

## 6.5. Sliekinė perdava

Šiame poskyryje sliekinės perdavos slieko parametrai žymimi apatiniu indeksu „1“, o sliekračio – „2“.

Šiame skyriuje pateikta cilindrinų sliekinų perdavų projektavimo metodika. Praktikoje dar naudojamos globoidinės sliekinės perdavos. Cilindrinėse sliekinėse perdavose plačiausiai naudojami archimediniai (ZA), konvoliutiniai (ZN) ir evolventiniai (ZI) sliekai.

Sliekinės perdavos projektavimo **pradiniai duomenys**:

- perdavos tipas (cilindrinė (sliekas ZA, ZN ar ZI) ar globoidinė);
- apkrovos grafikas arba tipinis darbo režimas ir apkrovos pobūdis;
- $T_2$  – sliekračio perduodamas sukimo momentas, Nm;
- $n_1$ , ir  $n_2$  – slieko ir sliekračio sukimosi dažniai,  $\text{min}^{-1}$ ;
- $u$  – sliekinės perdavos perdavimo skaičius;
- $t_h$  – perdavos eksploatavimo laikas, h.

### 6.5.1. Medžiagų parinkimas ir leistinųjų įtempių nustatymas

**Medžiagų parinkimas.** Perdavų, perduodančių nedidelį sukimo momentą ( $T_2 \leq 50$  Nm), slieką rekomenduojama gaminti iš E295, S355J2G3, E335, E360, C45, 35, 45 ir pan. plienų, kurie termiškai neapdorojami arba normalizuojami.

Kai perduodamas vidutinio dydžio sukimo momentas ( $50 \text{ Nm} < T_2 \leq 200 \text{ Nm}$ ), kad būtų padidintas perdavos naudingumo koeficientas, slieką rekomenduojama gaminti iš C45, C60ER, 37Cr4, 31NiCr14, 42CrV6, 34CrNiMo6, 45, 40X, 40XH, 35XM ir pan. plienų, kurie termiškai gerinami arba grūdinami ADS.

Perduodant didelį sukimo momentą ( $T_2 > 200 \text{ Nm}$ ), perdavos slieką rekomenduojama gaminti iš 37Cr4, 42MnV7, 30CrV9, 34CrNiMo6, 12XH3A, 20X, 25XGT, 38XMIOA ir pan. plienų, kurie cementuojami arba azotinami. Termiškai apdorotos (grūdintos ir atleistos) slieko vijos šlifuojamos. Šlifavimo požiūriu technologiškiausi yra evolventiniai sliekai.

Kad sumažėtų trintis slieko ir sliekračio susikabinimo vietoje, padidėtų šilumos laidumas ir sumažėtų strigimo tikimybė, sliekračio darbinė dalis gaminama iš antifrikcinės medžiagos, kuri yra minkštesnė už slieko medžiagą. Sliekračio darbinės dalies medžiagos pasirinkimą lemia slydimo greitis  $v_s$  perdavoje, perdavos darbo sąlygos ir ekonominiai kriterijai.

Apytikslis slydimo greitis

$$v_s \approx \frac{0,45 n_2 u}{1000} \sqrt[3]{T_2}, \text{ m/s};$$

čia:  $n_2$  – sliekračio sukimosi dažnis,  $\text{min}^{-1}$ ;  $T_2$  – sliekračio perduodamas sukimo momentas, Nm.

Pagal  $v_s$  iš 6.23 lentelės parenkama sliekračio darbinės dalies medžiaga. Kai slydimo greitis  $v_s > 4$  m/s, naudojama alavinė bronza, kai  $v_s = 2 \dots 4$  m/s – bealavinė bronza ir žalvaris, o kai  $v_s < 2$  m/s – minkštas pilkasis ketus (155 ... 200 HB).

6.23 lentelė. Dažniausiai naudojamos sliekračių darbinės dalies medžiagos ir jų mechaninės charakteristikos

Medžiagų grupė	Sliekračio darbinės dalies medžiaga	Slydimo greitis $v_{s \max}$ , m/s	Liejimo būdas	Kontaktinio patvarumo riba $\sigma_{H \lim}$ , MPa	Patvarumo riba lenkimui $\sigma_{F \lim}$ , MPa	Takumo riba $\sigma_{yt}$ , MPa	Tamprumo modulis $E$ , GPa	Puasono koeficientas $\nu$
Pilkasis ketus	EN-GJL-150 EN 1561	2	žemėje	140	65	80	89	0,25
	EN-GJL-200 EN 1561	2	žemėje	150	80	100	91	0,25
	EN-GJL-250 EN 1691	2	žemėje	160	100	125	105	0,25
	EN-GJL-300 EN 1691	2	žemėje	170	120	150	113	0,25
	CЧ15 GOST 1412-85	2	žemėje	145	65	80	90	0,25
	CЧ18 GOST 1412-85	2	žemėje	150	80	95	90	0,25
Žalvaris	CuZn35Pb1 DIN 1.0402	4	žemėje	130	85	105	78	0,35
	CuZn35AlFe3	4	žemėje	360	195	350	103	0,35
			kokilėje	360	200	350	103	0,35
			išcentrinis	410	200	400	103	0,35
	ЛЦ23А6Ж3Мц2 GOST 17711-93	4	žemėje	270	190	260	105	0,34
			kokilėje	300	210	295	105	0,34
išcentrinis	330	220	330	105	0,34			
Alumininė bronza	CuAl9Fe3 DIN 17665	4	žemėje	200	120	160	121	0,32
			kokilėje	200	150	180	121	0,32
	CuAl10Fe4Ni DIN 17665	4	žemėje	215	170	210	127	0,32
			kokilėje	225	180	220	127	0,32
	БрА9Ж3Л GOST 496-79	5	žemėje	210	160	195	115	0,33
			kokilėje	240	190	230	115	0,33
išcentrinis	250	200	245	115	0,33			

6.23 lentelės tęsinys

Medžiagų grupė	Sliekračio darbinės dalies medžiaga	Slydimo greitis $v_{s\ max}$ , m/s	Liejimo būdas	Kontaktinio patvarumo riba $\sigma_{H\ lim}$ , MPa	Patvarumo riba lenkimui $\sigma_{F\ lim}$ , MPa	Takumo riba $\sigma_{yt}$ , MPa	Tamprumo modulis $E$ , GPa	Puasono koeficientas $\nu$
Aliumininė bronza	БрА10Ж3Мц2 GOST 496-79	5	kokilėje	310	210	300	120	0,33
			išcentrinis	370	220	360	120	0,33
	БрА10Ж4Н4 GOST 496-79	5	kokilėje	420	230	410	120	0,33
			išcentrinis	430	250	420	120	0,33
Alavinė bronza	БрО5Ц5С5 GOST 613-79	8	žemėje	160	65	80	100	0,32
			kokilėje	200	75	90	100	0,32
	CuSn5Zn5Pb5	10	žemėje	125	70	120	101	0,31
			kokilėje	135	85	130	101	0,31
			išcentrinis	150	95	130	101	0,31
	CuSn8Zn6Pb3	10	žemėje	110	70	100	104	0,31
			kokilėje	130	90	110	104	0,31
			išcentrinis	160	90	110	104	0,31
	БрО10Ф1 GOST 613-79	12	žemėje	260	100	140	100	0,32
			kokilėje	300	130	200	100	0,32
	CuSn10Ni1P1	25	išcentrinis	300	130	180	104	0,31
	CuSn12 EN 13347	25	žemėje	170	110	160	104	0,31
			kokilėje	180	120	170	104	0,31
			išcentrinis	200	130	170	104	0,31
CuSn12P1 EN 13340	25	žemėje	170	80	150	118	0,31	
		kokilėje	180	120	150	118	0,31	
БрО10Н1Ф1 GOST 613-79	25	išcentrinis	320	135	165	100	0,32	

**Leistinieji kontaktiniai įtempiai.** Sliekračio darbinės dalies patvarumo ribą  $\sigma_{H\ lim}$  parenkame iš 6.23 lentelės.

Kai žinomas tipinis darbo režimas koeficiento  $X_H$  vertė imama iš 6.24 lentelės, o kai žinomas apkrovos grafikas, tai:

$$X_H = \frac{1}{T_{max}^4} \sum_{i=1}^{k_{ap}} (n_i t_i T_i^4) / \sum_{i=1}^{k_{ap}} (n_i t_i); \quad (6.58)$$

čia  $T_{max}$  – didžiausias ilgalaikis momentas (žr. 3.1 pav.).

Kontaktinių įtempių ilgaamžiškumo koeficientas

$$Z_h = \min \left( 1,6; \sqrt[6]{\frac{25\ 000}{X_H t_h}} \right) \geq 1,0.$$

Medžiagos susidėvėjimo koeficientas

$$Z_v = \sqrt{\frac{5}{4 + v_s}};$$

čia  $v_s$  – slydimo greitis, m/s.

Koeficientas, kuriuo įvertinamas perdavos perdavimo skaičius:

$$\left. \begin{aligned} Z_u &= \sqrt[6]{\frac{u}{20,5}}, \text{ kai } u \leq 20,5; \\ Z_u &= 1, \text{ kai } u > 20,5. \end{aligned} \right\}$$

Leistinieji kontaktiniai įtempiai

$$\sigma_{H\ adm 2} = \frac{\sigma_{H\ lim}}{S_{H\ adm}} Z_h Z_v Z_u Z_o, \text{ MPa};$$

čia:  $Z_o$  – koeficientas, kuriuo įvertinamas sliekinės perdavos tepimui naudojamos alyvos tipas (žr. 6.25 lent.);  $S_{H\ adm}$  – leistinis atsargos koeficientas. Bendros paskirties perdavų  $S_{H\ adm} = 1,1$ ; atsakingų mechanizmų  $S_{H\ adm} = 1,3$ .

6.24 lentelė. Tipinių darbo režimų koeficiento  $X_H$  vertės

Tipinis darbo režimas	Pastovus	Sunkus	Vidutinis	Lengvas	Ypač lengvas
$X_H$	1,00	0,42	0,12	0,08	0,04

6.25 lentelė. Koeficiento  $Z_o$ , kuriuo įvertinamas perdavos alyvos tipas, vertės

Alyvos tipas	Mineralinė alyva	Sintetinė PAO alyva	Sintetinė PAG alyva
$Z_o$	0,89	0,94	1,00

Čia: PAO – polialfaolefinų pagrindo sintetinė alyva; PAG – poliglikolių pagrindo sintetinė alyva.

**Leistinieji lenkimo įtempiai.** Sliekračio darbinės dalies patvarumo ribą  $\sigma_{F\ lim}$  parenkame iš 6.23 lentelės. Leistinieji lenkimo įtempiai

$$\sigma_{F\ adm\ 2} = \frac{\sigma_{F\ lim}}{S_{F\ adm}} Y_N, \text{ MPa};$$

čia:  $Y_N$  – lenkimo įtempių ilgaamžiškumo koeficientas (ketaus ir spalvotųjų metalų  $Y_N = 1$ );  $S_{F\ adm}$  – leistinis atsargos koeficientas. Bendros paskirties perdavų  $S_{F\ adm} = 1,5$ ; atsakingų mechanizmų  $S_{F\ adm} = 2,5$ .

### 6.5.2. Projektiniai skaičiavimai

**Slieko pradžių skaičių** lemia perdavos perdavimo skaičius, sliekračio minimalus krumplių skaičius ir savistabdos būtinybė. Dažniausiai savistabdės būna tik perdavos su vienapradžiu slieku perdavos. Slieko pradžių skaičius:

$$z_1 = 4, \text{ kai } 5 \leq u < 15;$$

$$z_1 = 2, \text{ kai } 15 \leq u < 30;$$

$$z_1 = 1, \text{ kai } u \geq 30.$$

#### Sliekračio krumplių skaičius

$$z_2 = z_1 u \geq \frac{2,48}{\sin^2 \alpha}; \quad (6.59)$$

čia  $\alpha$  – kabinimosi kampas. Šiame poskyryje, jei papildomai nenurodyta, archimediniams sliekams vietoje  $\alpha$  reikia naudoti ašinį kabinimosi kampą  $\alpha_x$ , o likusiems – normalinį  $\alpha_n$ . Galimos  $\alpha_x$  ( $\alpha_n$ ) vertės: 14,5°; 17,5°; 20°; 22,5°; 25°; 27,5° ir 30°. Dažniausiai imama  $\alpha = 20^\circ$ . Didinant  $\alpha$ , didėja patvarumas lenkimui.

Gauta  $z_2$  vertė apvalinama iki artimiausio sveikąjo skaičiaus. Jei (6.59) sąlyga netenkinama, rekomenduojama naudoti slieką su didesniu pradžių skaičiumi.

#### Tikrasis perdavos perdavimo skaičius

$$u_T = \frac{z_2}{z_1}.$$

Jo vertė nuo pradinės vertės  $u$  negali skirtis daugiau kaip  $u_{S\ adm} = 3\%$ , t. y.:

$$\Delta u = \left| \frac{u_T - u}{u} \right| 100\% \leq u_{S\ adm}.$$

Kai ši sąlyga netenkinama, keičiama  $z_2$  vertė. Mažinant  $z_2$  reikia nepamiršti, kad dar turi būti tenkinama ir (6.59) sąlyga.

#### Tarpašinis atstumas

$$a_w = \sqrt[3]{\frac{1\,400 E_{red} K_A T_2}{\sigma_{H\ adm\ 2}^2}}, \text{ mm}; \quad (6.60)$$

čia:  $E_{red} = \frac{2 E_1 E_2}{E_1 (1 - \nu_2^2) + E_2 (1 - \nu_1^2)}$  – redukuotas tamprumo modulis, MPa ( $E_1$  ir  $E_2$  – atitinkamai slieko ir sliekračio

darbinės dalies medžiagų tamprumo moduliai, o  $\nu_1$  ir  $\nu_2$  – Puasono koeficientai; plieno  $E \approx 2,06 \cdot 10^5$  MPa ir  $\nu \approx 0,3$ );  $K_A$  – apkrovos pobūdžio koeficientas (žr. 6.14 lent);  $T_2$ , Nm;  $\sigma_{H\ adm\ 2}$ , MPa.

Gauta tarpašinio atstumo vertė apvalinama (rekomenduojama į didesnę pusę) iki standartinės vertės, mm: 40, 50, 63, (71), 80, (90), 100, (112), 125, (140), 160, (180), 200, (224), 250, (280), 315, (355), 400, (450), 500, (560), 630, (710), 800, (900), 1000. Skliausteliuose pateiktos antrosios eilės tarpašinio atstumo vertės, kurios rečiau naudojamos.

#### Modulis

$$m \geq \frac{1,5 a_w}{z_2}, \text{ mm}. \quad (6.61)$$

Gauta modulio vertė apvalinama į didesnę pusę iki standartinės vertės, mm: 1,0; 1,25; (1,5); 1,6; 2,0; 2,5; (3,0); 3,15; (3,5); 4,0; 5,0; (6,0); 6,3; (7,0); 8,0; 10; (12); 12,5; 16; 20; 25.

Jei prie modulio indeksas nenurodomas, tai šiame poskyryje projektuojant archimedinius sliekus naudoti  $m_x$  – ašinį modulį, o likusiems sliekams  $m_n$  – normalinį modulį. Ryšys tarp šių modulių išreiškiamas priklausomybe:  $m_n = m_x \cos \gamma_w$ ; čia  $\gamma_w$  – slieko vijų kilimo kampas ant pradinio cilindro.



Kai žinomi  $z_1$  ir  $z_2$ , dažniausiai gali būti gauti keli modulo  $m$  ir slieko dalijamojo skersmens koeficiento  $q$  deriniai, kuriems esant išlaikomas tarpašinis atstumas  $a_w$ . Paprastai pasirenkamas modulis  $m$ , o koeficientas  $q$  nustatomas priartėjimo būdu. Tačiau kartais naudojamas priešingas būdas – pasirenkamas  $q$  ir priartėjimo būdu nustatomas  $m$ . Pastaruoju atveju slieko dalijamojo skersmens koeficientą rekomenduojama apskaičiuoti pagal formulę:

$$q = 2,8 + 4 \sqrt{z_1}.$$

Gautoji  $q$  vertė suderinama su artimiausia standartine (žr. žemiau).



### Slieko dalijamojo skersmens koeficientas

$$q = \frac{2 a_w}{m} - z_2 \quad (6.62)$$

apvalinamas iki artimiausios standartinės vertės: 6; (6,5); (7); (7,5); 8; (8,5); (9); (9,5); 10; (11); 12; (13); (14); 16; (18); 20; (22); 25. Skliausteliuose pateiktos antrosios eilės (jos rečiau naudojamos)  $q$  vertės.

Kad būtų padidintas slieko standumas lenkimui, rekomenduojama nedidelės modulo  $m$  vertes derinti su didelėmis slieko skersmens koeficiento  $q$  vertėmis ir atvirkščiai – didelės  $m$  vertes derinti su mažomis  $q$  vertėmis.

### Perstūmos koeficientas

$$x = \frac{a_w}{m} - \frac{1}{2} (z_2 + q). \quad (6.63)$$

Perstūmos koeficientas  $x$  turi tenkinti sąlygą:  $-1 \leq x \leq 1$ . Jei ji netenkinama, imama kita  $q$  vertė ir toliau skaičiuojama nuo (6.63) išraiškos. Jei nei viena  $q$  vertė netenkina sąlygos, tai imama sekanti didesnė standartinė tarpašinio atstumo  $a_w$  vertė ir toliau skaičiuojama nuo (6.61) išraiškos.

### Apskritiminis greitis ant pradinio slieko skersmens

$$v_1 = \frac{\pi n_1 m (q + 2 x)}{60 \cdot 10^3}, \text{ m/s};$$

čia  $n_1$  – slieko veleno sukimosi dažnis,  $\text{min}^{-1}$ ;  $m$  – modulis, mm.

Kai  $v_1 \leq 5$  m/s, rekomenduojama slieką reduktoriuje montuoti po sliekračiu, o kai  $v_1 > 5$  m/s – virš sliekračio.

Pagal apskritiminių greitį  $v$  nustatome perdavos tikslumo laipsnį (žr. 6.18 lent. stulpelį „krumpliai įstriži ar apskritieji“).

### Slydimo greitis. Slieko vijų kilimo kampas ant pradinio cilindro

$$\gamma_w = \arctg \frac{z_1}{q + 2 x}.$$

Vijų kilimo kampas  $\gamma_w$  apskaičiuojamas minučių tikslumu. Jei skaičiuojama laipsniais, tai  $\gamma_w$  apskaičiuojamas 0,00001 ( $10^{-5}$ ) tikslumu.

Tikrasis slydimo greitis perdavoje

$$v_s = \frac{v_1}{\cos \gamma_w}, \text{ m/s}.$$

Pagal  $v_s$  žiūrime, ar galima sliekračio medžiagą pakeisti į pigesnę (dažniausiai kuo mažesnis leistinasis slydimo greitis, tuo medžiaga pigesnė). Jei galima, tai iš naujo nustatomi leistinieji įtempiai ir toliau skaičiuojama nuo (6.60) išraiškos.

**Geometriniai parametrai.** Pagrindiniai sliekinės perdavos elementų geometriniai parametrai pateikti 6.26 lentelėje.

### Perdavos naudingumo koeficientas. Koeficientas, kuriuo įvertinami perdavos matmenys

$$Y_s = \frac{10}{\sqrt{a'_w}};$$

čia:  $a'_w = 65$  mm, kai  $a_w < 65$  mm;  $a'_w = 250$  mm, kai  $a_w > 250$  mm;  $a'_w = a_w$ , kai  $65$  mm  $\leq a_w \leq 250$  mm, t. y.:

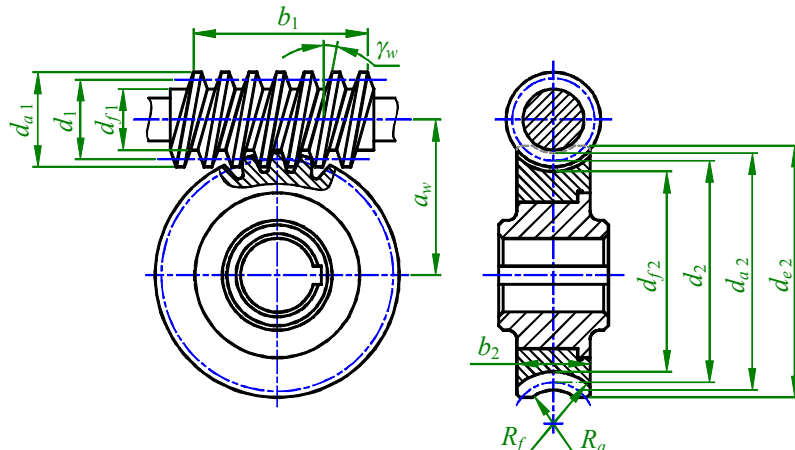
$$a'_w = \min[250; \max(65; a_w)].$$

Galimas tepalo tarpelis krumplių susikabinimo vietoje apskaičiuojamas pagal empirinę formulę:

$$h_x = \frac{2,9 \alpha^{0,06}}{10^{14} z_2^{0,085}} (80x + 5 930) [(1 - 0,038q)q + 66] \left[ (109z_1 - q) \frac{z_1}{q^2} - 3 290 \right] [(0,003B + 1)B - 13 060] - 0,393, \text{ mm};$$

čia:  $B = \sqrt{m_x (6 d_{w1} - 9 m_x + 1)}$ ;  $\alpha, ^\circ$  (laipsniais). Dydis  $h_x$  skaičiuojamas bent  $0,001$  ( $10^{-3}$ ) tikslumu.

6.26 lentelė. Sliekinės perdavos elementų geometriniai parametrai, mm



Parametro pavadinimas		Slieko	Sliekračio
Dalijamasis skersmuo		$d_1 = q m$	$d_2 = m z_2$
Pradinis skersmuo		$d_{w1} = d_1 + 2 m x$	$d_{w2} = d_2$
Viršūnių skersmuo		$d_{a1} = d_1 + 2 m h_a^*$	$d_{a2} = d_2 + 2 m (h_a^* + x)$
Pašaknų skersmuo		$d_{f1} = d_1 - 2 m h_f^*$	$d_{f2} = d_2 - 2 m (h_f^* - x)$
Slieko vijų kilimo kampas ant dalijamojo apskritimo		$\gamma = \arctg \frac{z_1}{q}$	–
Vijos žingsnis		$p_1 = z_1 \pi m$	–
Didžiausias sliekračio skersmuo		–	$d_{e2} < d_{a2} + \frac{6 m}{z_1 + 2}$
Slieko įpjautos dalies ilgis ir sliekračio vainiko plotis	$z_1 < 4$	$b_1 = (11 + 0,06 z_2) m$	$b_2 = 0,75 d_1 (1 + 2/q)$
	$z_1 = 4$	$b_1 = (12,5 + 0,09 z_2) m$	$b_2 = 0,67 d_1 (1 + 2/q)$
Sliekračio krumplių įgaubimo spinduliai		–	$R_a = 0,5 d_1 - m h_a^*$ $R_f = 0,5 d_1 + m h_f^*$
Tarpašinis atstumas		$a_w = 0,5 m (q + z_2 + 2 x)$	

Krumplio galvutės aukščio koeficientas  $h_a^* = 1,00$ ; radialinio tarpelio koeficientas  $c^* = 0,25$ ; krumplio kamieno aukščio koeficientas  $h_f^* = h_a^* + c^*$ .  
Slieko įpjautos dalies ilgį  $b_1$  ir sliekračio vainiko plotį  $b_2$  reikia apvalinti iki vertės iš pirmenybinių skaičių eilės R40 ([http://stud.ppf.ktu.lt/vaiculis/paskaitos/pirmenybiniai\\_skaiciai.pdf](http://stud.ppf.ktu.lt/vaiculis/paskaitos/pirmenybiniai_skaiciai.pdf)).

Susikabinimo geometrijos koeficientas

$$Y_G = \sqrt{\frac{0,07}{h_x}}$$

Medžiagų koeficientas, kai sliekračio ir slieko poros medžiagos yra:

alavinė bronzė ir plienas  $Y_W \approx 0,95$ ;žalvaris arba bealavinė bronzė ir plienas  $Y_W \approx 1,00$ ;ketus ir plienas  $Y_W \approx 1,05$ .

Paviršių šiurkštumo koeficientas

$$Y_R = \sqrt[4]{2 Ra} ;$$

čia  $Ra$  – darbinių paviršių šiurkštumas,  $\mu\text{m}$  (žr. 6.18 ir 6.1 lent.). Kai slieko vijų ir sliekračio krumplių paviršiai yra skirtingo šiurkštumo, tai skaičiuojant  $Y_R$  naudojama didesnė  $Ra$  vertė.

Teorinis trinties koeficientas

$$f_0 = C_{f1} + \frac{C_{f2}}{(v_s + C_{f3})^{C_{f4}}} \leq f_{0 \max} ;$$

čia:  $C_{f1}$ ,  $C_{f2}$ ,  $C_{f3}$ ,  $C_{f4}$  ir  $C_{f5}$  – empiriniai koeficientai, priklausantys nuo tepimo būdo ir sliekračio darbinės dalies medžiagos (žr. 6.27 lent.);  $f_{0 \max}$  – maksimali trinties koeficiento vertė (žr. 6.27 lent.). Trinties koeficientas  $f_0$  apskaičiuojamas  $0,001 (10^{-3})$  tikslumu.

6.27 lentelė. Trinties koeficiento  $f_0$  empirinių koeficientų ir  $f_{0\max}$  vertės

Sliekračio darbinės dalies medžiaga	Alyva	Tepimo būdas	$C_{f1}$	$C_{f2}$	$C_{f3}$	$C_{f4}$	$f_{0\max}$
Ketūs	Mineralinė	–	0,055	0,015	0,20	0,87	0,100
	Sintetinė PAO	–	0,055	0,015	0,20	0,87	0,100
	Sintetinė PAG	–	0,034	0,015	0,19	0,97	0,100
Žalvaris arba bronzos	Mineralinė	Purškiant	0,028	0,026	0,17	0,76	0,100
		Alyvos vonia	0,033	0,079	0,20	1,55	0,100
	Sintetinė PAO	Purškiant	0,026	0,017	0,17	0,92	0,096
		Alyvos vonia	0,027	0,056	0,15	1,63	0,096
	Sintetinė PAG	Purškiant	0,020	0,020	0,20	0,97	0,094
		Alyvos vonia	0,024	0,032	0,10	1,71	0,094

Vidutinis trinties koeficientas, kuriuo įvertinama trintis susikabinimo vietoje ir papildomi nuostoliai dėl alyvos maišymo bei taškymosi:

$$f = f_0 Y_S Y_G Y_W Y_R.$$

Redukuotas trinties kampas

$$\rho' = \arctg(f).$$

Tikrasis sliekinės perdavos naudingumo koeficientas:

$$\text{kai sliekas varantysis} - \eta_T = \frac{\operatorname{tg} \gamma_w}{\operatorname{tg} (\gamma_w + \rho')},$$

$$\text{kai sliekas varomasis} - \eta_T = \frac{\operatorname{tg} (\gamma_w - \rho')}{\operatorname{tg} \gamma_w}.$$

Patiksliname sliekinės perdavos varančiojo veleno sukimo momentą:

$$\text{kai sliekas varantysis} - T_1 = \frac{T_2}{u_T \eta_T \eta_g}, \text{ Nm}, \quad (6.64)$$

$$\text{kai sliekas varomasis} - T_2 = T_1 u_T \eta_T \eta_g, \text{ Nm};$$

čia:  $\eta_g$  – guolių poros, sumontuotos ant lėtaeigio veleno, naudingumo koeficientas (riedėjimo guolių  $\eta_g = 0,994 \dots 0,998$ , slydimo guolių  $\eta_g \approx 0,99$ ).

**Slieko ir sliekračio susikabinimo vietoje veikiančios jėgos** (6.10 pav.). Laikoma, kad jėgos, atsirandančios sliekinės perdavos susikabinime, pridėtos ant slieko ir sliekračio pradinių skersmenų  $d_{wi}$ . Sliekračio apskritiminė jėga  $F_{r2}$  ir slieko ašinė jėga  $F_{a1}$ :

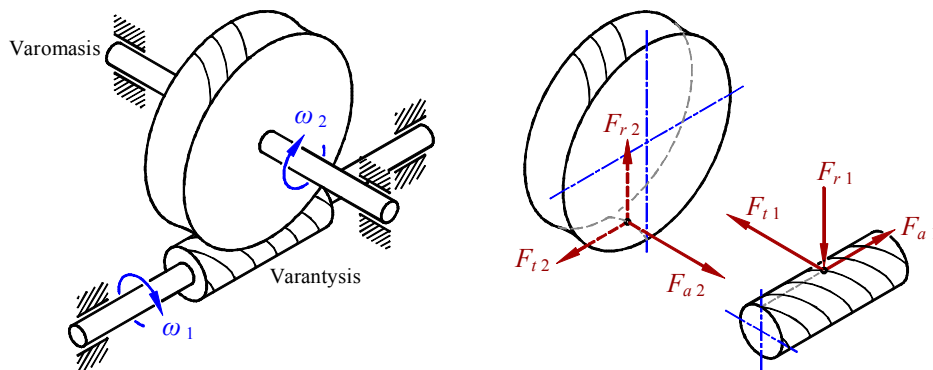
$$F_{r2} = F_{a1} = \frac{2000 T_2}{d_{w2}}, \text{ N};$$

čia:  $T_2$ , Nm;  $d_2$ , mm.

Slieko apskritiminė jėga  $F_{r1}$  ir sliekračio ašinė jėga  $F_{a2}$ :

$$F_{r1} = F_{a2} = \frac{2000 T_1}{d_{w1}}, \text{ N};$$

čia  $T_1$ , Nm;  $d_1$ , mm.



6.10 pav. Jėgos, veikiančios apkrautoje sliekinėje perdaoje

Slieko ir sliekračio radialinės jėgos:

$$\text{kai sliekas varantysis} - F_{r1} = F_{r2} = \frac{F_{t2} \operatorname{tg} \alpha_n}{\cos(\gamma_w - \rho')}, \text{ N};$$

$$\text{kai sliekas varomasis} - F_{r1} = F_{r2} = \frac{F_{t2} \operatorname{tg} \alpha_n}{\sin(\gamma_w + \rho')}, \text{ N};$$

čia  $\alpha_n$  – normalinis kabinimosi kampas:  $\operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha_x \cdot \cos \gamma_w)$ , o likusiųjų  $\alpha_n = \alpha$ .

### 6.5.3. Patikrinamieji skaičiavimai

Kadangi sliekračio darbinės dalies medžiaga yra minkštesnė už slieko medžiagą, tai projektuojant sliekinę perdavą atsižvelgiama tik į sliekračio darbinės dalies patvarumą ir stiprumą. Taip pat reikia įvertinti perdavos dilimą, slieko veleno standumą ir perdavos išsilimą.

Atvirosioms sliekinėms perdavoms (šiuose leidinyje jos nenagrinėjamos) atliekami patikrinamieji išdilimo skaičiavimai, o uždarosioms – patikrinamieji kontaktinio patvarumo skaičiavimai. Patvarumo lenkimui patikrinamieji skaičiavimai atliekami tiek atvirosioms, tiek uždarosioms perdavoms. Slieko veleno standumas ir perdavos išsilimas tikrinami atlikus eskizinį komponavimą.

**Leistinių kontaktinių įtempių patikslinimas.** Pagal tikrąjį slydimo greitį  $v_s$  ir perdavimo skaičių  $u_T$  perskaičiuojami  $Z_v$  ir  $Z_u$  koeficientai.

Koeficientas, kuriuo įvertinami perdavos matmenys:

$$Z_X = \sqrt{\frac{3000}{2900 + a_w}}.$$

Leistinieji kontaktiniai įtempiai patikslinami pagal formulę:

$$\sigma_{H \text{ adm } 2} = \frac{\sigma_{H \text{ lim}}}{S_{H \text{ adm}}} Z_h Z_v Z_u Z_o Z_X.$$

**Kontaktinio patvarumo apskaičiavimas.** Empirinis koeficientas, kuriuo įvertinama perdavos geometrija (apskaičiuojamas 0,001 tikslumu):

$$p_m^* = 0,18 + \frac{0,24 a_w}{d_1} + 0,07 x |x|^3 + 0,054 q - 0,004 z_2 - 0,011 \alpha + \frac{45(x + 0,005)}{z_2} \left(\frac{z_1}{q}\right)^{2,7};$$

čia:  $a_w$ , mm;  $d_1$ , mm;  $\alpha$ , ° (laipsniais).

Skaičiuojamieji vidutiniai kontaktiniai įtempiai sliekratyje

$$\sigma_{H2} = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{1000 p_m^* E_{red} K_A T_2}{a_w^3}} \leq \sigma_{H \text{ adm } 2}, \text{ MPa};$$

čia:  $E_{red}$ , MPa;  $T_2$ , Nm;  $\alpha_w$ , mm.

Kai  $\sigma_{H2} > \sigma_{H \text{ adm } 2}$ , reikia imti didesnę standartinę tarpašinio atstumo  $a_w$  vertę ir iš naujo atlikti projektinius skaičiavimus nuo (6.61) išraiškos. Jei visos  $a_w$  vertės netenkina kontaktinio patvarumo sąlygos, reikia imti medžiagą su didesne kontaktinio patvarumo riba ir iš naujo nustatyti leistinuosius įtempius bei atlikti visus projektinius skaičiavimus.

**Patvarumo lenkimui apskaičiavimas.** Persidengimo koeficientas

$$Y_\varepsilon \approx 0,5.$$

Krumplių formos koeficientas

$$Y_F = \frac{2,9 m_x}{1,06 \left[ \frac{\pi m_x}{2} + \frac{(d_{w2} - d_{f2}) \operatorname{tg} \alpha - \delta_{Wn \text{ lim}}}{\cos \gamma_w} \right]};$$

čia:  $\delta_{Wn \text{ lim}} = 0,25 m_x \cos \gamma_w$  – ribinis leistinasis krumplio sudilimas, mm;  $m_x$ , mm;  $d_{w2}$ , mm;  $d_{f2}$ , mm.

Sliekračio vainiko storio koeficientas:

$$Y_K = 1, \text{ kai } s_{21} \geq 2 m_x;$$

$$Y_K = 1,043 \ln \left( \frac{5,281 m_x}{s_{21}} \right), \text{ kai } s_{21} < 2 m_x;$$

čia:  $s_{21}$  – sliekračio vainiko storis, mm;  $m_x$ , mm. Rekomenduojama  $s_{21} = (1,5 \dots 2,0) m_x \geq 5$  mm.

Skaičiuojamieji lenkimo įtempiai sliekračio krumplyje

$$\sigma_{F2} = \frac{2000 K_A T_2}{b_2 d_{w2} m_x \cos \gamma_w} Y_\varepsilon Y_F Y_K \leq \sigma_{F adm 2}, \text{ MPa};$$

čia:  $T_2$ , Nm;  $b_2$ , mm;  $d_{w2}$ , mm;  $m_x$ , mm.

Skaičiuojamieji lenkimo įtempiai gali iki 3 % viršyti leistinus, t. y.  $100\% (\sigma_{F adm 2} - \sigma_{F2}) / \sigma_{F adm 2} \geq -3\%$ . Kai ši sąlyga netenkinama reikia imti didesnę standartinę modulio  $m$  vertę ir iš naujo atlikti projektinius skaičiavimus nuo (6.62) išraiškos. Jei visos modulių vertės netenkinama patvarumo lenkimui sąlygos, imama medžiaga su didesne patvarumo riba lenkimui ir iš naujo nustatomi leistinieji įtempiai bei atliekami projektiniai skaičiavimai.

**Kontaktinio ir lenkimo stiprumo apskaičiavimas.** Didžiausi sliekračio darbinės dalies medžiagos leistinieji kontaktiniai įtempiai

$$\sigma_{H adm max} = 2,0 \sigma_{yt}, \text{ MPa},$$

o didžiausi leistinieji lenkimo įtempiai –

$$\sigma_{F adm max} = 0,85 \sigma_{yt}, \text{ MPa};$$

čia  $\sigma_{yt}$  – sliekračio darbinės dalies medžiagos takumo riba, MPa (žr. 6.23 lent.).

Kontaktinio ir lenkimo stiprumo sąlygos (tikrinamos abiejų krumpliaračių):

$$\sigma_{H max} = \sigma_{H2} \sqrt{\frac{T_{per}}{T_{max}}} \leq \sigma_{H adm max}; \quad (6.65)$$

$$\sigma_{F max} = \sigma_{F2} \frac{T_{per}}{T_{max}} \leq \sigma_{F adm max}; \quad (6.66)$$

čia:  $\sigma_{H2}$  ir  $\sigma_{F2}$  – atitinkamai skaičiuojamieji kontaktiniai ir lenkimo įtempiai;  $T_{per}$  – perkrovimo metu (paleidžiant, stabdant ar reversuojant) perduodamas sukimo momentas;  $T_{max}$  – perduodamas maksimalus sukimo momentas (žr. 2.1 pav.). Jei apkrovos grafikas nežinomas, vietoje  $T_{per}/T_{max}$  paprastai naudojama elektros variklio charakteristika  $T_{max}/T_{nom}$ .

Jei viena iš sąlygų (6.65) ar (6.66) netenkinama, tai atliekami tokie pat veiksmai, kaip ir esant nepakankamam kontaktiniam ar lenkimo patvarumui, žr. rekomendacijas dalių „Kontaktinio patvarumo apskaičiavimas“ ar „Patvarumo lenkimui apskaičiavimas“ pabaigoje.



Skaičiavimo rezultatus rekomenduojama surašyti į lentelę:

Parametras	Reikšmė ir matavimo vienetai	
Tikslumo laipsnis	...	
Tikras naudingumo koeficientas	$\eta_T = \dots$	
Tikras perdavimo skaičius	$u_T = \dots$	
Tarpašinis atstumas	$a_w = \dots \text{ mm}$	
... modulis	$m_{...} = \dots \text{ mm}$	
GEOMETRINIAI KRUMPLIARAČIŲ PARAMETRAI		
	Slieko	Sliekračio
Pradžių / krumplių skaičius	$Z_1 = \dots$	$Z_2 = \dots$
Perstūmos koeficientas	$x = \dots$	–
Skersmens koeficientas	$q = \dots$	–
Vijų kilimo kampas ant dalijamojo apskritimo	$\gamma = \dots^\circ$	–
Vijų kilimo kampas ant pradinio cilindro	$\gamma_w = \dots^\circ$	–
Dalijamojo apskritimo skersmuo	$d_f = \dots \text{ mm}$	$d_2 = \dots \text{ mm}$
Pradinio apskritimo skersmuo	$d_{w1} = \dots \text{ mm}$	$d_{w2} = \dots \text{ mm}$
Pašaknų apskritimo skersmuo	$d_{f1} = \dots \text{ mm}$	$d_{f2} = \dots \text{ mm}$
Viršūnių apskritimo skersmuo	$d_{a1} = \dots \text{ mm}$	$d_{a2} = \dots \text{ mm}$
Didžiausias skersmuo	–	$d_{e2} = \dots \text{ mm}$
Sliekračio krumplių viršūnių įgaubimo spindulys	–	$R_a = \dots \text{ mm}$
Sliekračio krumplių pašaknų įgaubimo spindulys	–	$R_f = \dots \text{ mm}$
Įpjautos slieko dalies ilgis	$b_f = \dots \text{ mm}$	–
Sliekračio vainiko plotis	–	$b_2 = \dots \text{ mm}$
Veleno, ant kurio bus tvirtinamas krumpliaratis, skersmuo	–	$d_{v2} = \dots \text{ mm}$
Stebulės ilgis	–	$L_{st2} = \dots \text{ mm}$
Stebulės skersmuo	–	$d_{st2} = \dots \text{ mm}$
Ratlankio storis	–	$\delta_{02} = \dots \text{ mm}$
Ratlankio vidinis skersmuo	–	$D_{02} = \dots \text{ mm}$



Parametras	Reikšmė ir matavimo vienetai	
Disko storis	–	$\delta_{20} = \dots \text{ mm}$
Disko standumo briaunų storis	–	$\delta_{12} = \dots \text{ mm}$
Disko skylių centrų apskritimo skersmuo	–	$D_{sk2} = \dots \text{ mm}$
Disko skylių skersmuo	–	$d_{sk2} = \dots \text{ mm}$
Nuožulos	$c_1 = \dots \text{ mm}$	$c_2 = \dots \text{ mm}$
Užapvalinimo spinduliai	$r_1 = \dots \text{ mm}$	$r_2 = \dots \text{ mm}$
<b>JĖGINIAI PARAMETRAI</b>		
Apskritiminė jėga	$F_{t1} = \dots \text{ N}$	$F_{t2} = \dots \text{ N}$
Radialinė jėga	$F_{r1} = \dots \text{ N}$	$F_{r2} = \dots \text{ N}$
Ašinė jėga	$F_{a1} = \dots \text{ N}$	$F_{a2} = \dots \text{ N}$

Prieš „*molulis*“ įrašomas modulio tipas, t.y. „*Ašinis*“ arba „*Normalinis*“, o vietoje „*m...*“ – „*m<sub>x</sub>*“ arba „*m<sub>n</sub>*“.

Ne visi geometriniai parametrai (pavyzdžiui,  $L_{st2}$ ,  $d_{st2}$  ir kt.) yra žinomi šioje kursinio projekto stadijoje. Šias lentelės eilutes užpildysime vėliau. Jei sliekratis neturi kurio tai geometrinio parametro (pavyzdžiui, disko skylių ir kt.) jo į lentelę įtraukti nereikia.