

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, STROJARSTVA I BRODOGRADNJE – Split
ZAVOD ZA STROJARSTVO I BRODOGRADNJU
KATEDRA ZA ELEMENTE STROJEVA

D. Jelaska, T. Piršić, S. Podrug

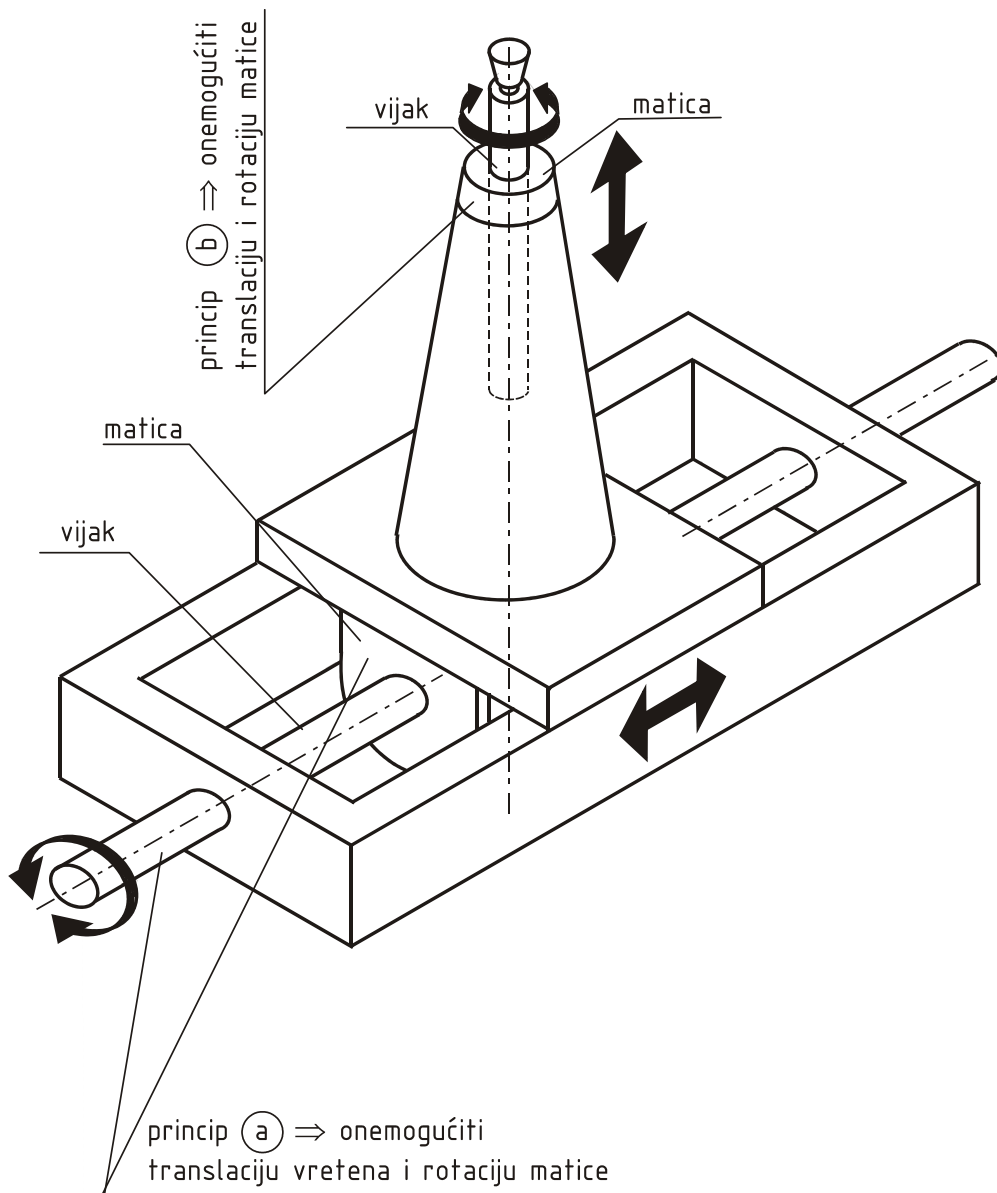
RUČNA DIZALICA

Uputstvo za proračun

SPLIT, 2002.

ZADATAK:

Proračunati i konstruirati ručnu dizalicu, koja na principu radnog vijka podiže zadani teret te ga horizontalno pomiče, prema slici:



Slika 1. Aksonometrijska skica ručne dizalice

Zadano je:

teret koji se diže (tlačna sila) F

materijali vretena

hod vertikalnog vretena H_v

horizontalni pomak stupa dizalice H_h .

1. Dimenzije vertikalnog vretena s normalnim trapeznim navojem

Dimenzioniranje vretena vrši se obzirom na izvijanje. Zadana tlačna sila mora biti manja od kritične sile uz stupanj sigurnosti protiv izvijanja:

$$\upsilon F \leq F_k, \quad (1.1)$$

F_k - sila izvijanja,

F - zadana tlačna sila,

υ - sigurnost protiv izvijanja - pretpostaviti $\upsilon = 5 \dots 8$.

Ne poznavajući vitkost vretena pretpostavlja se elastično izvijanje za koje se kritična sila pri kojoj dolazi do izvijanja računa po Eulerovoj jednadžbi.

$$F_k = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_{\min}}{a^2},$$

E - modul elastičnosti, $E = 210 \text{ GPa}$,

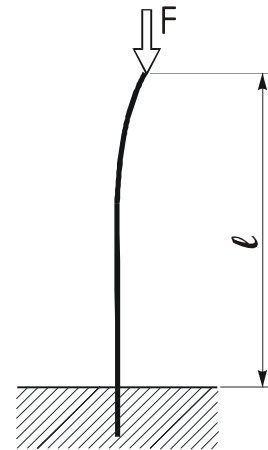
I_{\min} - najmanji aksijalni moment inercije poprečnog presjeka vretena,

$$I_{\min} = \frac{d_j^4 \cdot \pi}{64},$$

a - slobodna duljina izvijanja, ovisi o načinu uležištenja vretena, za slučaj prema slici 2.:

$$a = 2 \cdot \ell,$$

ℓ - pretpostavljena duljina, mjera od sredine matice (vodilice) do vrha vretena kada se vreteno nalazi u najvišem gornjem položaju.



Slika 2. Uležištenje vertikalnog vretena

Uvrštavanjem prethodnih izraza u izraz (1.1) te njegovim sređivanjem dobiva se potrebni promjer jezgre vretena obzirom na izvijanje:

$$d_j \geq \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F \cdot \upsilon \cdot a^2}{E \cdot \pi^3}}.$$

Na osnovu izračunatog minimalnog promjera vratila vrši se izbor normalnog trapeznog navoja – HRN.M.B0.062.

1.1 Kontrola naprezanja u vretenu

S obzirom da je vreteno izloženo složenom naprezanju (normalno i tangencijalno), potrebno je izvršiti njegovu kontrolu. Ekvivalentno naprezanje mora biti manje od dozvoljenog normalnog naprezanja:

$$\sigma_{\text{ekv}} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau_t^2} \leq \sigma_{\text{dop}},$$

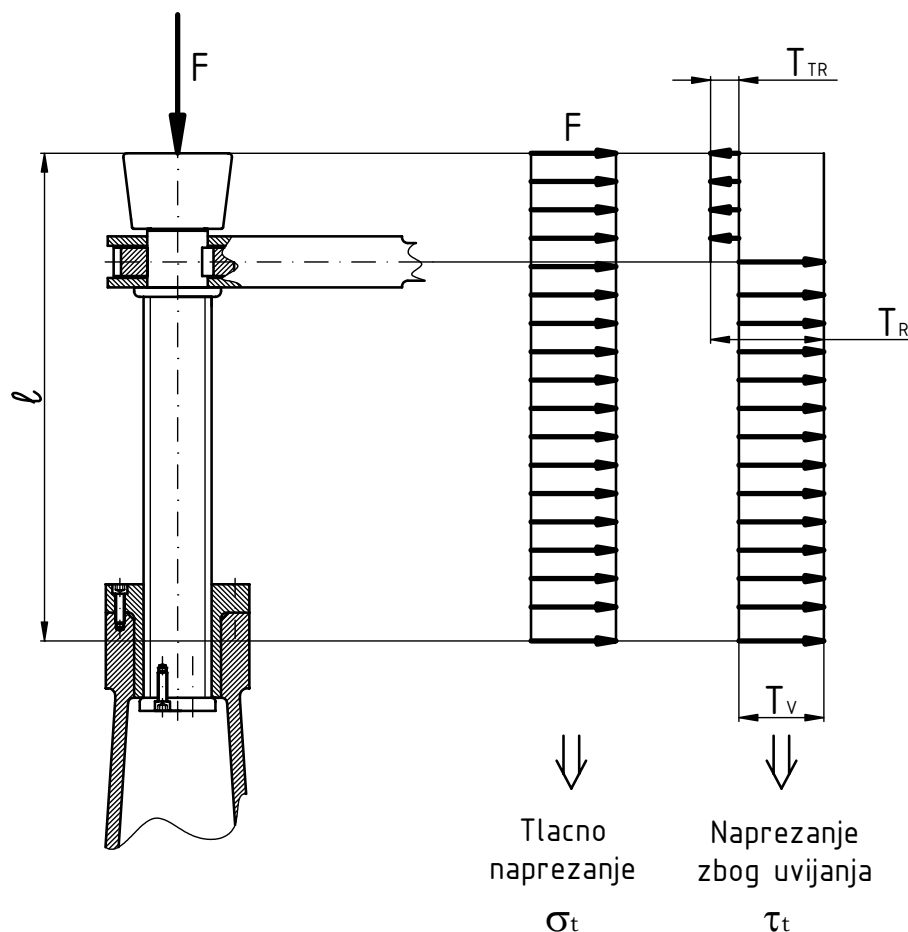
σ_{ekv} - ekvivalentno naprezanje,

σ_t - normalno tlačno naprezanje,

τ_t - naprezanje zbog uvijanja,

σ_{dop} - dopušteno normalno naprezanje $\sigma_{\text{dop}} = 0,6 \cdot R_p$,

R_p - granica plastičnosti (tečenja).



Slika 3. Opterećenje vertikalnog vretena

Tlačno naprezanje:

$$\sigma_t = \frac{F}{A_j},$$

A_j - poprečni presjek jezgre vretena.

Naprezanje zbog uvijanja:

$$\tau_t = \frac{T_v}{W_p},$$

W_p - polarni moment otpora poprečnog presjeka jezgre vretena,

$$W_p = \frac{\pi d_j^3}{16},$$

T_v - moment uvijanja na navoju vretena,

$$T_v = F \frac{d_2}{2} \tan(\gamma + \rho'),$$

d_2 - srednji promjer trapeznog navoja,

γ - kut uspona navoja vretena,

$$\gamma = \arctan \frac{P_h}{d_2 \pi},$$

P_h - uspon navoja,

$$P_h = P \cdot n,$$

P - korak navoja,

n - vojnost vretena,

ρ' - reducirani kut trenja u navoju,

$$\rho' = \arctan \mu',$$

μ' - reducirani faktor trenja u navoju,

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha}{2}},$$

μ - faktor trenja u navoju, za čelik/bronca $\mu = 0,1$,

α - kut normalnog trapeznog navoja.

1.2 Kontrola samokočnosti i stupanj djelovanja vretena

Navoj vretena mora biti samokočan, da bi to bilo ispunjeno mora kut uspona navoja vretena biti manji od reduciranog kuta trenja u navoju:

$$\gamma < \rho'.$$

Stupanj djelovanja vretena:

$$\eta_v = \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \rho')}.$$

Izraz vrijedi samo uz pretpostavku zanemarivanja momenta trenja između nepomične glave i sferno izvedenog umetka između glave i vretena.

1.3 Duljina ručice za okretanje vertikalnog vretena

Duljina ručice za okretanje horizontalnog vretena određuje se iz uvjeta da potrebna ručna sila F_R bude manja ili jednaka 200 N. Pa je:

$$\ell_R = \frac{T_v}{F_R}.$$

Izraz također vrijedi samo uz pretpostavku zanemarivanja momenta trenja između nepomične glave i sferno izvedenog umetka između glave i vretena.

1.4 Kontrola vretena na izvijanje

Faktor vitkosti za vreteno kružnog presjeka:

$$\lambda = \frac{4a}{d_j}.$$

Vitkost λ_0 predstavlja granicu između elastičnog i neelastičnog izvijanja, ovisi o materijalu i iznosi:

$$\text{za } \check{C}0360 \text{ i } \check{C}0460 \Rightarrow \lambda_0 = 105$$

$$\text{za } \check{C}0545 \text{ i } \check{C}0645 \Rightarrow \lambda_0 = 89$$

Za slučaj $\lambda > \lambda_0$ postoji elastično izvijanje i u tom slučaju se kritično naprezanje računa prema Euleru:

$$\sigma_k = \pi^2 \frac{E}{\lambda^2}.$$

Sigurnost prema izvijanju:

$$v = \frac{\sigma_k}{\sigma_t} \geq v_{\text{potr}} = 3 \dots 6.$$

Ako je $\lambda < \lambda_0$ izvijanje je neelastično, pa se kritično naprezanje računa prema eksperimentalnim Tetmajerovim izrazima:

$$\text{za } \check{C}0360 \text{ ili } \check{C}0460 \text{ i } \lambda < 105 \Rightarrow \sigma_k = 310 - 1,14\lambda$$

$$\text{za } \check{C}0545 \text{ ili } \check{C}0645 \text{ i } \lambda < 89 \Rightarrow \sigma_k = 335 - 0,62\lambda$$

Sigurnost prema izvijanju:

$$v = \frac{\sigma_k}{\sigma_t} \geq v_{\text{potr}} = 2 \dots 4.$$

2. Dimenzioniranje matice (vodilice)

Visina matice m određuje se iz uvjeta da pritisak na navoju matice bude manji od dozvoljenog:

$$p \leq p_{\text{dop}}. \quad (2.1)$$

p - pritisak na navoju matice,

$$p = \frac{F}{iA_n},$$

i - broj navoja u matici,

$$i = \frac{m}{P},$$

A_n - nosiva površina jednog navoja,

$$A_n = \pi d_2 H_1.$$

H_1 - aktivna dubina navoja (za trapezni navoj $H_1 = 0,5P$)

Uvrštavanjem prethodnih izraza u izraz (2.1) dobiva se:

$$m \geq \frac{FP}{\pi d_2 H_1 p_{\text{dop}}},$$

p_{dop} - dozvoljeni površinski pritisak, za bronca/čelik očitava se iz tablice 1.

Tablica 1. Dozvoljeni površinski pritisak

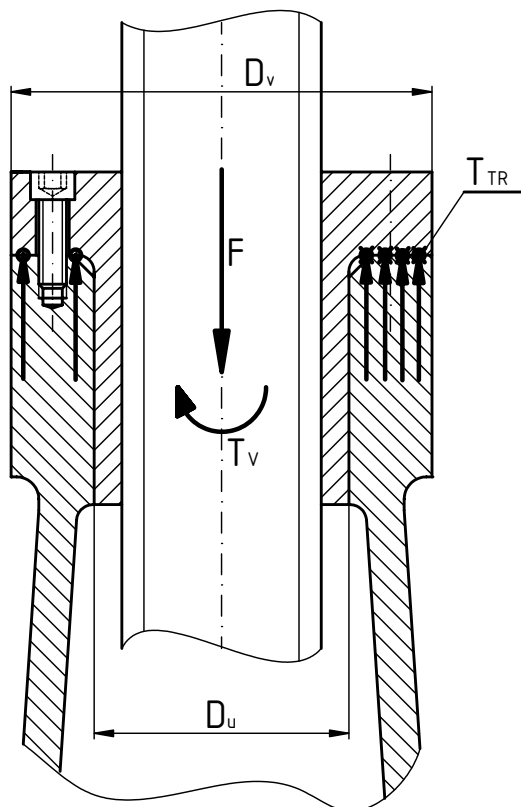
Trajnost pomicanja	Dozvoljeni površinski pritisak p_{dop} , MPa		
	sivi lijev	bronca	bronca
	čelik	čelik	čelik, kaljen i brušen
Neprekidno	2	5	15
Povremeno	5	7,5	

2.1 Veza matice i stupa

Moment trenja između matice i stupa mora biti veći od momenta na navoju vretena

$$T_{tr} \geq T_v \cdot s_k, \quad (2.2)$$

s_k - stupanj sigurnosti protiv klizanja ($s_k = 1,2$).



Slika 4. Moment na navoju vretena i moment trenja između matice i stupa

Moment trenja:

$$T_{tr} = \mu FR_{sr},$$

μ - faktor trenja između matice i stupa, za bronca/sivi lijev $\mu = 0,12$,

R_{sr} - srednji polumjer ,

$$R_{sr} = \frac{D_v + D_u}{4}.$$

Unutrašnji promjer može se procijeniti:

$$D_u = d + 20 \text{ mm}.$$

Uvrštavanjem prethodnih izraza u izraz (2.2) proizlazi da vanjski promjer matice mora biti:

$$D_v \geq 4,8 \frac{T_v}{\mu F} - D_u.$$

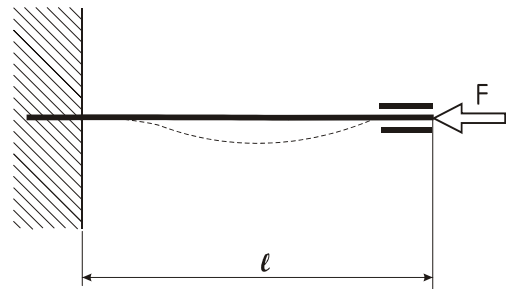
Staviti dva zatika $\varnothing 5$ ili dva imbus vijka M5 za osiguranje.

3. Dimenzije horizontalnog vretena s normalnim trapeznim navojem

Ovo vreteno služi za horizontalno pomicanje vertikalnog stupa na postolju dizalice. Potreban promjer jezgre vretena proračunava se prethodno po Euleru za izvijanje u elastičnom području. Vreteno je uležišteno u postolju na dva mjesta. Kao najveća duljina izvijanja uzima se najveća udaljenost između aksijalnog uležištenja u postolju i sredine matice u stupu, kada je stup u krajnjem desnom položaju. Tijek proračuna kao kod vertikalnog vretena s tim da je:

Slobodna duljina izvijanja za uležištenje vretena kao na slici 5.:

$$a = \ell/2.$$

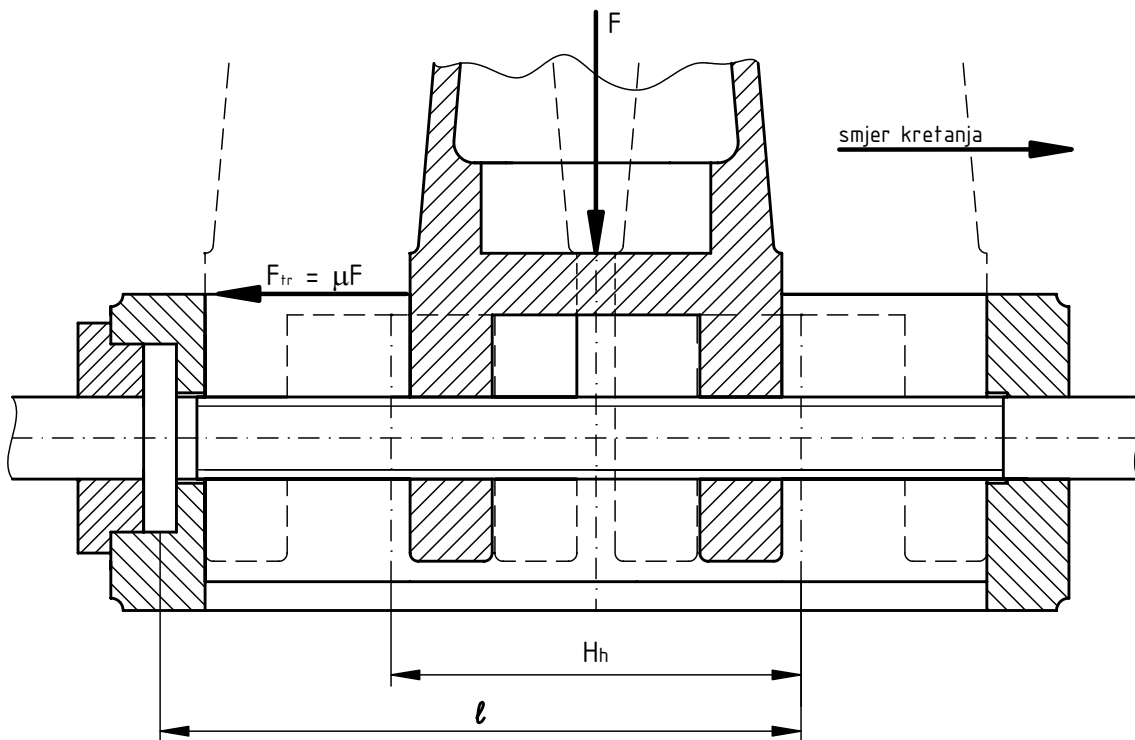


Slika 5. Uležištenje horizontalnog vretena

Tlačna sila:

$$F_{tr} = \mu F,$$

μ - faktor trenja između vertikalnog stupa i postolja dizalice, za sivi lijev/ sivi lijev (suho trenje) $\mu = 0,15$.



Slika 6. Opterećenje horizontalnog vretena

Potrebni promjer jezgre vretena obzirom na izvijanje:

$$d_j \geq \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_{tr} \cdot \nu \cdot a^2}{E \cdot \pi^3}}.$$

Na osnovu izračunatog minimalnog promjera vratila vrši se izbor normalnog trapeznog navoja – HRN.M.B0.062.

3.1 Kontrola naprezanja u vretenu

U horizontalnom vretenu je također potrebno kontrolirati naprezanje. Vreteno je izloženo složenom naprezanju (normalno i tangencijalno). Ekvivalentno naprezanje mora biti manje od dozvoljenog normalnog naprezanja:

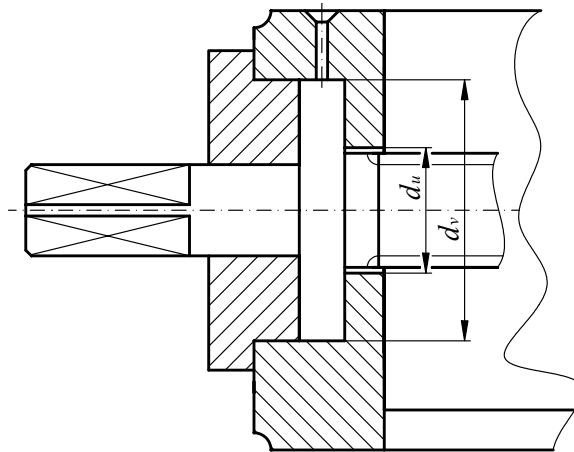
$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_t^2} \leq \sigma_{dop}.$$

Normalno naprezanje:

$$\sigma = \frac{F_{tr}}{A_j}.$$

Naprezanje zbog uvijanja:

$$\tau_t = \frac{T}{W_p}.$$



Slika 7. Greben horizontalnog vretena

Ukupni moment uvijanja:

$$T = T_v + T_p.$$

Moment uvijanja na navoju vretena za savladavanje sile trenja F_{tr} :

$$T_v = F_{tr} \frac{d_2}{2} \tan(\gamma + \rho').$$

Moment uvijanja uslijed trenja grebena vretena o podlogu:

$$T_p = \mu F_{tr} \frac{d_v + d_u}{4},$$

d_u - može se uzeti jednak nazivnom promjeru vretena.

Iz uvjeta da je površinski pritisak na grebenu manji ili jednak dozvoljenom određuje se vanjski promjer d_v :

$$p = \frac{4F_{tr}}{\pi(d_v^2 - d_u^2)} \leq p_{dop} \Rightarrow d_v \geq \sqrt{\frac{4F_{tr}}{\pi p_{dop}} + d_u^2}$$

Dozvoljeni površinski pritisak za sivi lijev/čelik očitava se iz tablice 1.

3.2 Duljina ručice za okretanje horizontalnog vretena

Duljina poluge za okretanje horizontalnog vretena određuje se iz uvjeta da potrebna ručna sila F_R bude manja od 200 N. Pa je:

$$\ell_R = \frac{T}{F_R}$$

3.3 Kontrola vretena na izvijanje

Potrebno je odrediti faktor vitkosti i utvrditi da li je izvijanje u elastičnom ili u neelastičnom području te izvršiti kontrolu na potrebnu sigurnost.

4. Određivanje potrebne duljine matice u donjem dijelu stupa

Iz uvjeta da površinski pritisak na navoju bude manji ili jednak dozvoljenom izračunava se potrebna duljina matice:

$$m \geq \frac{F_{tr} P}{\pi d_2 H_1 p_{dop}}$$

Dozvoljeni površinski pritisak za sivi lijev/čelik očitava se iz tablice 1.