

APROKSIMACIJA IZRAZA ZA SAVOJNU KRUTOST REŠETKASTIH NOSAČA ZA RAZLIČITE NAČINE OSLANJANJA

Doc. dr Mile Savković, dipl.maš.inž. Nebojša Zadravković, dipl.maš.inž.

Kategorizacija rada: PREGLEDNI RAD

Recenzent: Prof. dr Vlastimir Đokić

Rad primljen: 09. 05. 2006.

Adresa:

Mašinski fakultet

Kraljevo

Rezime: Cilj aproksimacije izraza za određivanje savojne krutosti jeste da se na jednostavan način brzo dođe do vrednosti momenta inercije rešetkastih nosača, odnosno savojne krutosti, kako bi projektant u što kraćem roku mogao da odredi glavne parametre nosača. U radu su prikazani uprošćeni modeli za rešetkaste nosače mosne dizalice i dizalice sa strelom. Definisani su koeficijenti korekcije uprošćenih izraza za savojnu krutost nosača.

Ključne reči: rešetkasti nosač, savojna krutost

1. UVOD

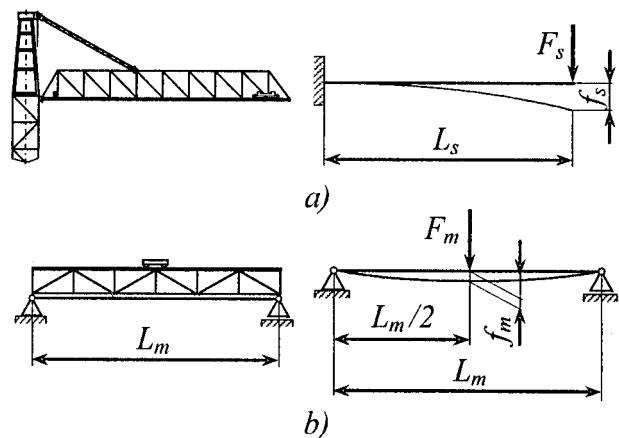
Cilj aproksimacije izraza za određivanje savojne krutosti jeste da se na jednostavan način brzo dođe do vrednosti momenta inercije rešetkastih nosača, odnosno savojne krutosti, kako bi projektant u što kraćem roku mogao da odredi glavne parametre nosača. Značajni parametri koji utiču na krutost nosača su: moment inercije poprečnog preseka, način formiranja ispune rešetke, kao i način oslanjanja. U radu su prikazani uprošćeni modeli koji definišu moment inercije rešetkastih nosača.

Analizirani su najčešći oblici formiranja ispune rešetkastih nosača različitih dužina. Definisana je zavisnost ugiba rešetkastih nosača od načina ispune i njegove dužine.

Promenom vrednosti krutosti može se uticati na promenu parametara koji utiču na osnovne karakteristike nosača: povećanje stabilnosti, smanjenje napona i deformacija, pouzdan rad mehanizama, obezbeđenje željene funkcionalnosti itd.

Rešetkasti nosači mosnih dizalica i dizalica sa strelom sastoje se od velikog broja štapova: horizontalnih, kosih i vertikalnih, pa je otežano

izračunavanje momenata inercije preseka jer se on razlikuje u zavisnosti od mesta preseka rešetke. U početnoj fazi projektovanja važno je brzo doći do podataka o geometrijskim karakteristikama elemenata rešetkastog nosača kako bi se skratio postupak proračuna. Ovaj problem se može rešiti ako se definiše približna jednačina za određivanje momenta inercije koja bi obuhvatala samo pojedine štapove a uticaj drugih zamenjen koeficijentom korekcije.



Slika 1

Maksimalne vrednosti ugiba konstrukcije za nosače, prikazane na slici 1, računaju se prema izrazima:

$$f_s = \frac{F_s \cdot L_s^3}{3 \cdot E \cdot I_s}; f_m = \frac{F_m \cdot L_m^3}{48 \cdot E \cdot I_m}; \quad (1)$$

Sile kojima se konstrukcija suprotstavlja savijanju su:

$$F_s = c_s \cdot f_s; F_m = c_m \cdot f_m; \quad (2)$$

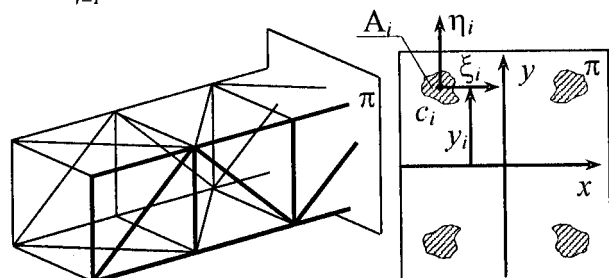
tako da su odgovarajuće krutosti definisane izrazima:

$$c_s = \frac{3 \cdot E \cdot I_s}{L_s^3} = K_s \cdot I_s; c_m = \frac{48 \cdot E \cdot I_m}{L_m^3} = K_m \cdot I_m; \quad (3)$$

2. Aproximacija izraza za savojnu krutost

Moment inercije rešetkastog nosača računa se na taj način što se definiše moment inercije proizvoljno izabranog poprečnog preseka, a zatim se, koriguje određenim koeficijentom. Koeficijenti korekcije se dobija iz uslova da maksimalni ugib rešetkaste konstrukcije odgovara ugibu dobijenom aproksimativnim izrazom. Moment inercije složenog prostornog rešetkastog nosača može se definisati pomoću izraza 1, 3, 4, 6 (slika 2):

$$I_x = \sum_{i=1}^4 (I_{\xi_i} + A_i \cdot y_i^2) \quad (4)$$



Slika 2

U prethodnom izrazu zanemaren je uticaj ispune. Greška koja se pravi korišćenjem ovakvog izraza za moment inercije (jednačina 4) može se značajno umanjiti odgovarajućim koeficijentima korekcije ψ_s i ψ_m , tako da računске vrednosti momenata inercije i savojnih krutosti iznose :

$$I_{rs} = I_x \cdot \psi_s; I_{rm} = I_x \cdot \psi_m; c_s = K_s \cdot \psi_s \cdot I_x; c_m = K_m \cdot \psi_m \cdot I_x; \quad (5)$$

3. Određivanje vrednosti koeficijenta korekcije dizalice sa strelom

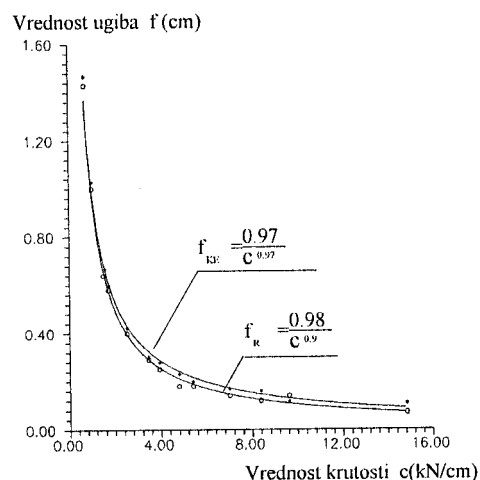
Za izračunavanje krutosti strele poslužiće model prikazan na slici 1a., definisan izrazom (3). Prethodno je potrebno sagledati vrednost faktora. Za proveru jednačine (3) poslužiće model strele

opterećene jediničnom silom na kraju prepusta (rezultati dobijeni korišćenjem metode konačnih elemenata).

Tabela 1

Krutost c (kN/cm)	Računski ugib f_R (cm)	Ugib dobijen MKE f_{KE} (cm)	Koeficijent ψ_s
0.7	1.43	1.468	0.974
1.01	1.0	1.029	0.972
1.97	0.64	0.6675	0.959
1.73	0.58	0.6	0.967
2.53	0.4	0.4217	0.949
3.47	0.29	0.3019	0.961
3.95	0.25	0.2782	0.899
4.8	0.22	0.2306	0.954
5.43	0.18	0.1975	0.911
7.01	0.14	0.1681	0.833
8.37	0.12	0.1593	0.753
9.61	0.1	0.1169	0.855

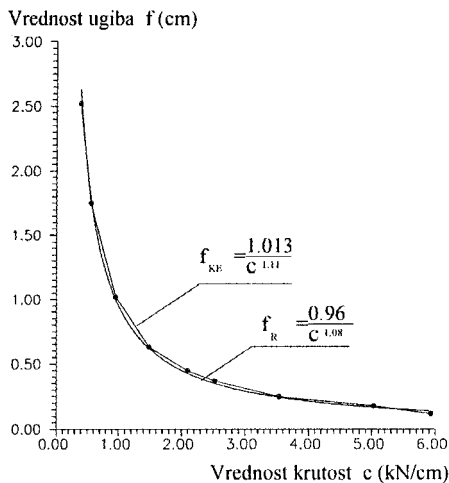
U tabeli 1 data su odstupanja ugiba za dužinu strele $L=24$ m (slika 3), za vrednosti krutosti u opsegu od 0,7 kN/cm do 9.61 kN/cm.



Ista analiza se može sprovesti i za dužinu strele od $L=30$ m, (tabela 2, slika 4) kao i za dužinu strele od 35 metara (tabela 3, slika 5).

Tabela 2

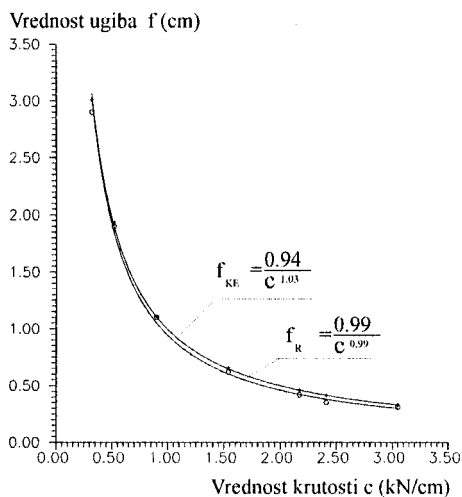
Krutost c (kN/cm)	Računski ugib f_R (cm)	Ugib dobijen MKE f_{KE} (cm)	Koeficijent ψ_s
0.39	2.52	2.5675	0.982
0.56	1.75	1.7959	0.975
0.96	1.02	1.0471	0.974
1.49	0.63	0.6701	0.940
2.10	0.45	0.4767	0.944
2.53	0.37	0.3940	0.939
3.54	0.25	0.2819	0.889
5.03	0.18	0.1989	0.905
5.93	0.12	0.1382	0.868



Slika 4

Tabela 3

Krutost c (kN/cm)	Ra- α unski ugib f_R (cm)	Ugib dobijen MKE f_{KE} (cm)	Koeficijent Ψ_s
0.32	2.95	3.004	0.982
0.52	1.9	1.9344	0.982
0.9	1.1	1.1101	0.991
1.54	0.62	0.6509	0.953
2.17	0.42	0.4608	0.912
2.41	0.35	0.4144	0.905
3.05	0.31	0.3278	0.874

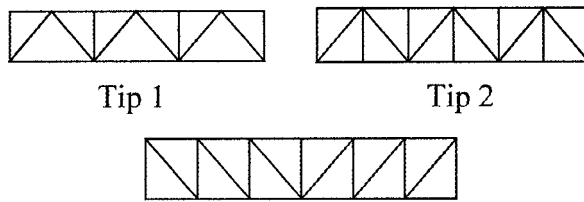


Slika 5

Na osnovu prethodnih sagledavanja mo' se zaključiti da jednačina (4) daje rezultate zadovoljavajuće tačnosti (greška je manja od 10%) i može korigovati izračunavanjem koeficijenta korekcije, jednačina (5).

Dobijene vrednosti takođe pokazuju da je uticaj načina formiranja ispune od manjeg značaja za ugib konstrukcije. Ako se izvrši analiza uticaja načina formiranja ispune za neke tipove rešetki (slika 6) dobijaju se rezultati pomeranja vrha strele prikazani

na slici 7 i 8, sa jednačinama koje opisuju funkciju pomeranja.

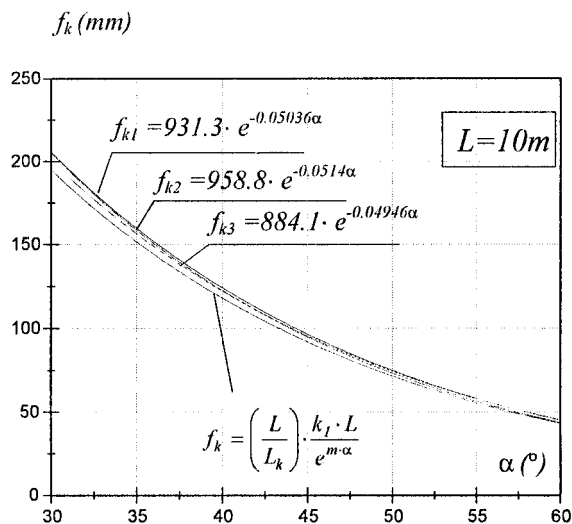


Tip 1

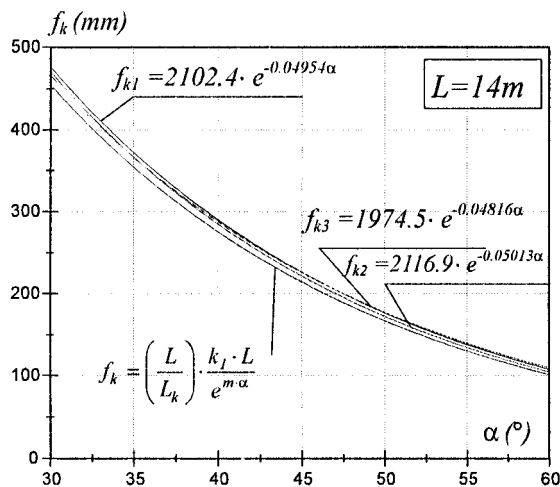
Tip 2

Tip 3

Slika 6



Slika 7



Slika 8

Jednačina koja opisuje pomeranje krajnje tačke u funkciji posmatranih parametara ima oblik:

$$f_k = \left(\frac{L}{L_k} \right) \cdot \frac{k_l \cdot L}{e^{m \cdot \alpha}} \quad (6)$$

Sa definisan je položaj tačke vezivanja strele od stuba. Ova jednačina važi za sva tri tipa izvođenja ispune rešetke i za razmatrane dužine. Vrednost faktora $m=0.05$ je ista za sve razmatrane slučajeve a razlika postoji u koeficijentu k_1 . Vrednost ovog koeficijenta može aproksimirati sa velikom tačnošću (greška je oko 1%) tako da je njegova zavisnost:

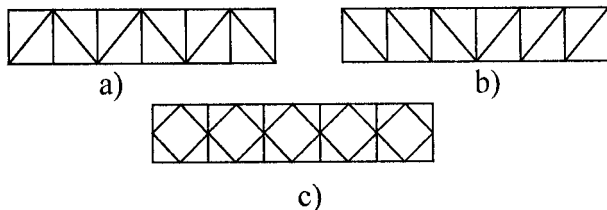
$$k_1 = 0.0108 \cdot L(m) - m \quad (7)$$

Izraz za vezu ugiba i posmatranih parametara je:

$$f_k = \left(\frac{L}{L_k} \right) \cdot \frac{[0.0108 \cdot L(m) - m] \cdot L}{e^{m \cdot \alpha}} \quad (8)$$

4. ODREĐIVANJE VREDNOSTI KOEFICIJENTA KOREKCIJE MODELA MOSNE DIZALICE

Za određivanje vrednosti koeficijenta korekcije ψ_m , korišćeni su modeli prikazani na slici 9.



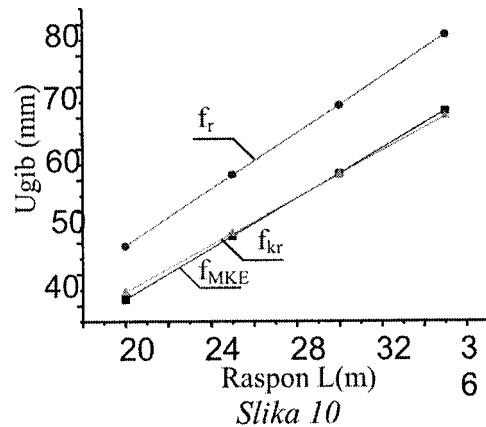
Slika 9

U tabeli 4 dati su rezultati anize za tip rešetke prikazan na slici 9a. Ugib f_{kr} je dobijen korigovanjem vrednosti momenta inercije (4), pri čemu je koeficijent korekcije $\psi_m = 1.2$. Dobijeni rezultati ugiba, korigovanjem vrednosti momenta inercije, pokazuju veliku tačnost za široki opseg raspona rešetkastog nosača.

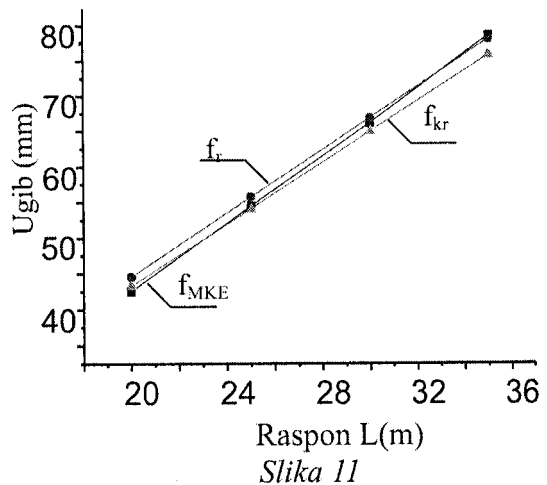
Na slikama 10,11 i 12 prikazane su uporedne vrednosti dobijenih vrednosti maksimalnog ugiba rešetkastog nosača. Na slici 10 prikazani su rezultati za tip nosača prikazan na slici 9a, na slici 11 tip nosača prikazan na slici 9b i na slici 12 tip nosača prikazana na slici 9c. Odstupanja za ostale tipove rešetkaste konstrukcije 5 ne izlaze iz datog okvira.

Tabela 4

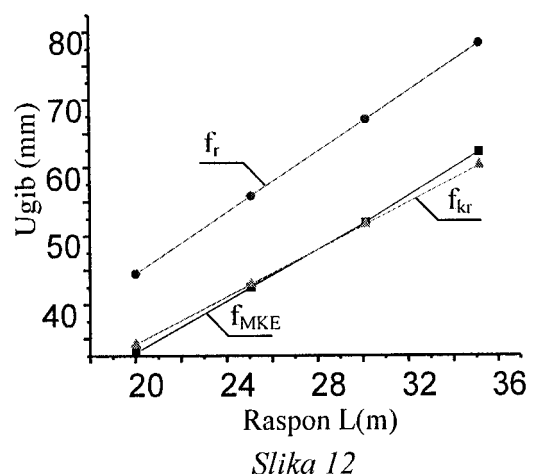
L(m)	20	25	30	35
f_{MKE} (mm)	36	46.1	56	66.6
f_r (mm)	44.5	55.8	67.0	78.3
f_{kr} (mm)	37.1	46.5	55.9	65.2
ψ_m	1.2			
Greška (%)	3	1	0	2



Slika 10



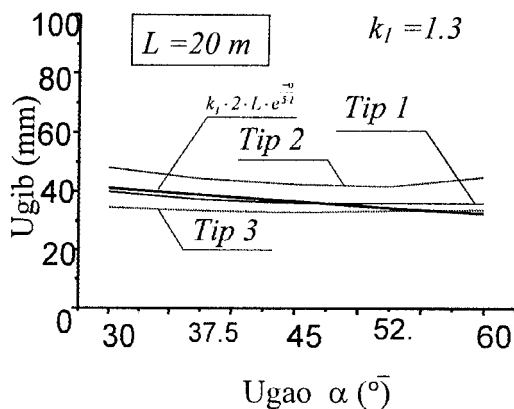
Slika 11



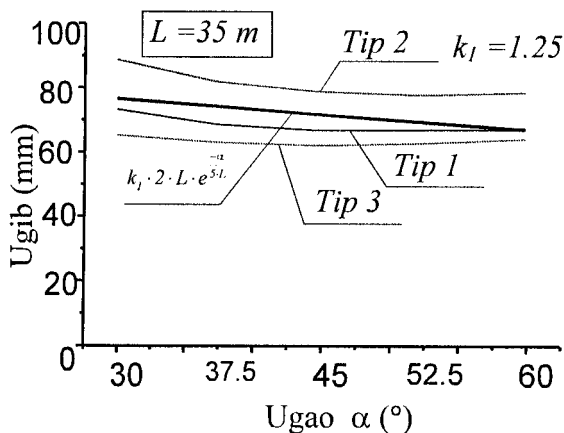
Slika 12

U literaturi 1 preporučena vrednost koeficijenta korekcije iznosi $\mu \in 1.15 \div 1.4$, međutim ona nije bliže definisana za tip konstrukcije i raspon.

Takođe značajno je sagledati uticaj načina ispune rešetke na njenu krutost. Razmatranja su sprovedena za ugao dijagonale prema horizontali $\alpha \in (30 \div 60)$ i raspone $L=20; 25; 30; 35$ m, pri čemu su visine rešetkastih nosača međusobno jednake. Na slikama 13 i 14 može se videti uticaj načina ispune rešetke na njenu krutost.



Slika 13



Slika 14

Takođe može se uspostaviti zavisnost između ugiba rešetkaste konstrukcije i načina ispunje rešetke u funkciji ugla ispunje:

$$f = k_1 \cdot 2 \cdot L \cdot e^{\frac{-\alpha}{5}} \quad (9)$$

5. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Izvršena aproksimacija izraza za savojnu krutost omogućava njeno jednostavno izračunavanje. Ova aproksimacija daje mogućnost projektantu da relativno brzo definiše osnovne parametre nosača a da pri tom odstupanja rezultata analize deformacija i napona od stvarnih budu mala.

Definisani koeficijenti korekcije krutosti konstrukcije daju zadovoljavajuću tačnost u proračunu i obuhvataju osnovne geometrijske parametre rešetkastih nosača.

6. LITERATURA

- [1] Гохберг М.М.: "Металлические конструкции подъемно-транспортных машин", Машиностроение, Ленинград 1976. г.
- [2] Гохберг М.М., и др.: "Справочник по кранам I, II", Машиностроение, Москва 1988. г.
- [3] Ланг А.Г. и др.: "Портальные краны", Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, Москва 1962.
- [4] Savković M., Gašić M., Ostrić D.: "Metoda uprošćavanja izraza za savojnu krutost prostornih rešetkastih konstrukcija", XXIII JUPITER konferencija, Beograd 1997.
- [5] Savković M., Gašić M., Marković G.: "Analiza uticaja načina formiranja ispunje rešetke na ugib strele rešetkaste konstrukcije", XXVIII JUPITER konferencija, Beograd 2002.
- [6] Gašić M., Savković M., i dr.: "Aproksimacija izraza za savojnu krutost rešetkastih konstrukcija", V International Scientific Conference Heavy Machinery-HM'05, Kraljevo 2005.

An APPROXIMATION OF THE EXPRESSION OF THE TRUSS CONSTRUCTION BENDING STIFFNESS FOR VARIOUS CASES OF SUPPORTS

Summary: The purpose of approximation of the expression for the bending stiffness is to obtain the values of moment of inertia and bending stiffness for truss construction easily and quickly, so the engineer can define general parameters of the supporting structure in short term. The simplified models of truss carriers of bridge cranes and cranes with boom are presented in this paper. Also, the correction coefficients of the approximated expressions of truss construction bending stiffness are defined.

Key words: truss construction, bending stiffness.