



vazmfb.com/sa/

Strukturalna analiza

Vežbe 4

01.06.2020.

Katedra za vazduhoplovstvo
Mašinski fakultet
Univerziteta u Beogradu

Danilo M. Petrašinić
Nikola G. Raičević 



Sadržaj

- Podsećanje na vežbu 3
- Dijagram provere nosivosti oplate
- Provera najopterećenijeg polja/uzdužnika sa pripadajućom oplatom na izvijanje
- Proračun okvira trupa



- U vežbi 3 je prikazan proračun poprečnog preseka krila/trupa.
- Prikazan je postupak proračuna normalnih i tangencijalnih napona krila/trupa.



- Na osnovu rezultata koji su dobijeni u vežbi 3, može se izvršiti provera nosivosti oplate.
- Dijagram provere nosivosti moraju da sadrže sva pritisnuta polja/uzdužnike, njihovu numeraciju kao i zone u kojima tačke trebaju da se nalaze.
- Jednačina parabole je:

$$\frac{\sigma}{\sigma_{kr}} = \left(\frac{\tau}{\tau_{kr}} \right)^2 - 1$$

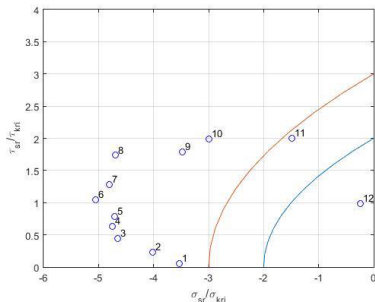
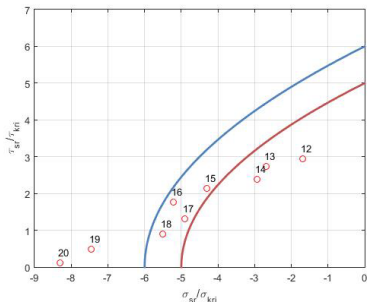
- Zona za trup je u okvirima:

$$\left(\frac{b}{a} \right) = \frac{1}{5} \div \frac{1}{6}$$



- Zona za krilo je u okvirima:

$$\left(\frac{b}{a}\right) = \frac{1}{2} \div \frac{1}{3}$$





- Na osnovu rezultata koji su dobijeni u vežbi 3, može se utvrditi koje je polje (uzdužnik sa nosećom oplatom) najopterećenije. Izvršiti proveru najopterećenijeg polja/uzdužnika na izvijanje.
- Veličine neophodne za dalji proračun su σ_{max} , b_e , ΔL , δ_{opl} , h_{uzd} , δ_{uzd} kao i $\sigma_E = 3000 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$. Veličine i njihove vrednosti prikazati tabelarno.
- Sve potrebne veličine se određuju na osnovu izraza:

$$I_{xi} = (z_i - z_c)^2 \cdot S_i, \quad i_x = \sqrt{\frac{\sum I_{xi}}{\sum S_i}}, \quad \lambda = \frac{\Delta L}{i_x}, \quad \lambda_p = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_E}}$$

$$\sigma_{kr,izv} = \begin{cases} \sigma_E + \frac{\sigma_E^2 \lambda^2}{4\pi^2 E}; & \lambda \leq \lambda_p \\ \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}; & \lambda > \lambda_p \end{cases}$$

$$z_c = \frac{\sum S_i \cdot z_i}{\sum S_i}, \quad \nu_{izv} = \frac{\sigma_{kr,izv}}{\sigma_{max}} \geq 1$$



- Najopterećenije polje/uzdužnik podeliti na 3 segmenta. Rezultate prikazati tabelarno.

i	S_i [cm ²]	z_i [cm]	$S_i \cdot z_i$ [cm ³]	I_{xi} [cm ⁴]
1				
2				
3				

$\sum S_i$ [cm ²]	$\sum S_i \cdot z_i$ [cm ³]	$\sum I_{xi}$ [cm ⁴]

i_x [cm]	λ	λ_p

$\sigma_{kr,izv}$ [daN/cm ²]	ν_{izv}



- Okviri predstavljaju poprečne grede u trupu koje služe za unošenje koncentrisanih opterećenja. Potrebno je izvršiti proračun i dimenzionisanje najopterećenijeg okvira.
- Iz prethodnih proračuna neophodne su vrednosti parametara T_z , ΔT_z i b_i . Parametre i njihove vrednosti prikazati tabelarno.
- Sve potrebne veličine se određuju na osnovu izraza:

$$t_{okv,i} = \frac{j \cdot \Delta T_z}{I_{y1}} S_{yi}, \quad t_{opl,i} = \frac{t_{okv,i} \cdot T_z}{\Delta T_z}$$

$$T_i = \frac{t_{i+1} + t_i}{2} \cdot b, \quad Z_i = -T_i \sin \alpha_i, \quad Y_i = T_i \cos \alpha_i$$

$$M_{o,i} = M_{o,i-1} + Y_{o,i-1}(z_i + z_{i-1}) + Z_{o,i-1}(y_i + y_{i-1})$$



- Rešenja prethodno navedenih izraza prikazati tabelarno.

Broj uzd.	1	...	n
$t_{okv,i}$ [daN/cm]			
$t_{opl,i}$ [daN/cm]			
α_i [°]			
$\sin \alpha_i$			
$\cos \alpha_i$			
z_i [cm]			
y_i [cm]			
z_i^2 [cm ²]			
T_i [daN]			
Z_i [daN]			
Y_i [daN]			
Z_{oi} [daN]			
Y_{oi} [daN]			
N_{oi} [daN]			
T_{oi} [daN]			
M_{oi} [daNcm]			
$M_{oi} \cdot z_i$ [daNcm ²]			



- Kada su određene sve prethodno navedene veličine, moguće je odrediti i N_A i M_A i to rešavanjem sledećeg sistema jednačina:

$$\int_0^l M_o z dl + M_A \int_0^l z dl + N_A \int_0^l z^2 dl = 0$$
$$\int_0^l M_o dl + M_A \int_0^l dl + N_A \int_0^l z dl = 0$$

- Za rešavanje sistema jednačina je neophodno pronaći parametre koji su dati u sledećoj tabeli.

$\sum M_{oi} \cdot z_i$	$\sum z_i$	$\sum z_i^2$	$\sum M_{oi}$	n



- Sistem rešavati numerički (*Octave*) a rešenja prikazati tabelarno.
- Kada su poznate vrednosti parametara N_A i M_A , moguće je odrediti i N , T i M u svakom uzdužniku zasebno.

Broj uzd.	1	...	n
N_i [daN]			
T_i [daN]			
M_i [daNcm]			

- Promene N_i , T_i odnosno M_i po uzdužnicima prikazati uz pomoć dijagrama.



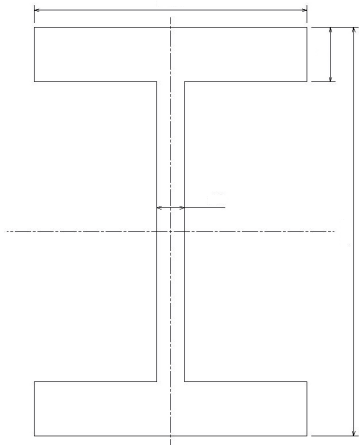
- Na osnovu dobijenih rezultata moguće je dimenzionirati poprečni presek okvira trupa. Vršiti se dimenzionisanje za tri slučaja:
 1. M_{max}
 2. N_{max}
 3. T_{max}
- Sve potrebne veličine se određuju na osnovu izraza:

$$\sigma_{max} = \frac{j \cdot M}{I_x} \cdot 7.5\delta \pm \frac{N}{51\delta^2} \leq \sigma_{doz}$$
$$\tau_{max} = \frac{j \cdot T}{I_x \delta} \cdot S_x^{1/2} \pm \frac{N}{51\delta^2} \leq 0.6\sigma_{doz}$$

gde je $\sigma_{doz} = 2400 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$



- Na osnovu dobijenih rezultata nacrtati i kotirati poprečni presek okvira trupa.





Hvala na pažnji!