

PREGLEDNI RAD

B. Sabo\*

ANALIZA METODE N.O. OKERBLOMA ZA RAČUNSKO ODREĐIVANJE  
OSTATNOG UGIBA ZAVARENIH I-NOSAČA

R e z i m e

*U radu je prikazana analiza metode N.O. Okerbloma za računsko određivanje ostatnog ugiba zavarenih I-nosača. Upoređivanjem izračunatih i izmerenih vrednosti ostatnog ugiba izvodi se zaključak o tačnosti navedene metode.*

ÜBERSICHTSARTIKEL

ANALYSE DER METHODE VON N.O. OKERBLOM FÜR RECHNERISCHE  
BESTIMMUNG DER DURCHBIEGUNG VON GESCHWEISSTEN I-TRÄGER

Z u s a m m e n f a s s u n g

*Im Artikel ist die Analyse der Methode von N.O. Okerblom für rechnerische Bestimmung der Durchbiegung geschweissten I-Träger beschrieben. Auf Grund des Vergleiches zwischen rechnerischen und gemessenen Durchbiegungen wird die Genauigkeit von angewendete rechnerische Methode analysiert.*

1. UVOD

Teorija deformacija i napona spada u složenije oblasti nauke o zavarivanju pri čemu objedinjuje teoriju toplotne provodljivosti, elastičnosti, plastičnosti i puzanja. Zbog složenosti problema određivanja ostatnih deformacija usled zavarivanja pretežno se primenjuju približne računске ili eksperimentalne metode. Od približnih računskih metoda u upotrebi su grafoanalitičke

\*) Sabo mr Bela, dipl. ing., asistent-Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, Vladimira Perića-Valtera 2.

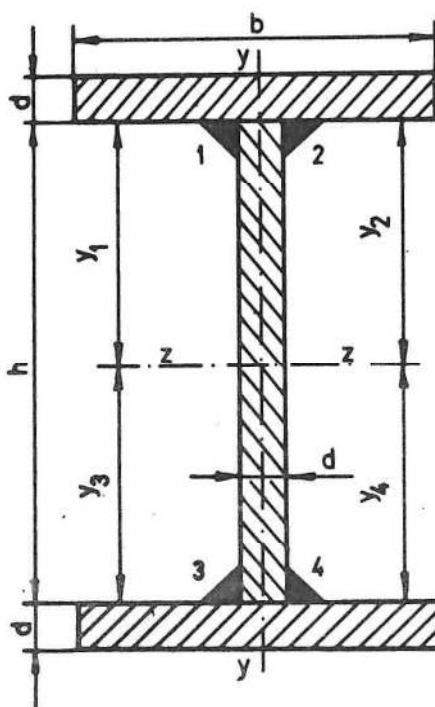
a u manjoj meri metode koje se zasnivaju na korišćenju aparata teorije elastičnosti i plastičnosti. U najpoznatije grafoanalitičke metode spadaju metoda G.A. Nikolaeva, N.O. Okerbloma i K. M. Gatovskog [1]. Kod računskog odredjivanja ostatnog ugiba zavarenih nosača obično se primenjuje metoda N.O. Okerbloma [2], [3], [4].

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja se sastojao u analizi tačnosti približne računске metode N.O. Okerbloma kod odredjivanja ostatnog ugiba I-nosača posle izvodjenja ugaonih šavova. Analizom se obuhvata metoda koja ne uzima u obzir postojanje početnog naponskog stanja kao i metoda koja uzima u obzir naponsko stanje obrazovanog ranije izvedenim ugaonim šavovima. Rezultati računskog odredjivanja ostatnog ugiba I-nosača posle izvodjenja ugaonih šavova uporediće se sa eksperimentalnim rezultatima. Upoređivanjem izračunatih i izmerenih vrednosti ostatnog ugiba I-nosača izvešće se zaključak o tačnosti metode N.O. Okerbloma. Iz rezultata istraživanja se očekuje odgovor na pitanje o primenjivosti metode za izračunavanje ostatnog ugiba sa uzimanjem u obzir i bez uzimanja u obzir početnog naponskog stanja obrazovanog ranije izvedenim ugaonim šavovima I-nosača. Računsko odredjivanje ugiba vršiće se za četiri I-nosača sa različitim geometrijskim karakteristikama preseka.

## 3. ODREDJIVANJE OSTATNOG UGIBA I-NOSAČA NE UZIMAJUĆI U OBZIR POSTOJANJE POČETNOG NAPONSKOG STANJA OBRAZOVANOG RANIJE IZVEDENIM ŠAVOVIMA [5]

Na slici 1. prikazan je poprečni presek I-nosača sa ugaonim šavovima 1,2,3 i 4 koji se izvode ovim redosledom, jedan za drugim. Svi ugaoni šavovi imaju istu katetu i zavareni su istom pogonskom energijom. Debljine pojasa i rebra I-nosača su jednake.



Slika 1. Poprečni presek I-nosača

### 3.1 Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 1

Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 1 određuje se iz izraza:

$$F_1 = C_1 \frac{l^2}{8} = \frac{\mu \cdot y_1 \cdot q_p \cdot l^2}{I_z \cdot 8}, \text{ m} \quad (1)$$

gde je:  $C_1$  - krivina nosača usled izvodjenja ugaonog šava 1, u  $1/\text{m}$

$\mu$  - konstanta materijala, u  $\text{m}^3/\text{J}$

$q_p$  - pogonska energija ugaonog šava, u  $\text{J}/\text{m}$

$I_z$  - moment inercije poprečnog preseka I-nosača za osu z-z, u  $\text{m}^4$

l - dužina nosača, u m

$y_1$  - rastojanje ugaonog šava 1 od ose z-z, u m

## 3.2 Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 2

Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 2 određuje se iz izraza:

$$f_{1,2} = C_{1,2} \frac{l^2}{8} = \frac{\mu \cdot m_{1,2} \cdot q_p \cdot y_{1,2}}{I_z} \frac{l^2}{8}, \text{ m} \quad (2)$$

gde je:  $C_{1,2}$  - krivina nosača usled naizmeničnog izvodjenja ugaonih šavova 1 i 2, u 1/m

$y_{1,2}$  - rastojanje ugaonih šavova 1 i 2 od ose z-z, u m

$m_{1,2}$  - odnos zona plastičnih deformacija

Odnos zona plastičnih deformacija određuje se iz izraza:

$$m_{1,2} = \frac{A_{v1,2}}{A_{v1}} = 1 + \frac{(k+d)d}{A_{v1}} \quad (3)$$

gde je:  $A_{v1,2}$  - površina zone plastične deformacije usled izvodjenja ugaonih šavova 1 i 2, u  $\text{m}^2$

$A_{v1}$  - površina zone plastične deformacije usled izvodjenja ugaonog šava 1, u  $\text{m}^2$

$k$  - kateta ugaonih šavova 1 i 2, u m

$d$  - debljina rebra i pojasa I-nosača, u m

Površina zone plastične deformacije usled izvodjenja ugaonog šava 1 određuje se iz izraza:

$$A_{v1} = \frac{1}{\frac{1}{A} + \frac{(y_1)^2}{I_z} + \frac{14,2 \cdot 10^8}{q_p}}, \text{ m}^2 \quad (4)$$

gde je:  $A$  - površina poprečnog preseka I-nosača, u  $\text{m}^2$

Izraz (4) se odnosi na nosače od niskougljeničnog čelika.

### 3.3. Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 3

Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 3 određuje se iz izraza:

$$f_{1,2,3} = f_{1,2} + f_3 = f_{1,2} + C_3 \frac{l^2}{8} = f_{1,2} + \frac{\mu \cdot y_3 \cdot q_p \cdot l^2}{I_z \cdot 8}, \text{ m} \quad (5)$$

gde je:  $C_3$  - krivina nosača usled izvodjenja ugaonog šava 3, u 1/m

$y_3$  - rastojanje ugaonog šava 3 od ose z-z, u m

### 3.4 Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 4

Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 4 određuje se iz izraza:

$$f_{1,2,3,4} = f_{1,2} + f_{3,4} = f_{1,2} + C_{3,4} \frac{l^2}{8} = f_{1,2} + \frac{\mu \cdot m_{3,4} \cdot q_p \cdot y_{3,4}}{I_z} \cdot \frac{l^2}{8}, \text{ m} \quad (6)$$

gde je:  $C_{3,4}$  - krivina nosača usled naizmeničnog izvodjenja ugaonih šavova 3 i 4, u 1/m

$y_{3,4}$  - rastojanje ugaonih šavova 3 i 4 od ose z-z, u m

$m_{3,4}$  - odnos zona plastičnih deformacija. Za razmatrani slučaj imamo da je  $m_{3,4} = m_{1,2}$ .

## 4. ODREĐIVANJE OSTATNOG UGIBA I-NOSAČA UZIMAJUĆI U OBZIR POSTOJANJE POČETNOG NAPONSKOG STANJA OBRAZOVANOG RANIJE IZVEDENIM ŠAVOVIMA [5]

### 4.1 Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 1

Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 1 određuje se iz izraza (1).

## 4.2. Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 2

Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 2 određuje se izrazom:

$$f_{1,2} = C'_{1,2} \frac{1^2}{8} = C_1(1+n_2) \frac{1^2}{8}, \text{ m} \quad (7)$$

gde je:  $C'_{1,2}$  - krivina nosača usled naizmeničnog izvodjenja ugaonih šavova 1 i 2 uzimajući u obzir naponsko stanje stvoreno izvodjenjem ugaonog šava 1, u 1/m

$n_2$  - koeficijent koji određuje uticaj naponskog stanja stvorenog zavarivanjem ugaonog šava 1

Koeficijent  $n_2$  određuje se na osnovu koeficijenta  $\beta_2$  iz dijagrama  $n = f(\beta) |5|$ .

Koeficijent  $\beta_2$  određuje se iz izraza:

$$\beta_2 = \frac{\Delta_{\text{poč}_2}}{\epsilon_v} \quad (8)$$

gde je:  $\Delta_{\text{poč}_2}$  - početna deformacija usled zavarivanja ugaonog šava 1

$\epsilon_v$  - elastična deformacija koja odgovara granici tečenja. Za niskougljenični čelik  $\epsilon_v = 12 \cdot 10^{-4}$ .

Početna deformacija usled zavarivanja ugaonog šava 1 određuje se iz izraza:

$$\Delta_{\text{poč}_2} = \Delta T_1 + y_2 \cdot C_1 \quad (9)$$

gde je:  $\Delta T_1$  - jedinična stvarna deformacija u težištu poprečnog preseka I-nosača usled zavarivanja ugaonog šava 1

Jedinična stvarna deformacija u težištu poprečnog preseka I-nosača usled zavarivanja ugaonog šava 1 određuje se iz izraza:

$$\Delta T_1 = \mu \cdot q_p \frac{1}{A} \quad (10)$$

4.3. Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 3

Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 3 određuje se iz izraza:

$$\begin{aligned} f_{1,2,3} &= C_{1,2,3} \frac{1^2}{8} = (C_{1,2} + C_3) \frac{1^2}{8} = |C_1(1+n_2) - C_1 \cdot n_3| \frac{1^2}{8} = \\ &= C_1(1+n_2-n_3) \frac{1^2}{8} \end{aligned} \quad (11)$$

gde je:  $n_3$ -koeficijent koji određuje uticaj naponskog stanja stvorenog zavarivanjem ugaonih šavova 1 i 2

Koeficijent  $n_3$  određuje se na osnovu koeficijenta  $\beta_3$  iz dijagrama  $n = f(\beta)$ .

Koeficijent  $\beta_3$  određuje se iz izraza:

$$\beta_3 = \frac{\Delta_{poč_3}}{\epsilon_v} \quad (12)$$

gde je:  $\Delta_{poč_3}$  - početna deformacija usled zavarivanja ugaonih šavova 1 i 2

Početna deformacija usled zavarivanja ugaonih šavova 1 i 2 određuje se iz izraza:

$$\begin{aligned} \Delta_{poč_3} &= \Delta T_{1,2} + y_3 \cdot C_{1,2} = \Delta T_1(1+n_2) + y_3 \cdot C_1(1+n_2) = \\ &= (1+n_2) (\Delta T_1 + y_3 \cdot C_1) \end{aligned} \quad (13)$$

## 4.4. Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 4

Ostatni ugib I-nosača posle izvodjenja ugaonog šava 4 određuje se iz izraza:

$$f_{1,2,3,4} = C_{1,2,3,4} \frac{l^2}{8} = (C_{1,2,3} + C_4) \frac{l^2}{8} = |C_1(1+n_2-n_3) - C_1 \cdot n_4| \frac{l^2}{8} =$$

$$= C_1(1+n_2-n_3-n_4) \frac{l^2}{8} \quad (14)$$

gde je:  $n_4$ -koeficijent koji određuje uticaj naponskog stanja stvorenog zavarivanjem ugaonih šavova 1,2 i 3.

Koeficijent  $n_4$  određuje se na osnovu koeficijenta  $\beta_4$  iz dijagrama  $n = f(\beta)$ .

Koeficijent  $\beta_4$  određuje se iz izraza:

$$\beta_4 = \frac{\Delta_{poč_4}}{\epsilon_v} \quad (15)$$

gde je:  $\Delta_{poč_4}$  - početna deformacija usled zavarivanja ugaonih šavova 1,2 i 3

Početna deformacija usled zavarivanja ugaonih šavova 1,2 i 3 određuje se iz izraza:

$$\Delta_{poč_4} = \Delta T_{1,2,3} + y_4 \cdot C_{1,2,3} = \Delta T_{1,2} - \Delta T_1 \cdot n_3 + y_4 \cdot C_1(1+n_2-n_3) =$$

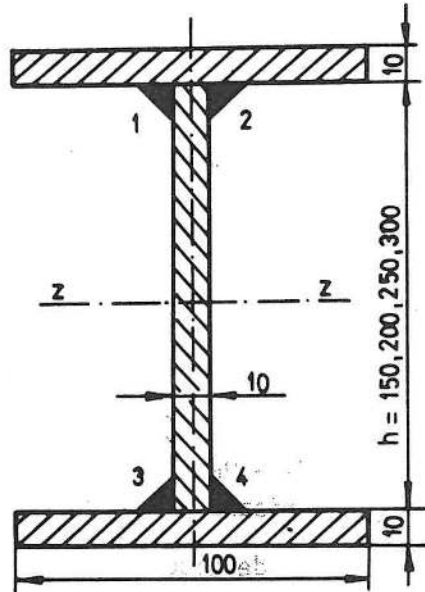
$$= \Delta T_1(1+n_2) - \Delta T_1 \cdot n_3 + y_4 \cdot C_1(1+n_2-n_3) =$$

$$= (1+n_2-n_3) (\Delta T_1 + y_4 \cdot C_1) \quad (16)$$

## 5. IZRAČUNAVANJE OSTATNOG UGIBA I-NOSAČA NE UZIMAJUĆI U OBZIR POSTOJANJE POČETNOG NAPONSKOG STANJA OBRAZOVANOG RANIJE IZVEDENIM ŠAVOVIMA

Na slici 2. prikazane su dimenzije poprečnog preseka I-nosača za koje se vrši izračunavanje ostatnog nagiba.





Slika 2. Dimenzije poprečnog preseka I-nosača

U radu [6] je za I-nosače istih dimenzija poprečnog preseka izvršeno eksperimentalno određivanje ostatnog ugiba. Kod izračunavanja ostatnog ugiba I-nosača usvojeni su sledeći elementi iz navedenog rada: kateta ugaonog šava  $k=0,008$  m, pogonska energija  $q_p=1,836 \cdot 10^6$  J/m, dužina I-nosača  $l=0,5$  m, materijal nosača; niskougljenični čelik, konstanta materijala  $\mu=-0,845 \cdot 10^{-12}$  m<sup>3</sup>/J.

U tablici 1. prikazane su izračunate vrednosti elemenata potrebnih za izračunavanje ostatnog ugiba I-nosača prema metodologiji prikazanoj u tački 3.

Kod izračunavanja ugiba I-nosača brojne vrednosti  $y_1$  i  $y_2$  uzimamo sa predznakom "-" a brojne vrednosti  $y_3$  i  $y_4$  sa predznakom "+". Na ovaj način se dobijaju pozitivni ostatni ugibi I-nosača kada se nosač savija prema dole i negativni ostatni ugibi kada se nosač savija prema gore.

U tablici 2. prikazane su izračunate vrednosti ostatnog ugiba I-nosača.

Tablica 1.

I-nosač	I <sub>150</sub>	I <sub>200</sub>	I <sub>250</sub>	I <sub>300</sub>
h, m	0,15	0,20	0,25	0,30
A, m <sup>2</sup>	3,5 · 10 <sup>-3</sup>	4,0 · 10 <sup>-3</sup>	4,5 · 10 <sup>-3</sup>	5,0 · 10 <sup>-3</sup>
I <sub>Z</sub> , m <sup>4</sup>	1,5629 · 10 <sup>-5</sup>	2,8730 · 10 <sup>-5</sup>	4,6838 · 10 <sup>-5</sup>	7,0567 · 10 <sup>-5</sup>
y <sub>1</sub> =y <sub>2</sub> =y <sub>3</sub> =y <sub>4</sub> , m	0,075	0,100	0,125	0,150
A <sub>V1</sub> = A <sub>V3</sub> , m <sup>2</sup>	7,0470 · 10 <sup>-4</sup>	7,2915 · 10 <sup>-4</sup>	7,5231 · 10 <sup>-4</sup>	7,7383 · 10 <sup>-4</sup>
m <sub>1,2</sub> = m <sub>3,4</sub>	1,255	1,247	1,239	1,233
C <sub>1</sub> , 1/m	7,4449 · 10 <sup>-3</sup>	5,3994 · 10 <sup>-3</sup>	4,1404 · 10 <sup>-3</sup>	3,2978 · 10 <sup>-3</sup>
C <sub>1,2</sub> ; 1/m	9,3434 · 10 <sup>-3</sup>	6,7331 · 10 <sup>-3</sup>	5,1299 · 10 <sup>-3</sup>	4,0661 · 10 <sup>-3</sup>
C <sub>3</sub> , 1/m	-7,4449 · 10 <sup>-3</sup>	-5,3994 · 10 <sup>-3</sup>	-4,1404 · 10 <sup>-3</sup>	-3,2978 · 10 <sup>-3</sup>
C <sub>3,4</sub> ; 1/m	-9,3434 · 10 <sup>-3</sup>	-6,7331 · 10 <sup>-3</sup>	-5,1299 · 10 <sup>-3</sup>	-4,0661 · 10 <sup>-3</sup>

Tablica 2.

I-nosač	I <sub>150</sub>	I <sub>200</sub>	I <sub>250</sub>	I <sub>300</sub>
f <sub>1</sub> , m	0,23 · 10 <sup>-3</sup>	0,17 · 10 <sup>-3</sup>	0,13 · 10 <sup>-3</sup>	0,10 · 10 <sup>-3</sup>
f <sub>1,2</sub> ; m	0,29 · 10 <sup>-3</sup>	0,21 · 10 <sup>-3</sup>	0,16 · 10 <sup>-3</sup>	0,13 · 10 <sup>-3</sup>
f <sub>1,2,3</sub> ; m	0,06 · 10 <sup>-3</sup>	0,04 · 10 <sup>-3</sup>	0,03 · 10 <sup>-3</sup>	0,03 · 10 <sup>-3</sup>
f <sub>1,2,3,4</sub> ; m	0	0	0	0

6. IZRAČUNAVANJE OSTATNOG UGIBA I-NOSAČA UZIMAJUĆI U OBZIR POSTOJANJE POČETNOG NAPŃNSKOG STANJA OBRAZOVANOG RANIJE IZVEDENIM ŠAVOVIMA

U tablici 3. prikazane su izračunate vrednosti elemenata potrebnih za izračunavanje ostatnog ugiba I-nosača prema metodologiji prikazanoj u tački 4.

Tablica 3.

I-nosač	I <sub>150</sub>	I <sub>200</sub>	I <sub>250</sub>	I <sub>300</sub>
$\Delta T_1$	$-4,4326 \cdot 10^{-4}$	$-3,8785 \cdot 10^{-4}$	$-3,4476 \cdot 10^{-4}$	$-3,1028 \cdot 10^{-4}$
$\Delta_{\text{poč}_2}$	$1,1510 \cdot 10^{-4}$	$1,5209 \cdot 10^{-4}$	$1,7279 \cdot 10^{-4}$	$1,8438 \cdot 10^{-4}$
$\beta_2$	0,096	0,127	0,144	0,154
$n_2$	0,877	0,831	0,800	0,769
$\Delta_{\text{poč}_3}$	$2,1605 \cdot 10^{-4}$	$2,7847 \cdot 10^{-4}$	$3,1102 \cdot 10^{-4}$	$3,2617 \cdot 10^{-4}$
$\beta_3$	0,180	0,232	0,259	0,272
$n_3$	0,738	0,708	0,661	0,646
$\Delta_{\text{poč}_4}$	$1,3110 \cdot 10^{-4}$	$1,7079 \cdot 10^{-4}$	$1,9681 \cdot 10^{-4}$	$2,0706 \cdot 10^{-4}$
$\beta_4$	0,109	0,142	0,164	0,172
$n_4$	0,846	0,802	0,769	0,750

U tablici 4. prikazane su izračunate ~~vrjednosti~~ vrednosti ostatnog ugiba I-nosača.

Tablica 4.

I-nosač	I <sub>150</sub>	I <sub>200</sub>	I <sub>250</sub>	I <sub>300</sub>
$f_{1,m}$	$0,23 \cdot 10^{-3}$	$0,17 \cdot 10^{-3}$	$0,13 \cdot 10^{-3}$	$0,10 \cdot 10^{-3}$
$f_{1,2; m}$	$0,43 \cdot 10^{-3}$	$0,31 \cdot 10^{-3}$	$0,23 \cdot 10^{-3}$	$0,18 \cdot 10^{-3}$
$f_{1,2,3; m}$	$0,26 \cdot 10^{-3}$	$0,19 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^{-3}$	$0,11 \cdot 10^{-3}$
$f_{1,2,3,4; m}$	$0,067 \cdot 10^{-3}$	$0,055 \cdot 10^{-3}$	$0,048 \cdot 10^{-3}$	$0,037 \cdot 10^{-3}$

## 7. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Analiza tačnosti približne računске metode N.O. Okerblo-  
ma može se izvršiti upoređivanjem izračunatih ostatnih ugiba  
sa izmerenim ugibima iz rada [6], koji su prikazani u tablici 5.

Tablica 5.

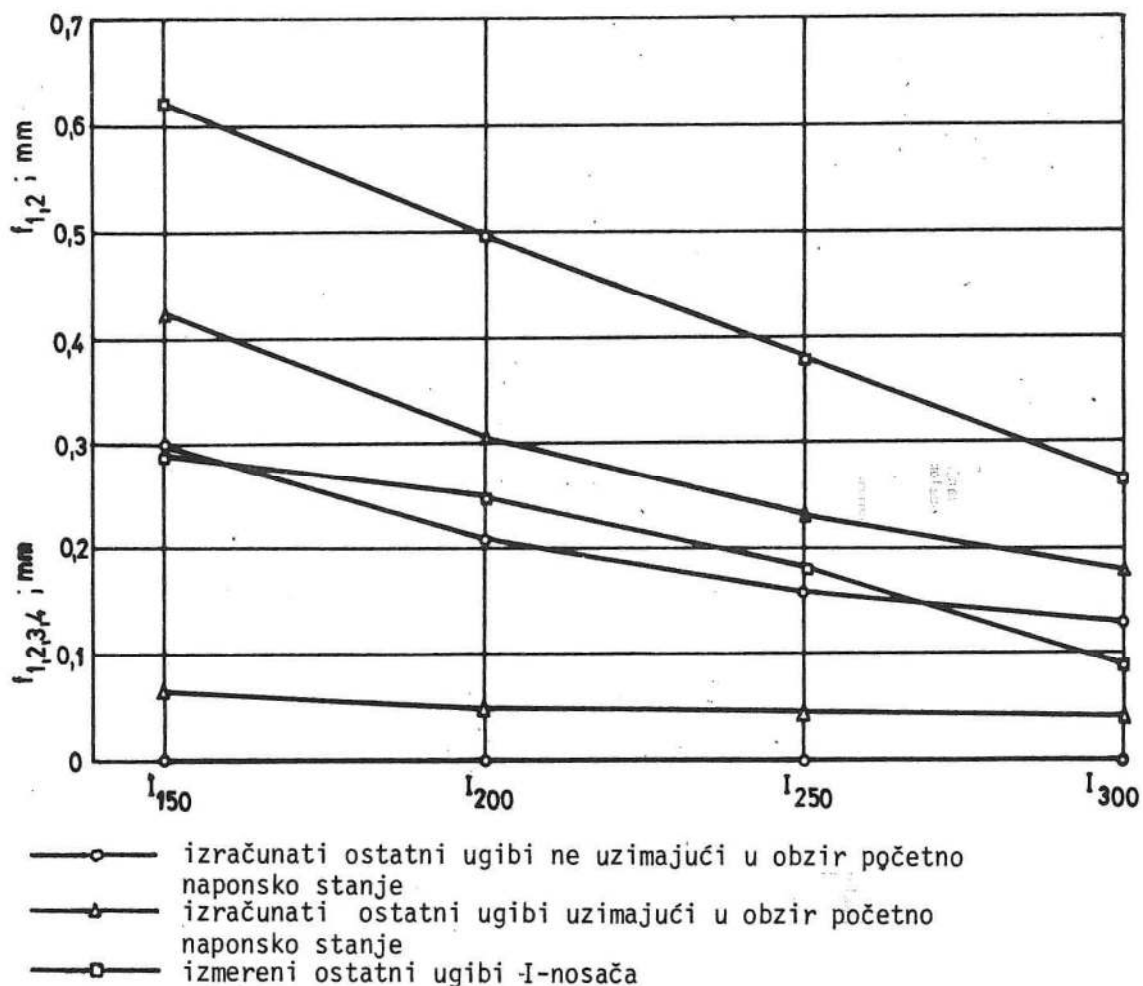
I-nosač	$I_{150}$	$I_{200}$	$I_{250}$	$I_{300}$
$f_{1,2}; m$	$0,620 \cdot 10^{-3}$	$0,493 \cdot 10^{-3}$	$0,380 \cdot 10^{-3}$	$0,263 \cdot 10^{-3}$
$f_{1,2,3,4}; m$	$0,290 \cdot 10^{-3}$	$0,250 \cdot 10^{-3}$	$0,180 \cdot 10^{-3}$	$0,087 \cdot 10^{-3}$

U tablici 6. prikazane su razlike vrednosti izmerenih i  
izračunatih ostatnih ugiba I-nosača. Sa A su obeležene razlike  
izmerenih i izračunatih ugiba ne uzimajući u obzir početno na-  
ponsko stanje. Sa B su obeležene razlike izmerenih i izračuna-  
tih ugiba uzimajući u obzir početno naponsko stanje. Razlike  
vrednosti ugiba su date za ostatne ugibe posle zavarivanja ša-  
vova 1 i 2, i posle zavarivanja sva četiri ugaona šava.

Na slici 3. prikazane su vrednosti izmerenih i izračuna-  
tih ostatnih ugiba I-nosača. Vrednosti za navedene ugibe uzete  
su iz tablica 2,4 i 5.

Tablica 6.

I-nosač		$I_{150}$	$I_{200}$	$I_{250}$	$I_{300}$
A	$f_{1,2}^{izm.}$ - $f_{1,2}^{izr.,m}$	$0,330 \cdot 10^{-3}$	$0,283 \cdot 10^{-3}$	$0,220 \cdot 10^{-3}$	$0,133 \cdot 10^{-3}$
	$f_{1,2,3,4}^{izm.}$ - $f_{1,2,3,4}^{izr.,m}$	$0,290 \cdot 10^{-3}$	$0,250 \cdot 10^{-3}$	$0,180 \cdot 10^{-3}$	$0,087 \cdot 10^{-3}$
B	$f_{1,3}^{izm.}$ - $f_{1,2}^{izr.,m}$	$0,190 \cdot 10^{-3}$	$0,183 \cdot 10^{-3}$	$0,150 \cdot 10^{-3}$	$0,083 \cdot 10^{-3}$
	$f_{1,2,3,4}^{izm.}$ - $f_{1,2,3,4}^{izr.,m}$	$0,223 \cdot 10^{-3}$	$0,195 \cdot 10^{-3}$	$0,132 \cdot 10^{-3}$	$0,050 \cdot 10^{-3}$



Slika 3. Vrednosti izmerenih i izračunatih ugiba

## 8. ZAKLJUČAK

Iz rezultata istraživanja može se zaključiti sledeće:

1. Računska metoda za određivanje ostatnog ugiba I-nosača koja uzima u obzir postojanje početnog naponskog stanja daje rezultate koji su bliži eksperimentalnim nego metoda koja ne uzima u obzir postojanje početnog naponskog stanja obrazovanog ranije izvedenim šavovima [7], [8].
2. Odstupanja izmerenih i izračunatih vrednosti ostatnog ugiba su manja kod I-nosača sa većim momentom inercije poprečnog preseka nosača.

3. Odstupanja izmerenih i izračunatih vrednosti ostatnog ugiba su manja kod kompletno zavarenog I-nosača nego posle izvodjenja šavova 1 i 2.
4. Zakonitost promene ostatnog ugiba u zavisnosti od momenta inercije poprečnog preseka I-nosača je slična za izmerene i izračunate ugibe.
5. Izračunate vrednosti ostatnog ugiba su manje od izmerenih o čemu treba voditi računa kod primene ovih računskih metoda.

#### LITERATURA

- [1] Vinokupov V.A. i dr.: Teorija svaročnih deformacij i naprjaženij, Moskva, 1984.
- [2] Okerblom N.O.: Svaročne deformacije i naprjaženija, Moskva, 1948.
- [3] Okerblom N.O.: Svaročne naprjaženija v metalokonstrukcijah, Moskva, 1950.
- [4] Okerblom N.O.: Račun deformacija metalokonstrukcije pri svarke, Moskva, 1955.
- [5] Palić V.: Zavarivanje, IV deo, Novi Sad, 1982.
- [6] Palić V.: Uticaj debljine lima na veličinu deformacija pri zavarivanju, Jednogodišnja tema, finansirao SIZNRV, Novi Sad, 1981.
- [7] Palić V., Sabo B.: Uticaj dimenzija i odnosa pogonskih energija na veličinu ugiba zavarenog I-nosača, Zbornik radova IPM, br. 1, Novi Sad, 1984.
- [8] Palić, V., Sabo B.: Uticaj pogonske energije i geometrijskih karakteristika preseka na veličinu ugiba zavarenog I-nosača, Zbornik radova IPM, br. 2, 1986.