

13. Patikrinamasis velenų skaičiavimas

13.1. Patvarumo patikrinimas

Braižomos veleno lenkimo momentų, veikiančių horizontalioje ir vertikalioje plokštumose, epiūros. Horizontalioji ir vertikaliąja plokštumomis laikomos plokštumos, kuriose buvo skaičiuojamos atraminės reakcijos. Taip pat reikia nubraižyti veleno sukimo momento epiūrą.

Pagal veleno lenkimo ir sukimo momentų epiūras, veleno kakliukų skersmenis ir galimas įtempimų koncentracijos zonas (pleištu grioveliai, skersmens šuolis tarp veleno kakliukų ir t. t.) parenkami pavojingi skerspjūviai, kur veleno stiprumas atrodo mažiausias. Šiuose skerspjūviuose tikrinamas veleno patvarumas ir statinis stiprumas.

Velenų patvarumo patikrinimas. Velene lenkimo įtempiai, kai ašinės apkrovos nėra ($\sigma_m = 0$, $\sigma_a = \sigma_b$), kinta pagal simetrinį ciklą, o kai veikia ašinė apkrova – pagal asimetrinį ciklą ($\sigma_m = \sigma_t$, $\sigma_a = \sigma_b$). Sukimo įtempiai, kai veleno sukimosi kryptis nesikeičia, yra pulsuojantys ($\tau_m = \tau_a = 0,5 \tau_t$), o reversinių perdavų velenuose sukimo įtempiai kinta pagal simetrinį ciklą ($\tau_m = 0$, $\tau_a = \tau_t$). Čia σ_t , σ_b ir τ_t – atitinkamai normaliniai tempimo ir lenkimo bei tangentiniai sukimo įtempiai.

Atliekant velenų patikrinamąjį skaičiavimą daroma prielaida, kad lenkimo įtempiai kinta pagal simetrinį ciklą.

Iš 13.1 lentelės parenkame (apskaičiuojame) veleno medžiagos patvarumo ribą lenkimui σ_{-1b} .

Pavojingame veleno skerspjūvyje veikiantys lenkimo įtempiai

$$\sigma_b = 1000 \frac{\sqrt{M_H^2 + M_V^2}}{W}, \text{ MPa};$$

čia: M_H ir M_V – lenkimo momentai, veikiantys pavojingame veleno skerspjūvyje, horizontalioje ir vertikalioje plokštumose, Nm; W – pavojingojo veleno skerspjūvio ploto ašinis atsparumo momentas, mm^3 .

Pavojingame veleno skerspjūvyje veikiantys sukimo įtempiai

$$\tau_t = \frac{1000 T}{W_p}, \text{ MPa};$$

čia: T – sukimo momentas, veikiantis pavojingame veleno skerspjūvyje, Nm; W_p pavojingojo veleno skerspjūvio polinis ploto atsparumo momentas, mm^3 .

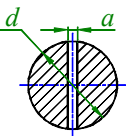
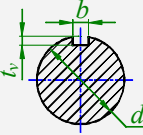
Dažniausiai sutinkamų skerspjūvių atsparumo momentų W , W_p ir plotų A apytikslės išraiškos pateiktos 13.2 lentelėje.

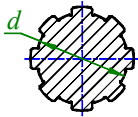
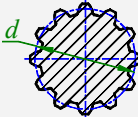
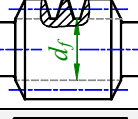

13.1 lentelė. Medžiagų patvarumo ribos lenkimui

| Plieno markė, standartas | Terminis apdorojimas | Patvarumo riba lenkimui σ_{-1b} , MPa | Plieno markė, standartas | Terminis apdorojimas | Patvarumo riba lenkimui σ_{-1b} , MPa |
|--------------------------|----------------------|--|--------------------------|----------------------|--|
| S235JR EN 10025 | – | 200 | C45 EN 10083 | TG | 370 |
| E295 EN 10025 | – | 260 | 37Cr4 EN 10083 | TG | 440 |
| E335 EN 10025 | – | 300 | 42CrMo4 EN 10083 | TG | 530 |
| E360 EN 10025 | – | 340 | 30CrNiMo8 EN 10083 | TG | 600 |

Stulpelyje „Terminis apdorojimas“ pateiktų trumpinių reikšmės: „–“ – termiškai neapdorotas; TG – terminis gerinimas.
Kitų medžiagų patvarumo ribas lenkimui ir sukimui galima apskaičiuoti pagal empirines formules:
angliniams plienams – $\sigma_{-1b} \approx (0,4 \dots 0,45) \sigma_{ut}$, MPa;
legiruotiems plienams – $\sigma_{-1b} \approx 0,35 \sigma_{ut} + 120$, MPa;
čia σ_{ut} – veleno medžiagos stiprumo riba tempiant, MPa.

13.2 lentelė. Įvairių skerspjūvių plotų A , ašinių W bei polinių W_p atsparumo momentų apytikslės išraiškos

| Eskizas | A , W ir W_p išraiškos |
|---|---|
|  | $A \approx \frac{\pi d^2}{4} - a d; \quad W \approx \frac{\pi d^3}{32} \left(1 - \frac{1,54 a}{d}\right); \quad W_p \approx \frac{\pi d^3}{16} \left(1 - \frac{a}{d}\right)$ |
|  | $A \approx \frac{\pi d^2}{4} - b t_v; \quad W \approx \frac{\pi d^3}{32} - \frac{b t_v (d - t_v)^2}{2 d}; \quad W_p \approx \frac{\pi d^3}{16} - \frac{b t_v (d - t_v)^2}{2 d}$ |

| Eskizas | A, W ir W_p išraiškos | |
|---|---|--|
|  | $A \approx \xi \frac{\pi d^2}{4}; W \approx \xi \frac{\pi d^3}{32}; W_p \approx \xi \frac{\pi d^3}{16}$ | Stačiašonės išdrožinės jungties serija |
| | | lengvoji vidutinė sunkioji |
|  | $A \approx \frac{\pi d^2}{4}; W \approx \frac{\pi d^3}{32}; W_p \approx \frac{\pi d^3}{16}$ | |
|  | $A \approx \frac{\pi d_f^2}{4}; W \approx \frac{\pi d_f^3}{32}; W_p \approx \frac{\pi d_f^3}{16}$ | |
|  | $A \approx \frac{\pi d_1^2}{4}; W \approx \frac{\pi d_1^3}{32}; W_p \approx \frac{\pi d_1^3}{16}$ | |

Pavojingame veleno skerspjūvyje veikiantys ekvivalentiniai įtempiai

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3(\alpha_0 \tau_t)^2}, \text{ MPa};$$

čia: α_0 – koeficientas, pagal kurį įvertinamas skirtingas lenkimo ir sukimo momentų poveikis. Kai lenkimo ir sukimo įtempiai kinta pagal simetrinį ciklą – $\alpha_0 = 1,0$. Kai lenkimo įtempiai kinta pagal simetrinį, o sukimo įtempiai – pagal pulsuojančią ciklą – $\alpha_0 = 0,817$.

Veleno pavojingo skerspjūvio mastelio faktoriaus koeficientas apskaičiuojamas 0,01 tikslumu: termiškai neapdoroto anglinio plieno –

$$b_G = \min(1,00; 1,13 - 0,04 \sqrt{d}), \text{ kai } d \leq 40 \text{ mm};$$

$$b_G = 0,57 + 6,21 d^{-0,8}, \text{ kai } d > 40 \text{ mm};$$

termiškai apdoroto anglinio plieno, legiruotojo plieno ir ketaus –

$$b_G = \min(1,00; 0,4 + 1,52 d^{-0,4}), \text{ kai } d < 80 \text{ mm};$$

$$b_G = 0,52 + 4,85 d^{-0,8}, \text{ kai } d \geq 80 \text{ mm};$$

spalvotųjų metalų –

$$b_G = 1;$$

čia d – veleno skersmuo pavojingame skerspjūvyje, mm. Jei pavojingame pjūvyje yra dviejų kakliukų su skirtingais skersmenimis sandūra, tai skaičiavimams naudojamas mažesniojo kakliuko skersmuo.

Paviršiaus kokybės koeficiento b_0 vertė apskaičiuojama 0,01 tikslumu: mechaniškai apdoroto paviršiaus –

$$b_0 = \min \left[1,00; 4,77 - 4 \text{ Ra}^{0,02} + (1 - 0,78 \text{ Ra}^{-0,08}) \exp \left(- \frac{1,3 \sigma_{ut}}{1000} \right) \right],$$

o mechaniškai neapdoroto (valcuoto, lieto) paviršiaus –

$$b_0 = 0,94 - 0,32 \left(\frac{\sigma_{ut}}{1000} \right)^{0,497};$$

čia: Ra – paviršiaus šiurkštumas, μm ; σ_{ut} – medžiagos stiprumo riba tempiant, MPa.

Veleno pavojingo skerspjūvio efektyviojo įtempių koncentracijos koeficiento lenkiant β_b išraiškos pateiktos 13.3 lentelėje.

Veleno patvarumo atsarga:

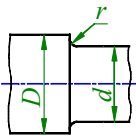
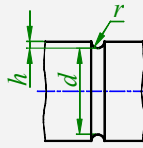
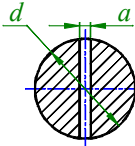
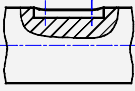

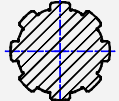
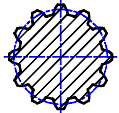
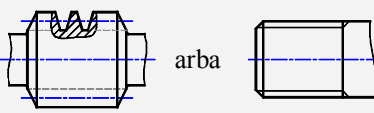
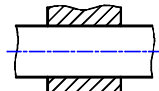
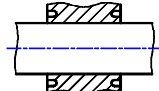
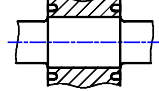
$$s = \frac{\sigma_{-1b}}{\sigma_{ekv}} \cdot \frac{b_0 b_G}{\beta_b} \geq s_{adm}; \quad (13.1)$$

čia $s_{adm} \geq (2,0 \dots 3,0)$ – leistinasis patvarumo atsargos koeficientas. Mažesnės s_{adm} vertės naudojamos, kai apkrova yra pastovi, o didesnės – kai smūginė.

Jei tame pačiame veleno skerspjūvyje yra keli įtempių koncentratoriai, tai skaičiuojant s atsižvelgiama tik į tą, kurio β_b / b_G santykis yra didesnis.

Jei (13.1) sąlyga netenkinama, tai didinamas pavojingojo skerspjūvio veleno kakliuko skersmuo, arba imama stipresnė veleno medžiaga. Jei reikia, perskaičiuojami likę veleno kakliukų skersmenys, parenkami kiti guoliai, patikslinamas apmatinimo brėžinys ir iš naujo atliekamas patikrinamasis veleno skaičiavimas.

13.3 lentelė. Efektyviojo įtempių koncentracijos koeficiento lenkiant β_b išraiškos (apskaičiuoti 0,01 tikslumu)

| Koncentratoriaus eskizas | β_b išraiška |
|---|--|
|  <p style="text-align: right;">$D > d$</p> | Skersmens pasikeitimas: $\beta_b = 1 + \frac{q}{\sqrt{\frac{1,24 r}{D-d} + \frac{11,6 r}{d} \left(1 + \frac{2r}{d}\right)^2 + \frac{1,6 d}{D} \left(\frac{r}{D-d}\right)^3}}$ |
|  | Griovelis: $\beta_b = \min \left\{ 2 + \frac{2 \sigma_{ut}^{1,23}}{10\,000}; 1 + q \left[\frac{0,2 r}{h} + \frac{5,5 r}{d} \left(1 + \frac{2r}{d}\right)^2 \right]^{-0,5} \right\}$ |
|  | Skersinė skylė: $\beta_b = 1 + q \left(2 + 1,4 \frac{a}{d} - 2,8 \sqrt{\frac{a}{d}} \right)$ |
|  | Prizmino pleišto griovelis: $\beta_b = 1 + 0,00125 \sigma_{ut}$ |
|  | Segmentinio pleišto griovelis: $\beta_b = 1 + 0,00077 \sigma_{ut}$ |
|  | Stačiašonė išdroža: $\beta_b = 1,6 + 0,000202 \sigma_{ut}^{1,3}$, kai $\sigma_{ut} < 500$ MPa $\beta_b = 0,476 \sigma_{ut}^{0,25}$, kai $\sigma_{ut} \geq 500$ MPa |
|  | Krumpliaratis arba evolventinė išdroža: $\beta_b = \min(1,95; 1,6 + 0,00012 \sigma_{ut}^{1,4})$, kai $\sigma_{ut} < 400$ MPa $\beta_b = 1 + 0,05 \sigma_{ut}^{0,35}$, kai $\sigma_{ut} \geq 400$ MPa |
|  <p style="text-align: center;">arba</p> | Slieko vijos arba sriegis: $\beta_b = 1,1 + 2,2 \left(\frac{\sigma_{ut}}{1\,000} \right)^2$, kai $\sigma_{ut} < 400$ MPa $\beta_b = 1,45 + 0,0133 (\sigma_{ut} - 400)^{0,7}$, kai $\sigma_{ut} \geq 400$ MPa |
|  | Užpresuotos detalės kraštai: $\beta_b = 1,4 + 209 \cdot 10^{-6} \sigma_{ut}^{1,35}$ |
|  | $\beta_b = 1,3 + 58 \cdot 10^{-6} \sigma_{ut}^{1,5}$ |
|  | $\beta_b = 1,05 + 3,5 \cdot 10^{-6} \sigma_{ut}^{1,8}$ |
| <p>Čia: σ_{ut} – medžiagos stiprumo riba tempiant, MPa; q – koeficientas, kuriuo įvertinamas medžiagos jautrumas vietiniams įtempiams, apskaičiuojamas 0,01 tikslumu:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: left;"> <p>plieno – $q = 0,4$, kai $\sigma_{ut} \leq 400$ MPa; $q = 0,0005 \sigma_{ut} + 0,2$, kai 400 MPa $< \sigma_{ut} < 500$ MPa; $q = 0,45$, kai 500 MPa $\leq \sigma_{ut} \leq 750$ MPa; $q = 0,001 \sigma_{ut} - 0,3$, kai 750 MPa $< \sigma_{ut} < 1\,250$ MPa; $q = 0,95$, kai $\sigma_{ut} \geq 1\,250$ MPa;</p> </div> <div style="text-align: left;"> <p>ketaus – $q = \frac{\sigma_{ut} + 500}{3\,000}$, kai $\sigma_{ut} < 400$ MPa; $q = 0,3$, kai $\sigma_{ut} \geq 400$ MPa;</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: left;"> <p>spalvotųjų metalų – $q = 0,0005 \sigma_{ut} + 0,25$, kai $\sigma_{ut} < 500$ MPa; $q = 0,5$, kai $\sigma_{ut} \geq 500$ MPa.</p> </div> </div> | |

Velenų statinio stiprumo patikrinimas atliekamas tam, kad išvengtų plastinio veleno deformavimosi trumpalaikių perkrovų metu.

Statiniai ekvivalentiniai įtempiai pavojingame veleno skerspjūvyje:

$$\sigma_{S_{ekv}} = \max(K_{per}; K_A) \sqrt{\left(\sigma_b + \frac{Q_a}{A}\right)^2 + 3\tau_t^2} \leq \sigma_{adm}, \text{ MPa}; \quad (13.2)$$

čia: K_{per} – perkrovos koeficientas; K_A – ant veleno montuojamo perdavos elemento apkrovos pobūdžio koeficientas (kai montuojami keli elementai, kurių K_A vertės skiriasi, tai skaičiavimams reikia naudoti didžiausią K_A vertę); σ_b , MPa; Q_a – ašinė įrąža, veikianti pavojingame veleno skerspjūvyje, N; A – pavojingojo pjūvio skerspjūvio plotas, mm²; τ_t , MPa; $\sigma_{adm} = (0,75 \dots 0,80) \sigma_{yt}$ – leistinieji įtempiai, MPa; σ_{yt} – veleno medžiagos takumo ribos įtempiai, MPa.

Jei (13.2) sąlyga netenkinama, pavojingame skerspjūvyje didinamas veleno kakliuko skersmuo, arba imama veleno medžiaga su didesne takumo riba. Jei reikia, perskaičiuojami likę veleno kakliukų skersmenys, parenkami kiti guoliai, patikslinamas apmatinis brėžinys ir iš naujo atliekamas patikrinamasis veleno skaičiavimas.

13.2. Standumo patikrinimas

Esant per mažam veleno standumui gali atsirasti nepageidaujamos vibracijos (skersinės bei sukamosios), gaunamas neteisingas krumplinių perdavų susikabinimas (sumažėja perdavos ilgaamžiškumas), pablogėja guolių, jungčių (pleiščių ir išdrožų) darbo sąlygos, padidėja dilimas.

Skaičiuojant veleno standumą, nustatomi charakteringų veleno vietų įlinkiai, deviacijos ir susisukimo kampai. Dažniausiai veleno įlinkis ir susisukimo kampas skaičiuojami krumplinių perdavų susikabinimo vietose, o deviacijos – veleno tvirtinimo vietose.

Veleno standumas skaičiuojamas atlikus patikrinamąjį veleno patvarumo skaičiavimą.

Kursiniame projekte tikrinamas tik slieko veleno standumas lenkimui (skaičiuojamas tik įlinkis ties slieko viduriu).

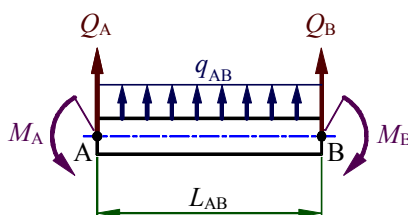
Veleno įlinkiai ir deviacijos, be žemiau pateiktos skaičiavimo metodikos, gali būti nustatyti taikant Moro integralą, Vereščiagino būdą ar skaitinius inžinerijos metodus.

Kai žinomi išpjautos (pastovaus skerspjūvio) veleno dalies vieno galo įlinkis ir deviacija, tai kito galo įlinkį ir deviaciją galima apskaičiuoti taip (13.1 pav.):

$$y_B = y_A + \theta_A L_{AB} - \frac{M_A L_{AB}^2}{2EI_{AB}} + \frac{Q_A L_{AB}^3}{6EI_{AB}} + \frac{q_{AB} L_{AB}^4}{24EI_{AB}}; \quad (13.3)$$

$$\theta_B = \theta_A - \frac{M_A L_{AB}}{EI_{AB}} + \frac{Q_A L_{AB}^2}{2EI_{AB}} + \frac{q_{AB} L_{AB}^3}{6EI_{AB}}; \quad (13.4)$$

čia: y_A ir y_B – galų įlinkiai, mm; θ_A ir θ_B – galų deviacijos, rad; E – veleno medžiagos tamprumo modulis, MPa; L_{AB} – veleno dalies, esančios tarp taškų A ir B, ilgis, mm; I_{AB} – veleno dalies, esančios tarp taškų A ir B, skerspjūvio ašinis inercijos momentas, mm⁴; M_A ir Q_A bei M_B ir Q_B – atitinkamai A bei B taško lenkimo momento (Nmm) ir skersinės jėgos (N) įrąžos; q_{AB} – sloginys, N/mm.



13.1 pav. Pastovaus skerspjūvio veleno dalį veikiančios apkrovos

Teigiamos apkrovų, naudojamų (13.3) ir (13.4) formulėse, kryptys pateiktos 13.1 pav. (teigiama lenkimo įrąža laikoma, kai nuo jos viršutiniai veleno dalies sluoksniai yra tempiami, o apatiniai – gniuždomi). Įlinkių ir deviacijų teigiamos kryptys sutampa su teigiamomis apkrovų kryptimis.

Veleną suskaidę į n elementų (i -asis elementas pavaizduotas 13.1 pav.) ir pasinaudoję (13.3), (13.4) formulėmis galime parašyti $2n$ lygčių, kuriose bus $2n$ nežinomųjų (atramų vietose įlinkiai yra lygūs 0). Išsprendę tokią lygčių sistemą, sužinosime įlinkius ir deviacijas reikiamame veleno taške.

Kadangi lygčių sistema gali gautis pakankamai didelė, tai ją paprasčiau spręsti panaudojus matematinius paketus. Tam lygčių sistemą patogiau užrašyti matricine forma:

$$\begin{bmatrix} 1 & L_{1-2} & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L_{2-3} & -1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & L_{(n-1)-n} & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1 \\ \theta_1 \\ y_2 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ y_n \\ \theta_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} C_{1-2} \\ D_{1-2} \\ C_{2-3} \\ D_{2-3} \\ \vdots \\ C_{(n-1)-n} \\ D_{(n-1)-n} \end{Bmatrix}$$

arba

$$[L]\{y\} = \{C\};$$

čia: matrica $[L]$ turi $2n$ eilutes ir $(2n+2)$ stulpelius; vektorius stulpelis $\{y\}$ turi $(2n+2)$ eilutes; vektorius stulpelis $\{C\}$ turi $2n$ eilutes; apatiniai indeksai žymi veleno elementų galų numerius;

$$C_{1-2} = \frac{M_1 L_{1-2}^2}{2EI_{1-2}} - \frac{Q_1 L_{1-2}^3}{6EI_{1-2}} - \frac{q_{1-2} L_{1-2}^4}{24EI_{1-2}};$$

$$D_{1-2} = \frac{M_1 L_{1-2}}{EI_{1-2}} - \frac{Q_1 L_{1-2}^2}{2EI_{1-2}} - \frac{q_{1-2} L_{1-2}^3}{6EI_{1-2}}; \dots; C_{(n-1)-n} = \frac{M_{n-1} L_{(n-1)-n}^2}{2EI_{(n-1)-n}} - \frac{Q_{n-1} L_{(n-1)-n}^3}{6EI_{(n-1)-n}} - \frac{q_{(n-1)-n} L_{(n-1)-n}^4}{24EI_{(n-1)-n}}$$

$$\text{ir } D_{(n-1)-n} = \frac{M_{n-1} L_{(n-1)-n}}{EI_{(n-1)-n}} - \frac{Q_{n-1} L_{(n-1)-n}^2}{2EI_{(n-1)-n}} - \frac{q_{(n-1)-n} L_{(n-1)-n}^3}{6EI_{(n-1)-n}}.$$

Iš $\{y\}$ vektorius reikia išbraukti tas eilutes, o iš matricos $[L]$ tuos stulpelius, kurie atitinka nulinius įlinkius ar deviacijas. Pavyzdžiui, jei $y_2 = 0$, tai iš $\{y\}$ reikia išbraukti 3-čią eilutę, o iš $[L]$ – 3-čią stulpelį.

Veleną paprastai veikia erdvinė jėgų sistema, todėl įlinkiai ir deviacijos apskaičiuojami dviejose, viena kitai statmenose plokštumose. Plokštumos laisvai parenkamos taip, kad jų sankirtos linija sutaptų su veleno ašimi ir pažymimos, pavyzdžiui, H ir V žymenimis. Suminis įlinkis ir deviacija:

$$y = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n_a} y_{Hi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n_a} y_{Vi}\right)^2} \leq y_{adm}; \tag{13.5}$$

$$\theta = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n_a} \theta_{Hi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n_a} \theta_{Vi}\right)^2} \leq \theta_{adm}; \tag{13.6}$$

čia: n_a – veleną veikiančių skirtingų apkrovų kiekis H arba V plokštumoje; y_{Hi} , y_{Vi} , θ_{Hi} ir θ_{Vi} – atitinkamai veleno charakteringojo taško įlinkiai (mm) ir deviacijos (rad) H ar V plokštumose, atsirandantys dėl i -ųjų apkrovų veikimo; y_{adm} , mm ir θ_{adm} , rad – atitinkamai leistinasis veleno įlinkis ir deviacija (žr. 13.4 lent.).

Kai (13.5) arba (13.6) sąlyga netenkinama, reikia mažinti atstumą tarp atramų arba didinti veleno kakliukų skersmenis. Jei slieko velenas nėra pakankamai standus ir sliekas gaminamas išvien su velenu, tai didinamas ne veleno kakliuko skersmuo, o slieko skersmens koeficientas q ir iš naujo atliekami sliekinės perdavos projektiniai bei patikrinamieji skaičiavimai pradedant (6.64) išraiška. Po to, jei reikia, perskaičiuojami likę veleno kakliukų skersmenys, parenkami kiti guoliai, patikslinamas eskizinis brėžinys ir iš naujo atliekamas patikrinamasis veleno skaičiavimas.

13.4 lentelė. Leistinių veleno įlinkių y_{adm} ir deviacijų θ_{adm} vertės

| Vieta veleno | y_{adm} , mm | θ_{adm} , rad |
|---|----------------|----------------------|
| Ties riedėjimo guoliu: | | |
| rutuliniam vienaėliui guoliui | – | 0,005 |
| sferiniam rutuliniam guoliui | – | 0,05 |
| guoliui su cilindriniais riedėjimo elementais | – | 0,0025 |
| guoliui su kūginiais riedėjimo elementais | – | 0,0016 |
| Ties slydimo guoliu | – | 0,001 |
| Ties krumpliutos perdavos elementų vainiko viduriu: | | |
| cilindrinė krumpliaračių perdavoms | 0,01 m | 0,001 ... 0,002 |
| kūginių krumpliaračių perdavoms | 0,005 m | 0,001 ... 0,002 |
| sliekinės perdavoms | 0,005 m | 0,001 ... 0,002 |
| Ties kitų perdavų elementais | | |
| bendros paskirties perdavų elementams | 0,0003 L | – |
| įrangos perdavų elementams | 0,0002 L | – |
| Čia m – perdavos modulis, mm. Įstrižakrumplėms cilindrinėms perdavoms naudojamas normalinis modulis m_n , kūginėms perdavoms – vidutinis modulis m_{im} arba m_m , archimedinio slieko perdavoms – ašinis modulis m_s , kitoms sliekinėms perdavoms – normalinis modulis m_n ; L – atstumas tarp veleno atramų, mm. | | |

Veleno standumas sukimui paprastai tikrinamas tik didelio tikslumo perdavose. Laiptuoto veleno susisukimo kampas tarp dviejų greta esančių ir sukimo momentą perduodančių elementų:

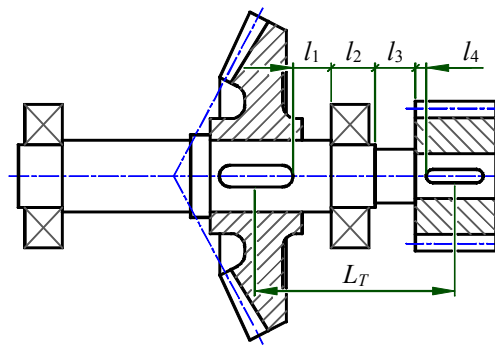
$$\varphi_j = \frac{T_j}{1000G} \sum_{i=1}^{n_v} \left(\frac{l_i}{I_{pi}} \right); \quad (13.7)$$

čia: φ_j , rad; T_j – sukimo momento įrašas, Nm; G – veleno medžiagos šlyties modulis, MPa; n_v – skirtingų skersmenų veleno kakliukų kiekis; l_i – i -ojo veleno kakliuko darbinis ilgis, mm (žr. 13.2 pav.); I_{pi} – i -ojo veleno kakliuko skerspjūvio polinis inercijos momentas, mm⁴.

Susisukimo kampas tarp dviejų pasirinktų pjūvių:

$$\sum_{j=1}^{n_T} \varphi_j \leq \varphi'_{adm} L_T;$$

čia: n_T – skirtingas sukimo momentų įrašas turinčių zonų kiekis tarp dviejų pasirinktų pjūvių; $\varphi'_{adm} = 5 \cdot 10^{-6}$, rad/mm – leistinasis susisukimo kampas ilgio vienetui; L_T – atstumas tarp pasirinktų pjūvių, mm. Jei pasirinktas pjūvis yra ties sukimo momento pridėjimo vieta, tai atstumas matuojamas nuo sukimo momentą perduodančio elemento (paprastai pleišto ar išdrožos) darbinio paviršiaus vidurio (žr. 13.2 pav.).



13.2 pav. Laiptuoto veleno ilgiai naudojami veleno susisukimo kampo nustatymui