

ORIGINALNI NAUČNI RAD

V. Palić*

PRIMENA PLANIRANOG EKSPERIMENTA PRI ODREĐJIVANJU
UGIBA ZAVARENOG NOSAČA**

Rezime

U ovom radu primenjen je dvofaktorni planirani eksperiment pri određivanju ugiba nosača nastalog kao posledica zavarivanja. Istražena je mogućnost poništavanja ostatne deformacije ugiba nosača u toku procesa zavarivanja promenom pogonske energije kako bi se izbeglo naknadno ispravljanje.

THE APPLICATION OF PLANNED EXPERIMENT FOR
DETERMINATION OF WELDED GIRDER DIFLECTION

Summary

In this paper two factorial planned experiment for determining the welded girder deflection was applied. The possibility for elimination of residual girder deflected deformation during welding process by changing of the heat energy, in order to avoid afterwards straihtening, was investigated.

1. UVOD

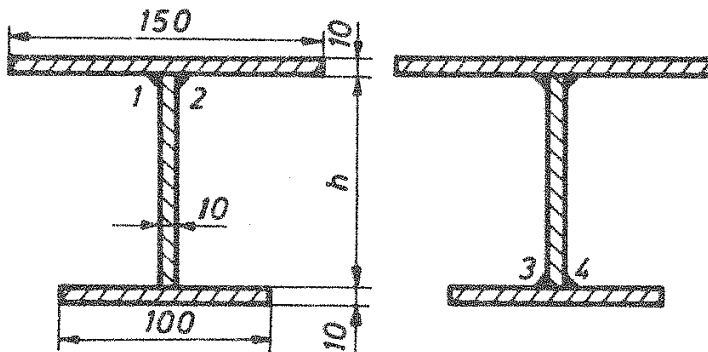
Pri izradi nosača zavarivanjem, nemoguće je izbeći pojavu ostatnih deformacija. Zbog toga je u ovom radu istražena mogućnost ispravljanja nosača u toku samog procesa zavarivanja kako bi se izbeglo njihovo naknadno ispravljanje.

Eksperimentalni nosači su predhodno montirani a zatim otpušteni u peći kako bi se poništili ostatni naponi nastali pri montaži. Zavarivanje nosača je izvedeno u dve faze, kako je to prikazano na slici 1. Pri izvodjenju šavova 1 i 2, kod svih nosača dolazi do pojave ugiba f u odredjenom smeru. Izvodjenje šavova 3 i 4 izaziva ugib f nosača u

*) Palić dr Vlastimir, dipl.ing., vanr.prof., Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, V.Perića-Valtera 2.

***) Rad je proizašao na osnovu rezultata naučnoistraživačke teme "Uticaj debljine lima na veličinu deformacija pri zavarivanju" koju je finansirao SIZ za naučni rad Vojvodine.

suprotnom smeru od onog koji je nastao pri izvodjenju šavova 1 i 2. Ukoliko su dimenzije svih šavova jednake, izvodjenjem šavova 3 i 4 nije moguće poništiti ostatni ugib nosača nastao pri izvodjenju šavova 1 i 2. Osnovni uzrok tome predstavlja postojanje početnog naponskog stanja obrazovanog ranije izvedenim šavovima 1 i 2.



Slika 1. Faze zavarivanja I-nosača

Prema [2] i [4], ugib f zavarenog nosača zavisi i od pogonske energije q_p . To znači, da se promenom pogonske energije q_p može menjati veličina uгиба f nosača nastalog izvodjenjem šavova 1

i 2, odnosno 3 i 4. Ta okolnost daje mogućnost da se povećanjem pogonske energije q_p šavova 3 i 4 u odnosu na pogonsku energiju q_p šavova 1 i 2 poništi ostatna deformacija uгиба f zavarenog nosača.

2. PLANIRANJE EKSPERIMENTA

Svi nosači izradjeni su od brodskog lima debljine 10 mm, dok dužina nosača iznosi 600 mm. Merna dužina nosača iznosi 500 mm. Zavarivanje svih šavova je izvedeno po postupku automatskog zavarivanja pod praškom sa istosmernom strujom. Upotrebljen je prašak za zavarivanje EP-20 i elektrodna žica EPP-2 prečnika 4 mm.

Visina nosača h se menja i iznosi: $h=150; 200; 250$ i 300 mm.

Pogonska energija q_p se menja i glasi: $q_p = q/v_z = U_L \cdot I_z \cdot \eta_{ef} / v_z$ J/cm.

Usvojeni su sledeći parametri zavarivanja:

$$I_z = 600 \text{ A}$$

$$U_L = 34 \text{ V}$$

$$v_{z_{1,2}} = 40; 50; 60; 70; 80$$

$$\text{cm/min}$$

$$v_{z_{3,4}} = 80; 70; 60; 50; 40$$

$$\text{cm/min}$$

$$\frac{q_{p_{3,4}}}{q_{p_{1,2}}} = \frac{v_{z_{1,2}}}{v_{z_{3,4}}} = \frac{40}{80}; \frac{50}{70}; \frac{60}{60}; \frac{70}{50}; \frac{80}{40}$$

$$q_{p_{3,4}}/q_{p_{1,2}} = 0,5; 0,71; 1; 1,4; 2$$

Broj eksperimentalnih nosača koji će biti zavareni iznosi:

$$5 \times 4 \times 3 = 60 \text{ nosača}$$

$$(q_{p_{3,4}}/q_{p_{1,2}}) \quad (h) \quad (\text{ponavljanje})$$

Na osnovu navedenog proizilazi da se radi o dvofaktornom eksperimentu, pri čemu se manjaju visina nosača h i odnos pogonskih energija $q_{p_{3,4}}/q_{p_{1,2}}$. Korišćenjem odnosa pogonskih energija izbegnut je trofaktorni eksperiment i na taj način smanjen broj eksperimentalnih nosača za pet puta (sa 300 na samo 60 eksperimentalnih nosača).

U tablici 1. prikazan je randomizirani redosled eksperimenta, u tablici 2. plan eksperimenta, dok je u tablici 3. prikazan izmereni ugib f nosača.

3. DISPERZIONA ANALIZA

U tablici 4. navedene su vrednosti ostatnog ugiba f nosača (u mm).

A je faktor sa $i=1,2\dots a$ nivoa faktora: $a=5$.

B je faktor sa $j=1,2\dots b$ nivoa faktora: $b=4$.

Ima $k=1,2\dots n$ ponavljanja: $n=3$.

Opšta suma

$$OS = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} = 3,76$$

Opšta suma kvadrata

$$OSK = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n x_{ijk}^2 - \frac{OS^2}{nab} = 1,8142 - \frac{3,76^2}{3 \cdot 5 \cdot 4} = 1,5785734$$

Suma faktora A

$$SA_1 = +2,15 \quad SA_2 = +0,20 \quad SA_3 = -1,09 \quad SA_4 = -2,02 \quad SA_5 = -3,00$$

Suma kvadrata faktora A

$$SKA = \sum_{i=1}^a \frac{SA_i^2}{nb} - \frac{OS^2}{nab} = \frac{1}{3 \cdot 4} (2,15^2 + 0,20^2 + 1,09^2 + 2,02^2 + 3,00^2) - \frac{3,76^2}{3 \cdot 5 \cdot 4} = 1,3419567$$

Suma faktora B

$$SB_1 = -1,88 \quad SB_2 = -0,87 \quad SB_3 = -0,62 \quad SB_4 = -0,39$$

RANDOMIZACIJA

Tablica 1.

Visina rebra h mm	Broj ponavljanja eksperimenta	$q_{p3,4}/q_{p1,2} = v_{z1,2}/v_{z3,4}$			
		0,5	0,71	1	1,4
150	1	26	30	3	14
	2	38	31	4	52
	3	7	36	11	49
200	1	15	6	55	22
	2	40	45	43	20
	3	34	60	37	47
250	1	29	5	19	46
	2	13	25	48	53
	3	32	28	57	56
300	1	17	23	2	21
	2	18	58	9	42
	3	1	44	16	54

PLAN EKSPERIMENTA

Tablica 2.

Randomizirani redovi eksperimenta	visina rebra h mm	$q_{p3,4}/q_{p1,2}$	$v_{z1,2}$ cm/min	$v_{z3,4}$ cm/min	Broj ponavljanja eksperimenta
1	300	0,5	40	80	3
2	300	1	60	60	1
3	150	1	60	60	1
4	150	1	60	60	2
5	250	0,71	50	70	1
6	200	0,71	50	70	1
7	150	0,5	40	80	3
8	150	2	30	40	2
9	300	1	60	60	2
10	250	2	80	40	1
11	150	1	60	60	3
12	300	2	30	40	2
13	250	0,5	40	80	2
14	150	1,4	70	50	1
15	200	0,5	40	80	1
16	300	1	60	60	3
17	300	0,5	40	80	1
18	300	0,5	40	80	2
19	250	1	60	60	1
20	200	1,4	70	50	2
21	300	1,4	70	50	1
22	200	1,4	70	50	1
23	300	1,71	50	70	1
24	150	2	80	40	3
25	250	0,71	50	70	2
26	150	0,5	40	80	1
27	200	2	80	40	3
28	250	0,71	50	70	3
29	250	0,5	40	80	1
30	150	0,71	50	70	1
31	150	0,71	50	70	2
32	250	0,5	40	80	3
33	250	2	80	40	3
34	200	0,5	40	80	3
35	300	2	80	40	1
36	150	0,71	50	70	3
37	200	1	60	60	3
38	150	0,5	40	80	2
39	150	2	80	40	1
40	200	0,5	40	80	2
41	200	2	30	40	1
42	300	1,4	70	50	2

Tablica 2. (nastavak)

1	2	3	4	5	6
43	200	1	60	60	2
44	300	0,71	50	70	3
45	200	0,71	50	70	2
46	250	1,4	70	50	1
47	200	1,4	70	50	3
48	250	1	60	60	2
49	150	1,4	70	50	3
50	300	2	80	40	3
51	250	2	80	40	2
52	150	1,4	70	50	2
53	250	1,4	70	50	2
54	300	1,4	70	50	3
55	200	1	60	60	1
56	250	1,4	70	50	3
57	250	1	60	60	3
58	300	0,71	50	70	2
59	200	2	80	40	2
60	200	0,71	50	70	3

IZMERENI UGIBI f

Tablica 3.

Redosled eksperimenta	Vistina nosača	q _{p,3,4}	Srednja veličina ugiba nosača na polovini njegove dužine											
			Nastalog zbog savova 1 i 2			Nastalog zbog savova 3 i 4			Nastalog zbog svih savova			f		
			f _{1,2}	f _{3,4}	f	f _{1,2}	f _{3,4}	f	f _{1,2}	f _{3,4}	f	f _{1,2}	f _{3,4}	f
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
26	150	0,5	+0,39	-0,19	+0,20	+0,38	-0,21	+0,17	+0,40	-0,18	+0,22			
30	150	0,71	+0,32	-0,27	+0,01	+0,30	-0,26	+0,06	+0,30	-0,31	+0,01			
36	150	1	+0,21	-0,40	-0,19	+0,24	-0,38	-0,14	+0,25	-0,41	-0,16			
14	150	1,4	+0,20	-0,53	-0,33	+0,23	-0,49	-0,26	+0,20	-0,51	-0,27			
39	150	2	+0,24	-0,57	-0,33	+0,22	-0,61	-0,43	+0,24	-0,64	-0,42			
40	200	0,5	+0,35	-0,13	+0,22	+0,36	-0,15	+0,21	+0,32	-0,14	+0,18			
45	200	0,71	+0,21	-0,20	+0,01	+0,20	-0,20	+0,06	+0,21	-0,18	+0,18			
55	200	1	+0,23	-0,28	-0,08	+0,20	-0,30	-0,07	+0,22	-0,31	-0,09			
22	200	1,4	+0,21	-0,35	-0,14	+0,17	-0,37	-0,20	+0,19	-0,32	-0,13			
41	200	2	+0,16	-0,45	-0,29	+0,15	-0,46	-0,30	+0,16	-0,43	-0,24			

Tablica 3. (nastavak)

1	2	3	8	10	9	11	12	13
29	250	0,5	+0,29	+0,273	-0,10	-0,097	+0,19	+0,177
13	250		+0,27		-0,09		+0,18	
32	250	0,71	+0,26	+0,177	-0,10	-0,173	+0,16	+0,003
5	250		+0,22		-0,17		+0,05	
25	250		+0,14		-0,18		-0,04	
28	250		+0,17		-0,17		0,00	
19	250	1	+0,15	+0,153	-0,23	-0,220	-0,08	-0,067
48	250		+0,16		-0,20		-0,04	
57	250		+0,15		-0,23		-0,08	
46	250	1,4	+0,17	+0,160	-0,31	-0,290	-0,14	-0,130
53	250		+0,14		-0,28		-0,14	
56	250		+0,17		-0,28		-0,11	
10	250	2	+0,14	+0,150	-0,34	-0,340	-0,20	-0,190
51	250		+0,14		-0,33		-0,19	
33	250		+0,17		-0,35		-0,18	
17	300	0,5	+0,20	+0,227	-0,09	-0,087	+0,11	+0,140
18	300		+0,25		-0,09		+0,16	
1	300		+0,23		-0,08		+0,15	
23	300	0,71	+0,13	+0,140	-0,13	-0,117	0,00	+0,023
58	300		+0,12		-0,10		+0,02	
44	300		+0,17		-0,12		+0,05	
2	300	1	+0,11	+0,123	-0,16	-0,177	-0,05	-0,053
9	300		+0,13		-0,17		-0,04	
16	300		+0,13		-0,20		-0,07	
21	300	1,4	+0,10	+0,090	-0,18	-0,190	-0,08	-0,100
42	300		+0,06		-0,18		-0,12	
54	300		+0,11		-0,21		-0,10	
35	300	2	+0,13	+0,113	-0,24	-0,253	-0,11	-0,140
12	300		+0,11		-0,25		-0,14	
50	300		+0,10		-0,27		-0,17	

Suma kvadrata faktora B

$$SKB = \sum_{j=1}^b \frac{SB^2}{na} - \frac{OS^2}{nab} = \frac{1}{3.5} (1,88^2 + 0,87^2 + 0,62^2 + 0,33^2) - \frac{3,76^2}{3.5.4} = 0,0862267$$

Tablica 4.

FAKTOR B Visina rebra h mm	Broj ponavljanja eksperimenta	FAKTOR A $q_{p_{3,4}}/q_{p_{1,2}} = v_{z_{1,2}}/v_{z_{3,4}}$					ΣB_j
		0,5	0,71	1	1,4	2	
150	1	+0,20	+0,01	-0,19	-0,33	-0,33	-0,188
	2	+0,17	+0,06	-0,14	-0,26	-0,43	
	3	+0,22	-0,01	-0,16	-0,27	-0,42	
$\Sigma A_1 B_1$		+0,59	+0,06	-0,49	-0,86	-1,18	
200	1	+0,22	+0,01	-0,08	-0,14	-0,29	-0,87
	2	+0,21	+0,06	-0,07	-0,20	-0,30	
	3	-0,18	-0,01	-0,09	-0,13	-0,24	
$\Sigma A_1 B_2$		+0,61	+0,06	-0,24	-0,47	-0,83	
250	1	+0,19	+0,05	-0,08	-0,14	-0,20	-0,62
	2	+0,18	-0,04	-0,04	-0,14	-0,19	
	3	+0,16	0,00	-0,08	-0,11	-0,18	
$\Sigma A_1 B_3$		+0,53	+0,01	-0,20	-0,39	-0,57	
300	1	+0,11	0,00	-0,05	-0,08	-0,11	-0,39
	2	+0,16	+0,02	-0,04	-0,12	-0,14	
	3	+0,15	+0,05	-0,07	-0,10	-0,17	
$\Sigma A_1 B_4$		+0,42	+0,07	-0,16	-0,30	-0,42	
ΣA_i		+2,15	+0,20	-1,09	-2,02	-3,00	-3,76

Suma medjudejstva faktora AB

$$SA_1 B_1 = +0,59 \quad SA_2 B_1 = +0,06 \quad SA_3 B_1 = -0,49 \quad SA_4 B_1 = -0,86 \quad SA_5 B_1 = -1,18$$

$$SA_1 B_2 = +0,61 \quad SA_2 B_2 = +0,06 \quad SA_3 B_2 = -0,24 \quad SA_4 B_2 = -0,47 \quad SA_5 B_2 = -0,83$$

$$SA_1 B_3 = +0,53 \quad SA_2 B_3 = +0,01 \quad SA_3 B_3 = -0,20 \quad SA_4 B_3 = -0,39 \quad SA_5 B_3 = -0,57$$

$$SA_1 B_4 = +0,42 \quad SA_2 B_4 = +0,07 \quad SA_3 B_4 = -0,16 \quad SA_4 B_4 = -0,30 \quad SA_5 B_4 = -0,42$$

Suma kvadrata medjudejstva AB

$$SKAB = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{SAB^2}{n} - SKA - SKB - \frac{OS^2}{nab} = \frac{1}{3} (0,59^2 + 0,06^2 + 0,49^2 + 0,86^2 + 1,18^2 + 0,61^2 + 0,06^2 + 0,24^2 + 0,47^2 + 0,83^2 + 0,53^2 + 0,01^2 + 0,20^2 + 0,39^2 + 0,57^2 + 0,42^2 + 0,07^2 + 0,16^2 + 0,30^2 + 0,42^2) - 1,3419567 - 0,0862267 - \frac{3,76^2}{3.5.4} = 0,11559$$

Suma kvadrata greške

$$SKG = OSK - SKA - SKB - SKAB = 1,5785734 - 1,3419567 - 0,0862267 - 0,11559 = 0,0348$$

Stepeni slobode

Za SKA: $a-1 = 5-1 = 4$

Za SKG: $ab(n-1) = 5 \cdot 4 \cdot (3-1) = 40$

Za SKB: $b-1 = 4-1 = 3$

Za OSK: $abn-1 = 5 \cdot 4 \cdot 3 - 1 = 59$

Za SKAB: $(a-1)(b-1) = (5-1)(4-1) = 12$

Disperziona analiza

Tablica 5.

Izvor promena	Stepen slobode	Suma kvadrata	Srednji kvadrat	v_o	c
					za V=95%
Faktor A	4	1,3419567	0,3354891	385,62	2,61
Faktor B	3	0,0862267	0,0287422	33,04	2,84
Medjudejstvo AB	12	0,11559	0,0096325	11,07	2,016
Greška	40	0,0348	0,00087		
Suma	59	1,5785734			

Fišerov kriterijum

$$v_o = \frac{S_F^2}{S_G^2}$$

Gde je: S_F^2 - disperzija efekta faktora;
 S_G^2 - disperzija greške.

Fišerov kriterijum za faktor A

$$v_{oA} = \frac{\frac{SKA}{4}}{\frac{SKG}{40}} = \frac{0,3354891}{0,00087} = 385,62$$

$$v_{oA} = 385,62 > c = 2,61$$

Zaključak: faktor A je značajan.

Fišerov kriterijum za faktor B

$$v_{oB} = \frac{\frac{SKB}{3}}{\frac{SKG}{40}} = \frac{0,0287422}{0,00087} = 33,04$$

$$v_{oB} = 33,04 > c = 2,84$$

Zaključak: faktor B je značajan.

Fišerov kriterijum za medjudejstvo AB

$$v_{oAB} = \frac{\frac{SKAB}{12}}{\frac{SKG}{40}} = \frac{0,0096325}{0,00087} = 11,07$$

$$v_{oAB} = 11,07 > c = 2,016$$

Zaključak: medjudejstvo AB je značajno

4. REGRESIONA ANALIZA

Za linearnu zavisnost rezultata od dva faktora, funkcija je data u sledećem obliku:

$$z - \bar{z} = a(X - \bar{X}) + b(Y - \bar{Y})$$

U tablici 6. su navedene srednje vrednosti ugiba f nosača (u mm).

Faktor A=x Faktor B=y Ugib f_{srednje} = \bar{z}

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{x} = X \quad \frac{1}{B} = \frac{1}{y} = Y$$

Provera jednorodnosti disperzija

$$S_{z_{ij}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (z_{ijk} - \bar{z}_{ij})^2}{k-1}$$

gde je: k=3 (broj ponovljenih očitavanja).

Kohrenov kriterijum G_{\max} iznosi:

$$G_{\max} = \frac{\max S_{z_{ij}}^2}{\sum_{i=1}^n S_{z_{ij}}^2} = \frac{0,0026491}{0,0173996} = 0,152$$

Stepeni slobode iznose:

$$k-1=3-1=2$$

$$n \cdot m(k-1) = 20(3-1) = 40$$

Za verovatnoću od 95%, Kohrenov kriterijum G iz tablice iznosi:

$$G_{\text{tab}} = 0,158$$

$$G_{\max} = 0,152 < G_{\text{tab}} = 0,158$$

Zaključak: disperzije su jednorodne sa verovatnoćom 95%.

Parametri funkcije (za n=5 i m=4):

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{5} \cdot 5,6227364 = 1,1245472$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Y_j = \frac{1}{4} \cdot 0,01899 = 0,0047499$$

$$\bar{z} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \bar{z}_{ij} = \frac{1}{5 \cdot 4} \cdot (-1,2533) = -0,06266$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \sum_{j=1}^m \bar{z}_{ij}}{m \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} = \frac{1,5923764}{4 \cdot 1,4209044} = 0,2801695$$

$$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \sum_{j=1}^m \bar{z}_{ij} = (2-1,1245472)0,716\bar{6} + (1,4084507-1,1245472)0,06\bar{6} +$$

$$+ (1-1,1245472)(-0,363\bar{3}) + (0,7142857-1,1245472)(-0,673\bar{3}) + (0,5-1,1245472) \cdot (-0,9\bar{9}) = 1,5923764$$

$$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = (2-1,1245472)^2 + (1,4084507-1,1245472)^2 + (1-1,1245472)^2 +$$

$$+ (0,7142857-1,1245472)^2 + (0,5-1,1245472)^2 = 1,4209044$$

$$b = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_j - \bar{Y}) \sum_{i=1}^n \bar{z}_{ij}}{n \sum_{j=1}^m (Y_j - \bar{Y})^2} = \frac{-0,0009032}{5,6,305 \cdot 10^{-6}} = -28,649$$

$$\sum_{j=1}^m (Y_j - \bar{Y}) \sum_{i=1}^n \bar{z}_{ij} = (0,006\bar{6} - 0,004749\bar{9})(-0,626\bar{6}) + (0,005 - 0,00479\bar{9})(-0,289\bar{9}) +$$

$$+ (0,004 - 0,00479\bar{9})(-0,206\bar{6}) + (0,003\bar{3} - 0,00479\bar{9})(-0,13) = -0,0009032$$

$$\sum_{j=1}^m (Y_j - \bar{Y})^2 = (0,006\bar{6} - 0,004749\bar{9})^2 + (0,005 - 0,00479\bar{9})^2 + (0,004 - 0,00479\bar{9})^2 +$$

$$+ (0,003\bar{3} - 0,00479\bar{9})^2 = 6,3053 \cdot 10^{-6}$$

Pošto su parametri funkcije odredjeni, tada ćemo imati sledeće:

$$z - \bar{z} = a(X - \bar{X}) + b(Y - \bar{Y})$$

$$z + 0,0626\bar{6} = 0,2801695(X - 1,124572) - 28,649(Y - 0,00479\bar{9})$$

$$\underline{z = 0,2801695 \cdot X - 28,649 \cdot Y - 0,2416505} \quad (1)$$

U tabelici 8. navedene su računске vrednosti ugiba f u mm dobijene rešavanjem gornje jednačine.

Analiza neadekvatnosti modela

Disperzija neadekvatnosti (za $n=5$, $m=4$ i $k=3$):

$$S_{\text{nead}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\bar{z}_{ij} - \hat{z}_{ij})^2}{n \cdot m - k} = \frac{0,0407906}{5 \cdot 4 - 3} = 0,0023994$$

Srednja disperzija (za $n=5$ i $m=4$):

$$S_{z_{ij}}^2 = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{z_{ij}}^2 = \frac{0,0173996}{5 \cdot 4} = 0,0008699$$

Tablica srednjih vrednosti ugiba $f=\bar{z}_{ij}$

Tablica 6.

(Faktor A) X_i	(0,5)	(0,71)	(1)	(1,4)	(2)	Suma
Y_j (Faktor B)	2,0	1,4084507	1,0	0,7142857	0,5	
0,0066 (150)	+0,1966	+0,02	-0,1633	-0,2866	-0,3933	-0,6266
0,005 (200)	+0,2033	+0,02	-0,08	-0,1566	-0,2766	-0,2899
0,004 (250)	+0,1766	+0,0033	-0,066	-0,13	-0,19	-0,2066
0,0033 (300)	+0,14	+0,0233	-0,0533	-0,1	-0,14	-0,13
SUMA	+0,7166	+0,066	-0,3633	-0,6733	-0,99	-1,2533

Tablica vrednosti za $S^2_{z_{ij}}$

Tablica 7.

(Faktor A) X_i	(0,5)	(0,71)	(1)	(1,4)	(2)	Suma
Y_j (Faktor B)	2,0	1,4084507	1,0	0,7142857	0,5	
0,0066 (150)	0,000633	0,0013	0,000633	0,001433	MAX 0,0026491	0,0070332
0,005 (200)	0,000433	0,0013	0,001	0,001433	0,001033	0,004299
0,004 (250)	0,000233	0,002033	0,000533	0,0003	0,0001	0,003199
0,0033 (300)	0,0007	0,000633	0,000233	0,0004	0,0009	0,002866
SUMA	0,00199	0,005266	0,001499	0,003566	0,005066	0,0173996

Tablica računskih vrednosti ugiba $f=\hat{z}_{ij}$

Tablica 8.

(Faktor A) X_i	(0,5)	(0,71)	(1)	(1,4)	(2)	$\sum_{i=1}^5 (\bar{z}_{ij} - \hat{z}_{ij})^2$
Y_j (Faktor B)	2,0	1,4084507	1,0	0,7142857	0,5	
0,0066 (150)	+0,1276971	-0,038037	-0,1524724	-0,2325209	-0,2925572	0,0213306
0,005 (200)	+0,1754435	+0,0097094	-0,104726	-0,1847745	-0,2448108	0,003299
0,004 (250)	+0,2040925	+0,0383584	-0,076077	-0,1561255	-0,2161618	0,0034344
0,0033 (300)	+0,2231928	+0,0574587	-0,0569767	-0,1370252	-0,1970615	0,0127257
$\sum_{j=1}^4 (\bar{z}_{ij} - \hat{z}_{ij})^2$	0,0132078	0,0058654	0,0008312	0,0057752	0,015111	0,0407906

Fišerov kriterijum:

$$v_0 = \frac{S_{\text{nead}}^2}{S_{z_{ij}}^2} = \frac{0,0023994}{0,0008699} = 2,758$$

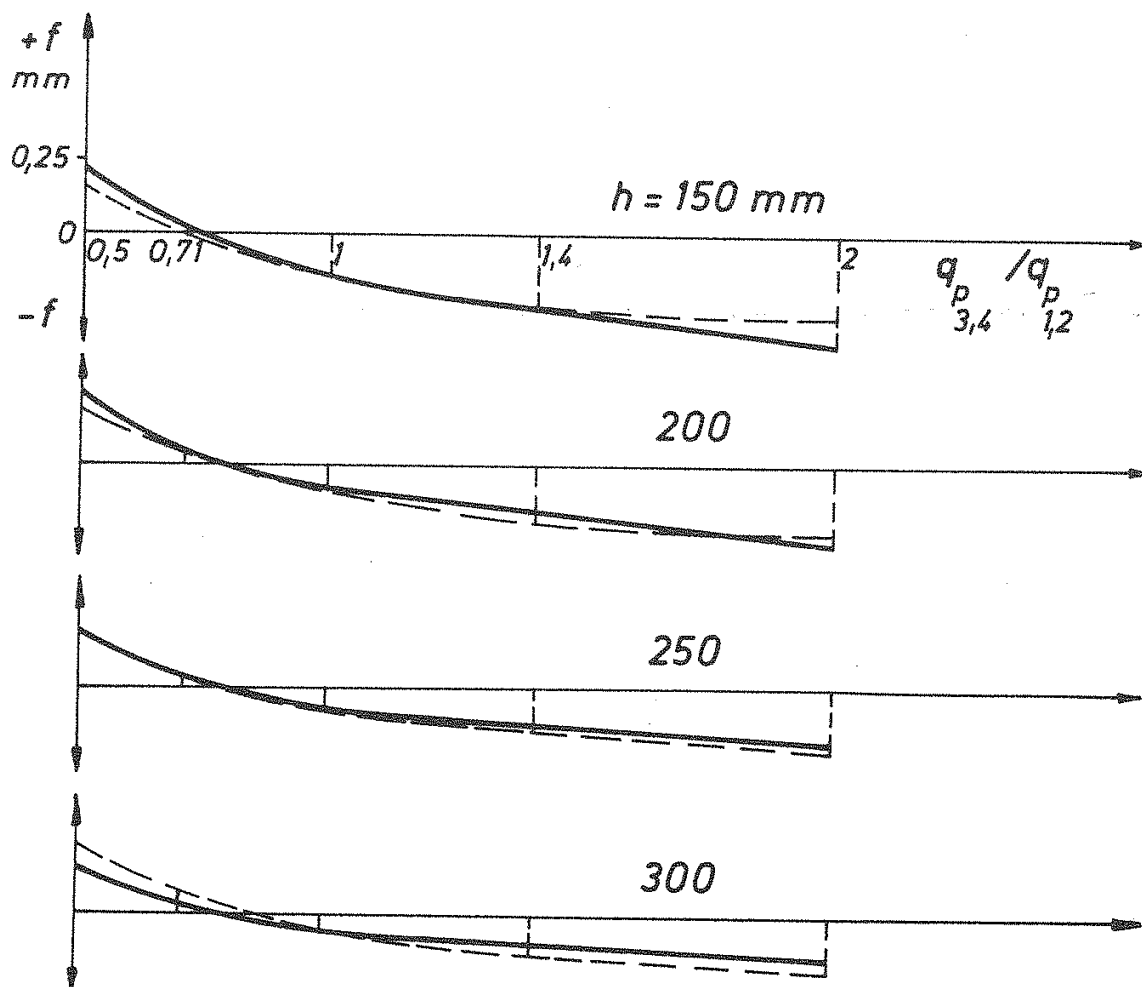
Fišerov kriterijum za verovatnoću od 95% i stepene slobode $k-1=3-1=2$ i $m.n(k-1)=4.5(3-1)=40$ iz tablice iznosi:

$$c = 3,23$$

$$v_0 = 2,758 < c = 3,23$$

Model je adekvatan sa verovatnoćom od 95%.

Na slici 2. su crtkanim linijama označene krive dobijene prema vrednostima iz tablice 8.



Slika 2.

5. ZAKLJUČAK

Iz prikazanih rezultata i dijagrama na slici 2. vidi se da je moguće povećanjem pogonske energije q_p šavova 3 i 4 u odnosu na pogonsku energiju q_p šavova 1 i 2 poništiti ostatnu deformaciju ugiba f u toku samog procesa zavarivanja nosača. Svi rezultati na slici 2. važe samo za ispitivani tip nosača i područje njegovih dimenzija koje su bile predmet razmatranja.

LITERATURA

- [1] Pantelić I.: Uvod u teoriju inženjerskog eksperimenta, Radivoj Ćirpanov, Novi Sad, 1976.
- [2] Okerblom N.O., Demjancevič V.P., Bajkova I.P.: Proektirovanie tehnologii izgotovlenija svarnih konstrukcij, Sudpromgiz, Leningrad, 1963.
- [3] Palić V.: Uticaj debljine lima na veličinu deformacija pri zavarivanju, Naučnoistraživačka tema, Novi Sad, 1981.
- [4] Palić V.: Zavarivanje, IV deo, skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1982.
- [5] Stankov J.: Osnove merne tehnike - metode planiranja eksperimenta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1982.