

## 6.6. Sraigtinė perdava

Sraigto-veržlės perdava skirta sukimo judesį transformuoti į slenkamąjį judesį arba atvirkščiai. Šioje perdavoje gali būti ašinė kryptimi nejudrus besisukantis sraigtas su slenkančia veržle arba veržlė nejudama, o sraigtas sukdamasis slenka.

Sraigto-veržlės perdava gali būti: slydimo, riedėjimo arba hidrostatinė.

Šiame skyriuje pateikta slydimo sraigtinės perdavos projektavimo metodika. Slydimo sraigto-veržlės perdavose paprastai naudojamas standartinis trapecinis, kartais nestandartinis kvadratinio profilio, sriegis. Viena kryptimi perduodant jėgą, pavyzdžiui, keltuvuose, naudojamas standartinis atraminis sriegis.

Sraigtinės perdavos projektavimo **pradiniai duomenys**:

- sraigtas-veržlė poros medžiagų tipai ir sriegio tipas;
- $F_a$  – ašinė jėga veikianti sraigą Apskaičiuojant  $F_a$  reiktų įvertinti sraigto jėgos padidėjimą dėl trinties visuose projektuojamo įrenginio elementuose išskyrus sraigą, t.y. apskaičiuojant  $F_a$  nereikia vertinti trinties tarp sraigto ir veržlės, bei trinties galiniame sraigto ar veržlės paviršiuje (jei tokia yra).;
- veržlės (arba sraigto) eiga;
- apkrovos grafikas arba tipinis darbo režimas ir apkrovos pobūdis.

### 6.6.1. Medžiagų parinkimas ir leistinųjų įtempių nustatymas

Sraigatai gaminami iš vidutinio anglingumo plienų CT4, CT5, 45, 50 arba legiruotų plienų 40X, 40XH ir kt. Veržlės paprastai gaminamos iš antifrikcinių medžiagų tokių kaip alavinė bronzos, pilkasis ketus ir pan.

**Sraigto medžiagos leistinieji įtempimai.** Pagal sraigto-veržlės poros medžiagas ir darbo sąlygas iš 6.28 lentelės parenkame leistiną lyginamąjį slėgį  $p_{adm}$  sriegiuose. Jei duotas apkrovos grafikas, tai tipinis darbo režimas nustatomas pasinaudojus (6.22) formule ir 6.13 lentele.

6.28 lentelė. Leistinas lyginamasis slėgis sriegiuose  $p_{adm}$

Sraigto ir veržlės medžiaga	$p_{adm}$ , MPa, kai tipinis darbo režimas yra		
	Pastovus	Sunkus arba vidutinis	Lengvas arba ypač lengvas
grūdintas plienas – bronzos	11 ... 12	13 ... 15	16 ... 20
plienas – bronzos	8 ... 9	10 ... 11	12 ... 16
plienas – ketus	4 ... 5	6 ... 8	9 ... 10
grūdintas plienas – plienas	7 ... 9	10 ... 12	13 ... 17

Sraigtaui su trapeciniu sriegiu leistinieji įtempimai:

$$\sigma_{s adm} = 0.13 \sigma_{ut}, \quad (6.68)$$

o sraigtaui su atraminiu arba kvadratinu sriegiu

$$\sigma_{s adm} = 0.16 \sigma_{ut}; \quad (6.69)$$

čia  $\sigma_{ut}$  – sraigto medžiagos stiprumo riba tempiant.

**Veržlės medžiagos leistinieji įtempimai** pateikti 6.29 lentelėje.

6.29 lentelė. Rekomenduotinos veržlės leistinųjų įtempių reikšmės

Veržlės medžiaga	Leistinieji tempimo (gniuždymo) įtempimai $\sigma_{vt adm}$ , MPa	Leistinieji glemžimo įtempimai $\sigma_{v gl adm}$ , MPa	Leistinieji kirpimo įtempimai $\tau_{v k adm}$ , MPa
Bronza	35 ... 45	35 ... 45	20 ... 25
Ketus	20 ... 25	35 ... 45	20 ... 30
Plienas	$(0.25 \dots 0.35) \sigma_{yt}$	$0.70 \sigma_{yt}$	$(0.20 \dots 0.30) \sigma_{yt}$

Pastaba: čia  $\sigma_{yt}$  – veržlės medžiagos takumo riba tempiant.

### 6.6.2. Projektiniai ir patikrinamieji skaičiavimai

**Sraigto skersmens ir žingsnio nustatymas.** Parenkame veržlės aukščio koeficientą  $\psi_H = H / d_2$ :

- ištisinėms veržlėms imamas 1,2 ... 2,5;
- perskiriamoms veržlėms 2,5 ... 3,5.

Parentame sriegio aukščio koeficientą  $\psi_h = h / p_s$ :

- trapeciniam ir kvadratinio profilio sriegiams  $\psi_h = 0,5$ ;
- atraminiam sriegiams –  $\psi_h = 0,75$ .

Vidutinis sriegio skersmuo nustatomas remiantis trinties poros ilgaamžiškumu, t.y. skaičiuojama išsidėvėjimui:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{F_a}{\pi \Psi_H \Psi_h P_{adm}}}, \text{ mm}; \quad (6.70)$$

čia  $F_a$  – ašinė jėga veikianti sraigta, N;  $p_{adm}$ , MPa.

Pagal apskaičiuotą vidutinį sriegio skersmenį  $d_2$  nustatomi sriegio geometriniai parametrai, t.y.  $d$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  ir  $p_s$  (žr. 6.30 ... 6.32 lenteles). Jei trapecinių ar atraminių sriegių standarte tam pačiam vidutiniam skersmeniui numatyti keli žingsniai, tai rekomenduojama imti sriegį su didesniu žingsniu.

Visų tipų sriegių vijų kilimo kampas:

$$\varphi = \arctg \frac{z_s p_s}{\pi d_2}; \quad (6.71)$$

čia:  $z_s$  – sriegio pradžių skaičius;  $p_s$  – sriegio žingsnis, mm;  $d_2$  – sriegio vidutinis skersmuo, mm.

6.30 lentelė. Trapecinių sriegių geometriniai parametrai, mm (pagal DIN 103 arba GOST 9484-81)

$d = d_2 + 0,5 p_s; \quad d_1 = d - p_s$																	
$p_s$	$d_2$																
2,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0	25,0	27,0						
3,0	8,5	10,5	12,5	28,5	30,5	32,5	34,5	36,5	38,5	40,5	42,5	44,5	46,5	48,5	50,5	53,5	58,5
4,0	14,0	16,0	18,0	63,0	68,0	73,0	78,0										
5,0	19,5	21,5	23,5	25,5	82,5	87,5	92,5	97,5	107,5								
6,0	27,0	29,0	31,0	33,0	35,0	37,0	39,0	117,0	127,0	137,0	147,0						
8,0	18,0	20,0	22,0	24,0	40,0	42,0	44,0	46,0	48,0	51,0	56,0	156,0	166,0	176,0	186,0		
10,0	25,0	27,0	29,0	31,0	33,0	35,0	37,0	60,0	65,0	70,0	75,0	195,0	205,0	215,0			
12,0	38,0	40,0	42,0	44,0	46,0	49,0	54,0	79,0	84,0	89,0	94,0	104,0	234,0	244,0	254,0	274,0	

6.31 lentelė. Atraminių sriegių geometriniai parametrai, mm (pagal GOST 10177-82)

$d = d_2 + 0,75 p_s; \quad d_1 = d - H_2$													
$p_s$	$H_2$	$d_2$											
2,0	3,472	8,5	10,5	12,5*	14,5	16,5*	18,5	20,5*	24,5	26,5*			
3,0	5,206	29,75	33,75*	37,75*	41,75	47,75	52,75*	57,75					
4,0	6,942	67,0*	77,0										
5,0	8,678	18,25*	22,25	24,25*	86,25*	96,25	106,25*						
6,0	10,414	27,5	31,5*	35,5	115,5	135,5*							
8,0	13,884	16,0*	20,0	22,0*	38,0*	44,0	49,0*	54,0	154,0	174,0*			
10,0	17,356	24,5	28,5*	32,5	62,5*	72,5	192,5	212,5*					
12,0	20,830	35,0*	41,0	46,0*	51,0	81,0*	91,0	101,0*	241,0	271,0*	311,0	351,0*	391,0
16,0	27,768	58,0*	68,0	108,0	128,0*	148,0	438,0*	488,0					
20,0	34,710	75,0*	85,0	95,0*	165,0*	185,0	205,0*	545,0					
24,0	41,652	102,0	122,0*	142,0	232,0	262,0*	582,0*						
32,0	55,538	156,0*	176,0	196,0*									
40,0	68,422	220,0	250,0*										
48,0	83,306	284,0	324,0*	364,0									

Pastaba: skersmenys su \* yra antros eilės, t.y. nerekomenduojami.

6.32 lentelė. Kvadratinų sriegių geometrinių parametrų nustatymo eiliškumas ir formulės, mm

Skaičiavimo eilės Nr.	Geometrinių parametrų formulės
1.	Apskaičiuojame išorinį sriegio skersmenį: $d \geq 1,1 d_2$ , mm. Gauta $d$ reikšmė suderinama su reikšme iš pirmenybinės matmenų eilės R40 ( <a href="http://stud.ppf.ktu.lt/vaiciulis/paskaitos/Ra.pdf">http://stud.ppf.ktu.lt/vaiciulis/paskaitos/Ra.pdf</a> ).
2.	Perskaičiuojame $d_2$ (reikšmės neapvaliname): $d_2 = d / 1,1$ , mm.
3.	Apskaičiuojame sriegio žingsnį: $p_s = 0.2 d_2 \approx 0.182 d$ , mm. Žingsnis $p_s$ turi būti iš šios matmenų eilės: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 32, 40 ar 48.
4.	Apskaičiuojame likusius sriegio matmenis (reikšmių neapvaliname): sriegio aukštis $h = \psi_h p_s$ , mm; vidutinis sriegio skersmuo $d_2 = d - h$ , mm; vidinis sriegio skersmuo $d_1 = d - 2 h$ , mm.
5.	Pagal 4-ą šios lentelės skaičiavimo eilės numerį gauta $d_2$ reikšmė turi būti ne mažesnė už reikšmę, gautą pagal (6.70) formulę. Jei taip nėra, tai didiname $d$ ir skaičiavimus tęsiame nuo 2-ojo šios lentelės skaičiavimo eilės numerio.

**Savistaba.** Kursiniame projekte laikoma, kad tik vienpradžiai sriegiai turi būti savistabžiai. Tikriname ar vienpradis sriegis yra savistabdis pagal sąlygą:

$$\varphi < \rho'; \quad (6.72)$$

čia  $\rho' = \arctg[f_s / \cos(\alpha/2)]$  – redukuotas trinties kampas (trapeciniam sriegiui  $\alpha/2 = 15^\circ$ , atraminiam sriegiui  $\alpha/2 = 3^\circ$  ir kvadratiniam sriegiui  $\alpha/2 = 0^\circ$ );  $f_s$  – trinties koeficientas sriegyje. Kai sriegiai sausi  $f_s = 0.12 \dots 0.15$ , mažesnės reikšmės imamos porai plienas-bronza, didesnės – porai plienas-ketus. Kai sriegiai tepami plastiniu tepalu  $f_s = 0.08$ .

Jei (6.72) sąlyga netenkinama mažiname sriegio žingsnį ir skaičiavimus tęsiame:

- trapeciniam arba atraminiam sriegiui – nuo (6.71) išraiškos. Sriegio žingsnį ir jį atitinkančius skersmenis būtina suderinti su standartu;
- kvadratiniam sriegiui – nuo 6.32 lentelės 4-ojo skaičiavimo eilės numerio.

**Veržlės aukštis:**

$$H_v = \psi_H d_2, \text{ mm.}$$

Gautą  $H_v$  reikšmę suderiname su artimiausia reikšme iš pirmenybinės matmenų eilės R40. Jei  $H_v$  yra pirmenybinių matmenų intervalo viduryje, tai rekomenduojama apvalinti į mažesniąją pusę.

Tikriname vijų skaičių veržlėje:

$$z = \frac{H_v}{p_s} \leq 10. \quad (6.73)$$

Jei (6.73) sąlyga netenkinama reikia sumažinti veržlės aukščio koeficientą  $\psi_H$  ir skaičiavimus tęsti pradedant (6.70) formule, arba parinkti sraigą su didesniu žingsniu ir skaičiavimus tęsti:





- trapeciniam arba atraminiam sriegiui – nuo (6.71) išraiškos. Sriegio žingsnį ir jį atitinkančius skersmenis būtina suderinti su standartu;
- kvadratiniam sriegiui – nuo 6.32 lentelės 4-ojo skaičiavimo eilės numerio.

**Sraigto stabilumo tikrinimas.** TIK GNUŽDOMI SRAIGTAI TIKRINAMI KLUPDIMUI. Tam apskaičiuojame santykinį ribinį liaunumą:

$$C_\lambda = \frac{\mu L}{\pi i_{min}} \sqrt{\frac{\sigma_{yt}}{2 E}};$$

čia  $\mu$  – koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į sraigto galų įtvirtinimą (žr. 6.33 lentelė);  $L$ , mm – maksimalus apkrauto sraigto ilgis;  $E$ , MPa – sraigto medžiagos tamprumo modulis (konstrukcinio plieno  $E = 2 \cdot 10^5$ , MPa, o legiruoto plieno  $E = 2,06 \cdot 10^5$ , MPa);  $\sigma_{yt}$ , MPa – sraigto medžiagos takumo riba;  $i_{min}$ , mm – minimalus sraigto skerspjūvio inercijos spindulys:

6.33 lentelė. Klupdomų strypų ilgio redukcijos koeficiento  $\mu$  reikšmės

Eskizas				
	Viena strypo atrama standi	Abi atramos šarnyrinės	Viena atrama standi, o kita šarnyrinė	Abi atramos standžios
$\mu$ reikšmė	2,0	1,0	0,7	0,5
Pastaba: atrama laikoma šarnyrine, kai atramos ilgio santykis su kakliuko skersmeniu yra mažesnis už 1,0.				

$$i_{min} = \frac{d_1}{4} \sqrt{0,4 + 0,6 \frac{d}{d_1}}, \text{ mm.}$$

Jei  $C_\lambda < 0,5$ , tai sraigtas klupdymui netikrinamas. Priešingu atveju nustatome ar sraigto gniuždymo jėga  $F_a$  neviršija kritinės:

$$F_a \leq \frac{\pi^2 E I}{s_S (\mu L)^2}, \text{ kai } C_\lambda \geq 1; \text{ (Eulerio formulė)}$$

(6.74)

$$F_a \leq \frac{A \sigma_{yt}}{s_S} \left[ 1 - \frac{\sigma_{yt}}{E} \left( \frac{\mu L}{2 \pi i_{min}} \right)^2 \right], \text{ kai } C_\lambda < 1; \text{ (Džonhsono formulė)}$$

čia:  $F_a$ , N;  $A = \pi d_1^2 / 4$ , mm<sup>2</sup> – sraigto skerspjūvio plotas;  $I = i_{min}^2 A$ , mm<sup>4</sup> – sraigto skerspjūvio ploto inercijos momentas;  $s_S$  – atsargos koeficientas: skaičiuojant pagal Eulerio formulę  $s_S = 3 \dots 5$  (didesnės vertės imamos horizontaliems sraigtams), o skaičiuojant pagal Džonhsono formulę  $s_S = 1.7 \dots 2.0$ ;  $L$ , mm;  $d_1$ , mm;  $d$ , mm.

Jei (6.74) sąlyga netenkinama didinamas sraigto vidutinis skersmuo  $d_2$  ir skaičiavimus tęsti:

- trapeciniam arba atraminiam sriegiui – nuo (6.71) išraiškos. Sriegio žingsnį ir jį atitinkančius skersmenis būtina suderinti su standartu;
- kvadratiniam sriegiui – nuo 6.32 lentelės 1-ojo skaičiavimo eilės numerio.

**Sraigto stiprumo tikrinimas.** Pagal „Medžiagų mechanikos“ disciplinoje pateikiamą metodiką sudaromos sraigatą veikiančių ašinių jėgų ir sukimo momentų epiūros, laikant, kad ašinės jėgos ir pasipriešinimo (sukimo) momentai veržlės sriegiuose pasiskirsto pagal tiesinį dėsnį. Tam reikia žinoti trinties jėgų sukimo momentą sriegiue

$$T_s = F_a \operatorname{tg}(\varphi + \rho') \frac{d_2}{2}, \text{ N}\cdot\text{mm}$$

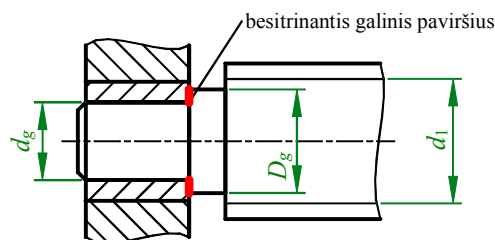
ir, jei toks yra, trinties jėgų sukimo momentą galiniuose sraigto ar veržlės paviršiuose

$$T_g = F_a f_g \frac{D_g^3 - d_g^3}{3(D_g^2 - d_g^2)}, \text{ N}\cdot\text{mm};$$

(6.75)

čia:  $f_g$  – galinio paviršiaus trinties koeficientas, paprastai imamas  $f_g = 0,15 \dots 0,18$ ;  $D_g$  – didžiausias besitrinančio galinio paviršiaus skersmuo;  $d_g$  – mažiausias besitrinančio galinio paviršiaus skersmuo (žr. 6.11 pav.).

Kadangi šioje projektavimo stadijoje tiek  $D_g$  tiek  $d_g$  nežinomi, todėl rekomenduojama imti  $D_g \approx (0,90 \dots 0,95) d_1$  ir  $d_g \approx (0,90 \dots 0,95) D_g$ . Gautas  $D_g$  ir  $d_g$  vertes suderinti su pirmenybine matmenų eile R40.



6.11 pav. Galinio besitrinančio paviršiaus matmenys

Pagal epiūras nustatome pavojingus sraigto pjūvius ir juose patikriname sraigto stiprumą pagal ekvivalentinius įtempimus:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\left(\frac{F_{sk}}{A_{sk}}\right)^2 + 3\left(\frac{T_{sk}}{W_{p\ sk}}\right)^2} \leq \sigma_{s\ adm}, \text{ MPa}; \quad (6.76)$$

čia  $F_{sk}$ , N ir  $T_{sk}$ , N·mm – atitinkamai pavojingame pjūvyje veikianti ašinė jėga ir sukimo momentas;  $A_{sk}$ , mm<sup>2</sup> ir  $W_{p\ sk}$ , mm<sup>3</sup> – atitinkamai pavojingojo pjūvio skaičiuotinas skerspjūvio plotas ir ploto atsparumo momentas;  $\sigma_{s\ adm}$ , MPa.

Jei pavojingojo pjūvio skaičiuotinas skerspjūvis yra pilnaviduris apskritimas, tai ekvivalentiniai įtempimai yra:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\left(\frac{4 F_{sk}}{\pi d_{sk}^2}\right)^2 + 3\left(\frac{16 T_{sk}}{\pi d_{sk}^3}\right)^2};$$

čia  $d_{sk}$ , mm – pavojingojo pjūvio skaičiuotinas skersmuo (kai pavojingas pjūvis yra išriegtoje pilnavidurėje dalyje, tai  $d_{sk} = d_1$ ).

Jei (6.76) sąlyga netenkinama didinamas sraigto vidutinis skersmuo  $d_2$  ir skaičiavimai tęsiami:

- trapecinio arba atraminio sriegio sraigtams – pradedant (6.71) formule;
- kvadratinio sriegio sraigtams – nuo 6.32 lentelės 1-ojo skaičiavimo eilės numerio.

Naujai parinkto sraigto nebereikia tikrinti klupdymui.

**Veržlės matmenų nustatymas.** Apskaičiuojame veržlės matmenis (6.12 pav.). Išorinis veržlės skersmuo apskaičiuojamas iš stiprumo sąlygos tempimui ir sukimui:

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1.3 F_a}{\pi \sigma_{vt\ adm}} + d^2}, \text{ mm};$$

čia  $F_a$ , N;  $\sigma_{vt\ adm}$ , MPa;  $d$ , mm. Kad veržlė būtų technologiška rekomenduojama imti  $D \geq 1.2 d$ .

Veržlės borto skersmuo apskaičiuojamas iš stiprumo sąlygos glemžimui:

$$D_1 \geq \sqrt{\frac{4 F_a}{\pi \sigma_{vgl\ adm}} + D^2}, \text{ mm};$$

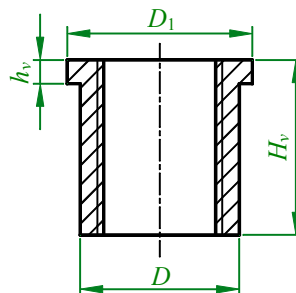
čia  $F_a$ , N;  $\sigma_{vgl\ adm}$ , MPa;  $D$ , mm.

Veržlės borto aukštis apskaičiuojamas iš stiprumo sąlygos kirpimui:

$$h_v \geq \frac{F_a}{\pi D \tau_{vk\ adm}}, \text{ mm};$$

čia  $F_a$ , N;  $\tau_{k\ adm}$ , MPa;  $D$ , mm.

Apskaičiuoti veržlės matmenys  $D$ ,  $D_1$  ir  $h_v$  suderinami su pirmenybine matmenų eile R40.



6.12 pav. Veržlės eskizas

**Sraigtinės perdavos naudingumo koeficientas.** Vienos sraigtinės poros naudingumo koeficientas:

$$\eta'_{sr} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho') + \frac{2 f_g (D_g^3 - d_g^3)}{3 d_2 (D_g^2 - d_g^2)}}.$$

Sraigtinės perdavos naudingumo koeficientas:

$$\eta_{sr} = \eta'_{sr} \prod_{i=1}^k \eta_{i atr} ;$$

čia:  $\eta_{i atr}$  – koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į trinties nuostolius atramose, kreipiančiuosiose ir pan. Riedėjimo porai  $\eta_{atr} = 0.990 \dots 0.995$ , o slydimo porai –  $\eta_{atr} = 1 - \frac{F_N}{F} f$ ; čia  $F_N$  – normalinė jėga (veikiant tik savajam svoriui  $F_N = m g$ );  $F$  – traukos jėga;  $f$  – slydimo trinties koeficientas.



Skaičiavimo rezultatus rekomenduojama surašyti į lentelę:

Parametras	Reikšmė ir matavimo vienetai
<i>GEOMETRINIAI SRAIGTINĖS PERDAVOS PARAMETRAI</i>	
<i>Sriegio žingsnis</i>	$p_s = \dots \text{ mm}$
<i>Sriegio pradžių skaičius</i>	$z_s = \dots$
<i>Sraigtinės linijos kilimo kampas</i>	$\varphi = \dots^\circ$
<i>Sraigto išorinis skersmuo</i>	$d = \dots \text{ mm}$
<i>Sraigto vidutinis skersmuo</i>	$d_2 = \dots \text{ mm}$
<i>Sraigto vidinis skersmuo</i>	$d_1 = \dots \text{ mm}$
<i>Sraigto darbinės dalies ilgis</i>	$L = \dots \text{ mm}$
<i>Veržlės aukštis</i>	$H_v = \dots \text{ mm}$
<i>Veržlės išorinis skersmuo</i>	$D = \dots \text{ mm}$
<i>Veržlės borto skersmuo</i>	$D_1 = \dots \text{ mm}$
<i>Veržlės borto aukštis</i>	$h_v = \dots \text{ mm}$
<i>JĖGINIAI PARAMETRAI</i>	
<i>Naudingumo koeficientas</i>	$\eta_{sr} = \dots$
<i>Išvystoma ašinė jėga</i>	$F_a = \dots \text{ N}$
<i>Reikalingas sukimo momentas</i>	$T = \frac{T_s + T_g}{\prod_{i=1}^k \eta_{i atr}} = \dots \text{ N}$