \tau_j = \left[\frac{1}{\dot{u}_{i-1}} \right]_{\max} \left[\frac{u_{i-1}^2}{u_i} - u_{i-1} \right] \quad (18)$$

Uvrštavanjem ovog izraza u relaciju (8), iz (17) sledi:

$$\frac{\partial \tau_T}{\partial u_i} = \left[\frac{1}{\dot{u}_{i-1}} \right]_{\max} \left[\frac{2u_i}{u_{i+1}} - \frac{u_{i-1}^2}{u_i^2} - 1 \right] = 0, \quad (19)$$

odnosno

$$2 \frac{u_i}{u_{i+1}} - \left(\frac{u_{i-1}}{u_i} \right)^2 = 1. \quad (20)$$

Usvaja se:

$$I_i = \frac{u_i}{u_{i+1}} \Rightarrow I_{i-1} = \frac{u_{i-1}}{u_i} \text{ pa je}$$

$$I_i = \frac{1}{2} \left[1 + I_{i-1}^2 \right], \quad i=1, 2, \dots, n \quad (21)$$

uz uslov:

$$\prod_{i=0}^{n-1} I_i = C_0. \quad (22)$$

Jednak skok ubrzanja

Razmotriće se rad hidrauličke kočnice kada su raspored i veličina ot-

		u_i	$\Delta\Theta_i$	$\Delta\xi_i$	f_i (cm ²)	d_i (cm)	v_i (m/s)	x_i (m)	t_i (s)	p_{2m}	a_{max}
Varijanta I	0	2,0	0,0	0,0						56885812 Pa	194,96 m/s ²
	1	1,819	0,373	0,190	0,940	1,094	12,059	0,107	0,008		
	2	1,408	0,367	0,338	0,924	1,085	9,338	0,298	0,026		
	3	1,009	0,358	0,265	0,900	1,071	6,687	0,447	0,045		
	4	0,627	0,341	0,193	0,859	1,046	4,159	0,556	0,066		
	5	0,284	0,307	0,125	0,773	0,992	1,883	0,626	0,092		
	6	0,040	0,218	0,063	0,549	0,836	0,265	0,662	0,151		
Varijanta II	0	2,0	0,0	0,0						61590572 Pa	211,08 m/s ²
	1	1,549	0,614	0,511	1,486	1,376	10,272	0,266	0,023		
	2	1,005	0,487	0,416	1,178	1,225	6,664	0,482	0,049		
	3	0,595	0,366	0,212	0,887	1,062	3,947	0,592	0,071		
	4	0,309	0,256	0,093	0,619	0,888	2,051	0,641	0,088		
	5	0,131	0,159	0,033	0,385	0,700	0,872	0,658	0,101		
	6	0,040	0,082	0,008	0,198	0,502	0,265	0,662	0,111		
Varijanta III	0	2,0	0,0	0,0						69327054 Pa	237,60 m/s ²
	1	1,042	0,857	1,043	1,954	1,577	6,908	0,482	0,051		
	2	0,543	0,446	0,283	1,018	1,139	3,599	0,613	0,078		
	3	0,283	0,233	0,077	0,530	0,822	1,875	0,649	0,092		
	4	0,147	0,121	0,021	0,276	0,593	0,977	0,659	0,099		
	5	0,077	0,063	0,006	0,144	0,428	0,509	0,661	0,103		
	6	0,040	0,033	0,002	0,075	0,309	0,265	0,662	0,105		
Varijanta IV	0	2,0	0,0	0,0						77535836 Pa	265,73 m/s ²
	1	1,826	0,156	0,146	0,336	0,654	12,105	0,060	0,005		
	2	1,633	0,172	0,149	0,372	0,688	10,828	0,122	0,010		
	3	1,414	0,196	0,153	0,422	0,733	9,378	0,185	0,016		
	4	1,155	0,232	0,162	0,500	0,798	7,659	0,252	0,024		
	5	0,817	0,302	0,185	0,652	0,911	5,419	0,329	0,036		
	6	0,040	0,695	0,806	1,499	1,382	0,265	0,662	0,433		
Varijanta V	0	2,0	0,0	0,0						58123517 Pa	199,20 m/s ²
	1	1,765	0,210	0,200	0,524	0,816	11,702	0,110	0,009		
	2	1,503	0,234	0,200	0,583	0,862	9,967	0,221	0,019		
	3	1,205	0,267	0,200	0,665	0,920	7,988	0,331	0,031		
	4	0,854	0,314	0,200	0,782	0,998	5,661	0,441	0,048		
	5	0,430	0,379	0,200	0,944	1,096	2,851	0,552	0,076		
	6	0,029	0,359	0,200	0,894	1,067	0,191	0,662	0,275		

vora određeni na osnovu kriterijuma jednakog skoka ubrzanja. Traži se raspored otvora koji obezbeđuje jednak skok ubrzanja (7) pri prekrivanju narednog otvora:

$$\Delta \dot{u} = \text{const}, \quad (23)$$

pri maksimalnom modulu ubrzanja:

$$\left| \dot{u} \right|_{\max} = \frac{2u_i^2}{u_i^2} = 2,5. \quad (24)$$

Koristeći izraz (24), jednačina (7) dobija oblik:

$$\Delta \dot{u}_i = -2,5 \left(1 - \frac{u_i^2}{u_{i-1}^2} \right). \quad (25)$$

Na osnovu (23) i (25) sledi da odnos brzina na kraju i na početku svakog dela mora biti konstantan. Ako je:

$$\frac{u_i}{u_{i-1}} = b, \quad b < 1. \quad (26)$$

tada je:

$$u_1 = b \cdot u_0; \quad u_2 = b^2 \cdot u_0; \dots \quad u_n = b^n \cdot u_0.$$

Iz ovog odnosa dobija se zavisnost broja otvora n od zadate početne u_0 i krajnje brzine u_n :

$$n = \frac{\ln \frac{u_n}{u_0}}{\ln b}. \quad (27)$$

Znači, što je b manje, što odgovara manjem skoku ubrzanja (25), to je veći broj potrebnih otvora n .

Rastojanje među otvorima, pri tome, biće:

$$\Delta \xi_i = 0,4 u_0^2 b^{2(i-1)} \ln b^{-1}. \quad (28)$$

Rezultati proračuna površina Δu_i i rastojanja među njima $\Delta \xi_i$, za $n=6$, $u_0=2,0$, $u_n=0,04$, uz ispunjavanje uslova (23), (24) i (26), dati su u tabeli 1 kao varijanta III.

Jednak gubitak kinetičke energije

Ako se raspored i veličina otvora odredi iz uslova jednakog gubitka kinetičke energije pri kretanju klipa od i -tog do $(i+1)$ -og otvora, znači da je:

$$\left(\frac{u_0^2 - u_n^2}{n} \right) = C = \text{const}. \quad (29)$$

Brzina u_i računa se iz izraza:

$$u_{i-1}^2 - u_i^2 = C, \quad (30)$$

a pomak klipa i vreme iz relacija (10) i (6). Dobijene dimenzije otvora i rastojanja između njih date su u tabeli 1, kao varijanta IV.

Jednako rastojanje među otvorima

Kada je zadat put kočenja (ξ_T), veličina otvora dobija se na osnovu jednakog rastojanja među njima:

$$\Delta \xi_i = \frac{\xi_T}{n} = d = \text{const} \quad (31)$$

Na osnovu izraza (10) sledi da je:

$$\frac{u_{i-1}^2}{2} \ln \frac{u_i}{u_{i-1}} = d \quad (32)$$

Površine otvora i ubrzanje klipa dobijaju se iz (32) i (24), a vreme iz (6).

Dobijeni rezultati dati su u tabeli 1, kao varijanta V.

Programski model za rešavanje problema

Za numeričko određivanje parametara HK trzanja, definisanih prema datim kriterijumima, izrađeno je odgovarajuće programsko rešenje. Algoritam programskog rešenja sistema jednačina (15) i (21), uz uslov (16) i (22), metodom postupnog približenja, dat je na slici 2.

Sl. 2 — Algoritam programskog rešenja

Programsko rešenje čine dve celine, glavni program i blok potprograma (procedura). Glavni program služi za unos određenih polaznih podataka, pruža mogućnost korisniku da izabere kriterijum na osnovu kojeg će se vršiti proračun i upravljati radom potprograma. Drugi deo programa sastoji se od više procedura. Procedure KOEF1 do KOEF5 služe za proračun koeficijenata po kriterijumima: minimalni put kočenja, minimalno vreme kočenja, jednak skok ubrzanja pri prekrivanju otvora, ravnomerno apsorbovanje kinetičke energije trzanja i jednako rastojanje među otvorima za proticanje fluida.

Posebnim izborom opcije moguć je zbirni prikaz rezultata proračuna po svim kriterijumima. Ova opcija omogućava komparativni prikaz rezultata i izbor optimalnog kriterijuma za proračun hidraulične kočnice trzanja.

Programsko rešenje rađeno je u PASKALU.

Upoređivanje kriterijuma za izbor parametara HK

Upoređivanje proračunskih veličina površina otvora za proticanje ($\Delta\Theta_i$) i rastojanja među njima ($\Delta\xi_i$), prema datim kriterijumima (varijante I do V), ilustrovano je na primeru oruđa TN za koje su definisani sledeći podaci:

— početna brzina trzanja $v_0 = v_m = 13,26$ (m/s),

— prečnik cilindra HK $D = 0,120$ (m),

— masa trzajućih delova $m = 3300$ (kg),

— gustina tečnosti HK $\rho = 900$ (kg/m³),

— koef. gubitka tečnosti $\zeta = 1,14$,

— put kočenja $x_t = 0,662$ (m),

— broj otv. za protic. tečnosti $n = 6$.

Upoređivanje dobijenih vrednosti za maksimalne pritiske (p_{2m}) u HK, ubrzanja a_{max} i vremena kočenja (t_i), prema tabeli 1, omogućuje da se utvrdi kako izabrani kriterijumi utiču na proces kočenja i kako se menjaju dimenzije i površine otvora i njihov raspored sa pomakom klipa. Prema dobijenim rezultatima, varijanta IV, zasnovana na kriterijumu ravnomernog apsorbovanja kinetičke energije kretanja, nije prihvatljiva zbog visokog pritiska $p_{2m} = 77,5$ MPa i velikog vremena kočenja $t_t = 0,433$ s. Varijanta V, izvedena iz uslova jednakog rastojanja između otvora, iako u konstruktivnom smislu najjednostavnija, daje relativno veliko vreme kočenja $t_t = 0,275$ s. Ovakav raspored otvora može se prihvatiti u slučaju ako vreme kočenja nije odlučujući parametar. U varijanti III dobijeno vreme kočenja $t_t = 0,105$ s je najmanje u odnosu na sve varijante, ali prema varijantama I i II daje veći pritisak u cilindru HK, $p_{2m} = 69,3$ MPa, i vrlo mala rastojanja između poslednja tri otvora za proticanje. Varijanta I, prema kriterijumu minimalnog puta kočenja i II prema minimalnom vremenu kočenja su optimalne, kako po vremenu kočenja, tako i po vrednosti maksimalnog pritiska $p_{2m} = 56,8$ MPa i $p_{2m} = 61,6$ MPa. Zavisnost brzine kočenja od puta kočenja na slici 3 za sve varijante po karakteru promene prilično je ujednačena, osim za varijantu IV prema kriterijumu jednakog apsorbovanja kinetičke energije kretanja.

U svim razmatranim varijantama pri proračunu pada ubrzanja prema (7) pretpostavljena je trenutna promena površine otvora pri prekrivanju sa klipom. Pri tome se svaki otvor može izvesti u obliku proreza ili slaganjem u nizu po obodu poprečnog preseka cilindra HK. Na slici 4 data je promena sile otpora HK u zavisnosti od puta kočenja.

Sl. 3 — Zavisnost brzine od puta kočenja

Sl. 4 — Promena sile otpora HK od puta

Promena sile otpora kočnice trzanja ima testerast karakter promene za sve varijante proračuna. Nagli skokovi sile otpora nastaju usled trenutnog prekrivanja pojedinih otvora, pri čemu dolazi do diskretnog smanjivanja ukupne površine za proticanje tečnosti iz prostora II u prostor III (sl. 1), odnosno diskretnog povećanja lokalnih brzina strujanja. Na kraju procesa trzanja, ukoliko dođe do prekrivanja poslednjeg otvora, dolazi do naglog skoka sile otpora usled malog koeficijenta stišljivosti tečnosti. Ovakav oblik promene sile otpora uzrokuje nestalan rad kočnice trzanja i nije preporučljiv za primenu. Ukoliko bi se umesto diskretnog rasporeda otvora primenili kontinuirani otvori po obodu unutrašnjeg cilindra kočnice, promena sile otpora kočnice trzanja bila bi kontinuirana. Konstrukcija ovakve kočnice znatno je jednostavnija od dosad primenjivanih kočnica trzanja. Sa slike 4 vidi se da kriterijumi I i V daju najravnomerniju rasnodelu sile otpora, a najveći skokovi sile otpora na kraju trzanja dobijaju se po kriterijumu III.

Literatura:

[1] Cuhanova, E. A., Jašina, M. A.: Rasčeta hidrodempfera s učetom diapazona izmenenija mase. Mašinostroenie, 1981.

Zaključak

Razmatrani model jednostavne HK sa diskretnim rasporedom otvora za proticanje prema datim kriterijumima omogućuje željeni izbor potrebnih parametara procesa kočenja koji mogu biti odlučujući za ukupno apsorbovanje kinetičke energije trzajuće mase usled impulsa trzanja. Definisanim ograničenjima za veličine maksimalnog pritiska u cilindru HK, kao i ubrzanja pokretnih delova, može se obezbediti potrebna pouzdanost rada HK i smanjenje uticaja inercijalnih sila u procesu kočenja kretanja trzajuće mase.

Ovakvim modelom, i u slučaju da se ne može u potpunosti obezbediti potreban zakon kočenja za promenljive dužine trzanja, mogu se znatno pojednostaviti konstruktivna rešenja HK. U tom smislu predloženi model treba dalje istražiti i dograditi, kako bi se obezbedili svi zahtevi HK trzanja u procesu kočenja na oruđima različitih tipova.

- [2] Cuhanova, E. A., Jašina, M. A. Rasčeta parametara hidrodempfera s diskretno izmenjajom oknami. Mašinostroenie, 1982.
- [3] Ristić, Z.: Kočeno kretanje mase pomoću hidraulične kočnice VTG 1/97, str. 63—70.