

8. VELENŲ IR ASIŲ PROJEKTAVIMAS

Mechaninių pavary velenai turi būti atsparūs ilgalaikiam cikliniam apkrovimui bei perkrovimui, pakankamai standūs; velenų konstrukcija — technologiška ir ekonomiška.

Projektuojant velenus, nustatomos veleną veikiančios jėgos ir momentai, parenkama veleno medžiaga bei leistinieji įtempimai, atliekamas projektinis velenų skaičiavimas, nubraižomas projektuojamos pavaros eskizas, apskaičiuojamos atraminės reakcijos, sudaromos lenkimo ir sukimo momentų diagramos, atliekamas patikrinamasis velenų nuovargio skaičiavimas pavojinguose pjūviuose nustatant tikrusius veleno stiprumo atsargos koeficientus.

8.1. VELENŲ APKROVOS

Pavary velenai apkraunami sukimo ir lenkimo momentais. Lenkimo momentus sukuria jėgos, kylančios krumplinių, sliekinių pavary detalių susikabinime ir pavary su lankščiuoju elementu įrangoje. Į detalių sunkį paprastai neatsižvelgiama, išskyrus kai kurias stambiagabarites pavaras.

Cilindrinės tiesiakraumples pavaros susikabinime veikianti normalinė jėga F_n , apskaičiuojama pagal (4.29) formulę, išskaidoma į dvi tarpusavy statmenas dedamąsias — apskritiminę F_t ir radialinę F_r jėgas, apskaičiuojamas pagal (4.24) ir (4.25) formules.

Cilindrinėje įstrižakraumpėje pavaroje veikianti normalinė jėga F_n apskaičiuojama pagal (4.30) formulę. Ji išskaidoma į tris tarpusavy statmenas jėgas — apskritiminę F_t , radialinę F_r ir ašinę F_a , kurios apskaičiuojamos pagal (4.26), (4.27) ir (4.28) formules.

Cilindrinėje pavaroje su ševroniniais krumpliaračiais susikabinime kylančios ašinės jėgos atsisveria, o velenai ir guoliai apkraunami kaip cilindrinėse tiesiakraumpėse pavarose.

Kūginėje tiesiakraumpėje pavaroje veikianti normalinė jėga, apskaičiuojama pagal (4.38) formulę, išskaidoma į tris tarpusavy statmenas jėgas — apskritiminę F_t , radialinę F_r ir ašinę F_a . Jos apskaičiuojamos pagal (4.35), (4.36) ir (4.37) formules. Be to, vieno krumpliaračio ašinė jėga apskaičiuojama pagal (4.39) ir (4.40) priklausomybes absoliutiniu dydžiu lygi kito krumpliaračio radialinei jėgai, ir atvirkščiai.

Sliekinės pavaros susikabinime veikianti normalinė jėga F_n , kuri apytiksliai apskaičiuojama pagal (5.18) formulę, skaidoma į tris tarpusavy statmenas jėgas: sliekračio apskritiminę jėgą, absoliutiniu dydžiu lygią slieko ašinei jėgai, ir apskaičiuojamą pagal (5.15) formulę, sliekračio ašinę jėgą, absoliutiniu dydžiu lygią slieko apskritiminei jėgai, ir apskaičiuojamą pagal (5.16) for-

mulę, taip pat sliekračio radialinę jėgą, absoliutiniu dydžiu lygią slieko radialinei jėgai, ir apskaičiuojamą pagal (5.17) formulę.

Grandininės pavaros veleną veikianti jėga F_{gr} priklauso nuo perduodamo sukimo momento, žvaigždūčių tarpusavy padėties erdvėje bei pavaros apkrovimo pobūdžio. Jėga F_{gr} apskaičiuojama pagal (6.8) formulę ir laikoma, kad veikia linija, jungiančia žvaigždūčių centrus.

Diržinės pavaros veleną lenkianti jėga F_d nuo diržo įtempimo apskaičiuojama pagal (7.5) formulę, kai diržas ploksčiasis, arba pagal (7.7) formulę, kai diržas trapecinis. Laikoma, kad ji veikia linija, jungiančia skriemulių centrus.

Movą jungiant velenus, turinčius tam tikrą neašiskumą ar radialinį mušimą, velenai (praktiškai visuomet) apkraunami papildoma lenkiančia jėga

$$F_m \approx (0,2 \dots 0,4) F_t; \quad (8.1)$$

čia F_t — movos perduodama apskritiminė jėga.

Jėgos F_m kryptis gali būti labai įvairi ir priklauso nuo atstiklinių montavimo ir gamybos netikslumų. Skaičiuojant rekomenduojama imti patį nepalankiausią atvejį, kai F_m padidina įtempimus veleno ir veleno įlinkį.

8.2. PROJEKTINIS VELENŲ IR ASIŲ SKAICIAVIMAS

Velenų projektavimo pradžioje dažniausiai žinomas sukimo momentas, o lenkimo momentų reikšmės nėra žinomos. Mechaninių pavary veleno skersmuo nustatomas pagal perduodamą sukimo momentą. Veleno medžiaga ir leistinieji įtempimai parenkami pagal veleno darbo sąlygas. Velenai dažniausiai gaminami iš plieno Cr5, Cr6, 35, 45, 50, 40X, 40HX ir kt.

Veleno skersmuo d mm nustatomas pagal formulę

$$d = \sqrt[3]{T / (0,2 [\tau]_s)}; \quad (8.2)$$

čia T — perduodamas sukimo momentas N·mm; $[\tau]_s$ — veleno medžiagos leistinieji sukimo įtempimai MPa (žr. 8.1 lent.).

Tuščiaavidurio veleno išorinis skersmuo mm apskaičiuojamas taip:

$$d = \sqrt[3]{T / [0,2(1-c^4) [\tau]_s]}; \quad (8.3)$$

čia $c = d_o/d$; d_o — tuščiaavidurio veleno skylės skersmuo mm.

Taip nustatomi varančiojo bei varomojo velenų išsikūlusios dalies mažiausi skersmenys ir tarpinio veleno skersmuo mažojo krumpliaračio montavimo vietoje. Greitaigio veleno išsikūlusio galo skersmuo d gali būti priimtas pagal parinkto elektros variklio veleno skersmenį d_{ev} : $d = (0,8 \dots 1,2) d_{ev}$. Apskaičiuoti skersmenys apvalinami iki artimiausio iš standartinės linijinių matmenų eilės Ra 40 (žr. 1.6 poskyrį).

Veleno nominalusis skersmuo guolio montavimo vietoje turi būti lygus guolio vidinio žiedo nominaliajam skersmeniui. Parenkant kitus velenų matmenis, laikomasi nurodytos matmenų eilės /ir šių rekomendacijų: 1) kiekviena montuojama ant veleno detalė turi laisvai pasiekti jai skirtą vietą, kur reikiama suleidimu jungiama su veleno ir fiksuojama ašine kryptimi; 2) velenų ir užkarų galų briaunos užapvalinamos, kad būtų lengviau sumontuoti krumpliaraičius, guolius ir kitas detales; 3) skersmens pasikeitimo vietos užapvalinamos spinduliu, didesniu kaip 0,1d; 4) kad velenai būtų standesni lenkimui, atstumas tarp atramų (guolių) daromas kiek galima mažesnis ir ant veleno montuojamos detalės išdėstomos arčiau atramų.

Nustatant atramines reakcijas (guolių apkrovas), turi būti žinomi atstumai tarp guolių, krumpliaraičių, žvaigždučių, skriemulių. Randama sudarant projektuojamos pavaros eskizą.

Paruošus projektuojamos pavaros eskizą, viena veleno atrama, kuri priima ašines ir radialines apkrovas, laikoma neslankiu šarnyru, o kita — slankiu. Veleną veikiančios jėgos laikomos koncentruotomis, pridėtomis ties atitinkamų dalių (krumpliaraičių, guolių) viduriu. Kaip nustatyti veleno atramos veikiančias reakcijas, sudaryti lenkimo bei sukimo momentų diagramas, pateikiama pavyzdžiuose (238...241 ir 285...288 p.).

Ašių skaičiavimas yra atskiras velenų skaičiavimo atvejis. Ašių sukimo momento neperduoda ($T=0$), todėl skaičiuojamas tik ašių lenkimas. Ašies skersmuo nustatomas pagal formulę

$$d = \sqrt[3]{M/(0,1[\sigma]l)}; \quad (8.4)$$

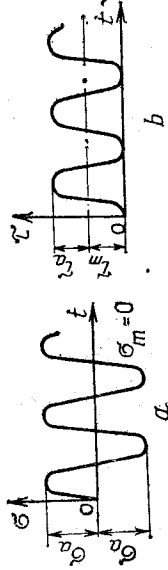
čia M — lenkimo momentas N·mm; $[\sigma]_l$ — ašies medžiagos leistinieji lenkimo įtempimai MPa.

Kai ašis apkraunama pastovaus ženklo kintamais lenkimo įtempimais (nesisukanti ašis), leistinieji įtempimai apskaičiuojami pagal formulę $[\sigma]_l \approx 0,2\sigma_B$. Besisukanciose ašyse įtempimai kinta pagal simetrinį ciklą, todėl $[\sigma]_l \approx 0,1\sigma_B \cdot \sigma_B$ reikšmės randamos 1.1 lentelėje.

Štame skyriuje nagrinėjama tik kaip projektuoti pavarų velenus. Projektuojant kitų žemės ūkio mechanizmų velenus ir ašis siūloma pasinaudoti literatūra [29, 33].

8.3. PATIKRINAMASIS VELENŲ NUOVARGIO SKAICIAVIMAS

Pavarai dirbant ilgą laiką, velenai dažniausiai suyra dėl nuovargio. Todėl velenų nuovargio skaičiavimas laikomas pagrindiniu.



8.1 pav. Lenkimo (a) ir pulsuojančių sukimo (b) įtempimų kitimas veleno

Konstrukcijos stiprumas vertinamas lyginant skaičiuojamąjį atsargos koeficientą s , nustatytą veleno brėžinio ir apkrovų pagrindu, su leistinuoju $[s]$.

Įtempimų pobūdis detalėse priklauso nuo apkrovos. Įmama, kad velenus veikia lenkimo įtempimai, kintantys pagal simetrinį ciklą (8.1 pav., a), ir pulsuojančios sukimo įtempimai (8.1 pav., b).

Rušiant pavaros eskizą, sudaroma projektuojamos pavaros velenų konstrukcija. Pagal veleno lenkimo ir sukimo momentų diagramas bei galimas įtempimų koncentracijos zonas parenkami skerspjūviai, kur veleno stiprumo atsarga atrodo mažiausia.

Dei statinių apkrovų velenai retai suyra, todėl trumpalaikės pavaros perkrovas, skaičiuojant velenus nuovargiui, neimamos dėmesin.

Leistinasis veleno stiprumo atsargos koeficientas veleno stiprumo požiūriu gali būti $[s] = 1,5 \dots 1,7$. Tačiau tokių velenų, nustatant įlinkį, būtina skaičiuoti standumą. Reduktorių velenai turi būti pakankamai standūs, todėl rekomenduojama imti $[s] \geq 2,5$. Siuo atveju skaičiuoti velenų standumą nebūtina, išskyrus slieko veleną.

Veleno skerspjūvio stiprumo sąlyga yra

$$s = s_\sigma \cdot s_\tau / \sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2} \geq [s]; \quad (8.5)$$

čia s_σ — stiprumo atsargos koeficientas pagal normalinius įtempimus apskaičiuojamas taip:

$$s_\sigma = \sigma_{-1} / (K_\sigma \sigma_a / K_d + \psi_\sigma \sigma_m); \quad (8.6)$$

s_τ — stiprumo atsargos koeficientas pagal tangentinius įtempimus

$$s_\tau = \tau_{-1} / (K_\tau \tau_a / K_d + \psi_\tau \tau_m); \quad (8.7)$$

čia σ_{-1} ir τ_{-1} — patvarumo ribos lenkiant ir sukant, kai ciklas simetrinis, randamas iš lentelių ar nustatomas pagal medžiagos stiprumo ribą σ_B ; angliniam plienui (lenkiant) $\sigma_{-1} = (0,4 \dots 0,45)\sigma_B$; legiruotajam plienui (lenkiant) $\sigma_{-1} = 0,35\sigma_B + 120$ MPa, bet kokiam plienui (sukant) $\tau_{-1} = 0,25\sigma_B$. σ_B reikšmės randamos 1.1 lentelėje. K_σ ir K_τ — efektyvniai įtempimų koncentracijos koeficientai lenkiant ir sukant (žr. 8.3 lent.); kai du įtempimų koncentracijai yra tame pačiame veleno skerspjūvyje, atsižvelgiama tik į tą koncentratorių, kurio, K_σ / K_d arba K_τ / K_d , reikšmė didesnė; σ_a ir τ_a — normalinių ir tangentinių įtempimų ciklų vidutinės reikšmės; σ_m ir τ_m — normalinių ir tangentinių įtempimų ciklų vidutinės reikšmės; K_d — koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į nagrinėjamos detalės skerspjūvio matmenis (mastelinių faktorius, žr. 8.2 lent.); ψ_σ ir ψ_τ — lenkimo ir sukimo patvarumo ribų santykio koeficientai, kai įtempimų kitimo ciklas simetrinis ir pulsuojančias, šių koeficientų reikšmės apytikriai skaičiuojamas imamos: $\psi_\sigma = 0,1 \dots 0,2$ plienui, kurio $\sigma_B < 500$ MPa; $\psi_\sigma = 0,2 \dots 0,3$ plienui, kurio $\sigma_B \geq 500$ MPa; $\psi_\tau \approx 0,5\psi_\sigma$.

8.1 lentelė. Leistinieji sukimo įtempimai $[\tau]$, MPa, kai velenas sukamas momentu T N·mm ir lenkiamas radialine apkrova F N (pagal CI C3B 537–77)

Plieno stiprumo riba σ_B MPa	Kietumas HB MPa	$F \leq 8\sqrt{T}$		$F > 8\sqrt{T}$	
		a	b	a	b
500...850	1450...2500	23...28	15...20	14...18	10...13
850...1200	2500...3500	35...40	23...28	18...20	13...15

P a s t a b a. Išorinė apkrova: a — pastovi; b — kintama.

8.2 lentelė. Mastelinio faktoriaus K_d reikšmės įvairaus skersmens velenams

Veleno apkrovimo pobūdis ir medžiaga	Veleno skersmuo mm							
	15	20	30	40	50	70	100	200
Lenkimas (angliniam plienui)	0,95	0,92	0,88	0,85	0,81	0,76	0,70	0,61
Lenkimas (legiruotajam plienui) ir sukimas visų rūšių plienui	0,87	0,83	0,77	0,73	0,70	0,65	0,59	0,52

Neatsižvelgiant į veleną ar ašį veikiančias ašines jėgas, besiu-
kančios detalės laikomos apkrautos simetriniu lenkimo ciklu; įtem-
pimų vidutinė reikšmė $\sigma_m = 0$, o ciklo amplitudė lygi didžiausiam
įtempimui lenkiant: $\sigma_a = \sigma_l$. Lenkimo įtempimai nagrinėjamajame
skerspjūvyje

$$\sigma_l = M/W; \quad (8.8)$$

čia M — lenkimo momentas, veikiantis veleną ar ašį nagrinėjama-
me pjūvyje; W — ašinis atsparumo momentas tame pjūvyje.

Nustatant atsparumo atsargos koeficientą susilpnintose veleno
vietose, $\sigma_l = M/W_{neto}$; čia W_{neto} — ties pleišto grioveliuose veleno
lenkiant $W_{neto} \approx \pi d^3/32 - bt(d-t)^2/(2d)$, sukant $W_s \approx \pi d^3/16 -$
 $- bt(d-t)^2(2d)$; W_{neto} — ties skersine skylė (8.3 lent.): lenkiant
 $W_{neto} \approx \pi d^3/32(1 - 1,54d_{sk}/d)$, sukant $W_s \approx \pi d^3/16(1 - d_{sk}/d)$.

Dažniausiai veleno perduodamas sukimo momentas nėra pasto-
vus — laikoma, kad įtempimai kinta pagal pulsuojantį ciklą (8.1
pav.). Tada

$$\tau_a = \tau_m = 0,5\tau_s = T/(2W_s); \quad (8.9)$$

čia T — perduodamas sukimo momentas; W_s — veleno polinis at-
sparumo momentas; $W_s \approx \pi d^3/16 \approx 0,2d^3$ arba $W_s \approx W_{s,neto}$.

8.3 lentelė. Efektyviai įtempimų koncentracijos koeficientai K_σ ir K_τ

Įtempimų koncentracijos veiksniai	Schema	K_σ		K_τ	
		σ_B MPa			
		< 700	≥ 1000	< 700	≥ 1000
Veleno skersmens pasikeitimo ($D/d = 1,1 \dots 1,2$): $r/d = 0,02$ $r/d = 0,06$ $r/d = 0,10$		2,51 1,74 1,50	3,10 1,84 1,54	1,59 1,30 1,19	1,81 1,39 1,26
Velenai su išėma $t = r$: $r/d = 0,02$ $r/d = 0,06$ $r/d = 0,10$		1,90 1,80 1,70	2,35 2,00 1,85	1,40 1,35 1,25	1,70 1,65 1,50
Velenai su skersine skylė $d_{sk}/d = 0,05 \dots 0,15$ $d_{sk}/d = 0,16 \dots 0,25$		2,05 1,85	2,25 2,05	1,80 1,80	2,00 2,00
Velenai su prizminio pleišto grioveliu Velenai su segmentinio pleiš- to grioveliu		1,46 1,76	1,22 2,50	1,60 1,60	2,30 2,30
Velenai su stačiakampėmis išdžrožomis Velenai su evolventinėmis iš- džrožomis		1,60 1,60	1,73 1,73	2,40 1,50	2,75 1,60
Detalių užpresavimo vietoje, kai lyginamasis slėgis $p \geq$ ≥ 20 MPa (Didžiausia įtempimų kon- centracija — prie užpresuo- tos detalės krašto)		2,40	3,60	1,80	2,50
Metrinis sritys		2,20	2,70	1,60	2,30
P a s t a b a. Tarpinės koeficientų reikšmės randamos interpoliacijos būdu.					

Velenų su išdžiomis stiprumas nustatomas panašiai. Tokio veleno ašinis ir polinis atsparumo momentai randami 12.8 lentelėje.

Projektuojant reversinius velenus, kur sukimo įtempimai kinta pagal simetrinį ciklą, vidutinė simetrinio ciklo įtempimų reikšmė $\tau_m = 0$, o ciklo amplitudė $\tau_a = \tau_s$.

Pavarai dirbant ribotą laiką, t. y. kai apkrovimo ciklų skaičius N_F mažesnis už bazinį $N_{F0} \approx 10^7$ ir lenkimo įtempimai kinta pagal simetrinį ciklą, skaičiuojamoji patvarumo riba nustatoma taip:

$$(\sigma_{-1})_{sk} = \sigma_{-1} \sqrt[9]{10^7 / N_F} \quad (8.10)$$

čia $N_F = 573 \omega t$; ω — rad/s; t — apkrautos pavaros darbo laikas h. Krumpulinio reduktoriaus veleno brėžinys parodytas 8.2 paveiksle.

8.4. VELENŲ STATINIO STIPRUMO PATIKRINIMAS

Velenų statinis stiprumas tikrinamas plastinei deformacijai išvengti, kai veikia trumpalaikės maksimalios apkrovos, pavyzdžiui, pavarą paleidžiant. Ekvivalentiniai įtempimai pavojingame veleno skerspjūvyje šiuo atveju yra

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3\tau_{max}^2} \leq [\sigma]_r \quad (8.11)$$

$$\sigma_{max} = M'_{max} / W_{neto} + F'_{a max} / A_{neto} \quad \text{ir} \quad \tau_{max} = T'_{max} / W_s \quad \text{neto}$$

čia M'_{max} — trumpalaikis maksimalus lenkimo momentas; W_{neto} — veleno ašinis atsparumo momentas nagrinėjamame skerspjūvyje; $F'_{a max}$ — maksimali ašinė jėga; A_{neto} — veleno skerspjūvio plotas tame pjūvyje; $W_s \quad \text{neto}$ — veleno polinis atsparumo momentas.

Ribinės leistinųjų įtempimų reikšmės imamos artimos plieno taikymo ribai, t. y. $[\sigma]_r \approx 0,75\sigma_r$.

Kai užduotyje nenurodytas pavaros perkrovimas, tikrinami imame 200% perkrovimą, nes daugelio asinchroninių elektros variklių $T_{max} / T_{nom} \approx 2$.

9. VELENŲ ATRAMŲ PROJEKTAVIMAS

9.1. RIEDEJIMO GUOLIŲ MAZGŲ PROJEKTAVIMO NUOSEKLUMAS

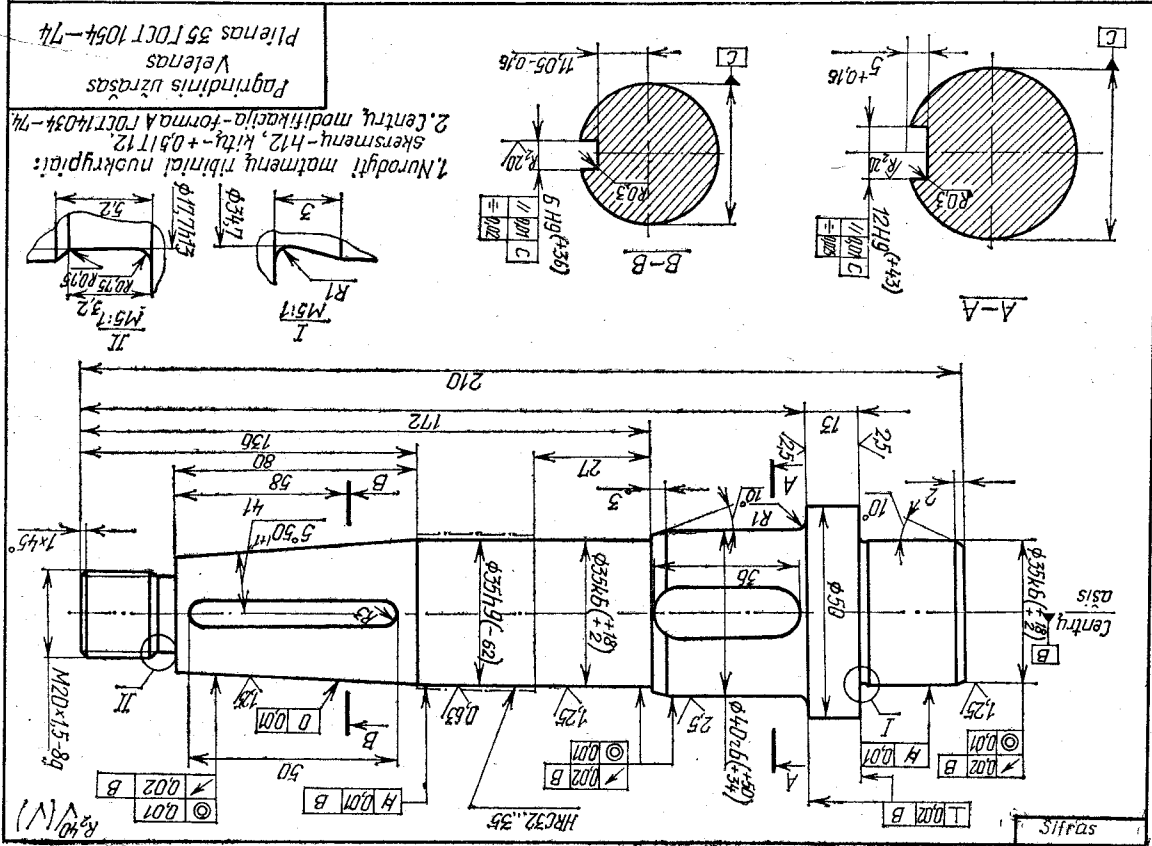
Mašinos ilgaamžiškumas labai priklauso nuo velenų atramų konstrukcijos, jų montavimo tiksumo bei eksploatacijos kokybės.

Projektuojant guolių mazgus, būtina įvertinti darbo sąlygas, veikiančių apkrovų didumą, kryptį bei kitimo pobūdį, pavaros greičiškumą ir guolių kainą.

Projektuoti rekomenduojama tokiu nuoseklumu.

1. Atsivėlgiant į apkrovos pobūdį, montavimo ir eksploatacijos sąlygas, parenkamas guolių tipas.

8.2 pav. Reduktoriaus velenas



2. Sudaroma veleno skaičiavimo schema: nubraižomos ant veleno montuojamos detalės, pažymimos veikiančios jėgos ir jų kryptis; apytiksliai numatomas atstumas tarp guolių. Paprastai iš pradžių pažymimi pasirinkto guolių tipo vidutinės serijos gabaritai.

3. Apskaičiuojamas veleno atramos veikiančios reakcijos — guolių apkrovos.

4. Pagal ekvivalentinę guolio apkrovą ir lentelėse kiekvienam guolių tipui pateiktą keliamąją galią bei reikiamą ilgaamžiškumą nustatoma konkreti guolio modifikacija.

5. Nelygu kokie guolio mazgai keliami reikalavimai, parenkama guolio tikslumo klasė, nustatomi vidinio bei išorinio žiedo suleidimai su veleno ir korpusu.

6. Parenkamas tepimo būdas, guolio mazgo sandarinimas.

7. Galutinai išbaigiama guolio mazgo konstrukcija.

9.2. GUOLIŲ TIPO PARINKIMAS

Pramonės gaminami standartiniai riedėjimo guoliai skiriasi atlaikomų apkrovų didumu bei kryptimi, riedėjimo kūnų forma, standurū, galimumu savaimė nusistatyti, greitaeigiškumu, gamybos tikslumu, kaina ir kitais parametrais.

Projektuojamas naują mazgą ar mechanizmą, konstruktorius pirmiausia turi išanalizuoti, kokia galimybė panaudoti rutulinius radialinius vienaeilius guolius. Tik tada, kai šie guoliai netenkina mazgui keliamų reikalavimų, parenkami kitų tipų rutuliniai ar ritininiai guoliai.

Atramose, kur ašinė apkrova sudaro $\geq 35\%$, lyginant su radialine, rekomenduojama imti radialinius ašinius guolius.

Parenkant guolius, būtina atsižvelgti į jų greitaeigiškumą, kad veleno kampinis greitis nebūtų didesnis už leistinąjį parenkamajam guoliui.

Mažo galingumo greitaeigiams mechanizmams rekomenduojami rutuliniai guoliai.

Didelio galingumo mechanizmuose, apkrautuose smūginėmis apkrovomis, tikslinga naudoti ritininius guolius.

Zemiau pateikiamos riedėjimo guolių trumpos charakteristikos.

Rutuliniai radialiniai vienaeiliai guoliai (tipas 0000; 9.1 pav.) skirti priimti radialines apkrovas, tačiau gali atlaikyti ir abiejų kryptų ašines apkrovas iki 70% neišnaudotos radialinės apkrovos. Lyginant su kitų tipų vienodų gabaritų guoliais, jų mažiausias trinties momentas, jie yra greitaeigiškiausi ir pigiausi. Leidžiamas išorinio ir vidinio žiedo geometrinių ašių persikrypimo kampas — iki $0^{\circ}15'$. Montuojami su standžiais dvitramiais velenais, kai atstumas tarp atramų $l \leq 10d$ (d — veleno skersmuo). Šio tipo guolių palyginti nedidelis standumas radialine ir ašine kryptimi, dažnai naudojami kaip galintys judėti išilgai veleno geometrinės ašies stankiose atramos.

Rutuliniai radialiniai vienaeiliai guoliai taip pat gaminami su vienu apsauginiu disku (tipas 60000), dviem apsauginiais diskais (tipas 80000; uždarasis guolis) ir kitokios konstrukcijos.

Šie guoliai pigūs, paprastai eksploatuoti. Naudojami reduktoriuose, elektros varikliuose, pavary dėžėse, transporteriuose, staklėse, taip pat greitaeigėse mašinose, kur dėl didelio greičio ašinių jėgų negalima priimti ašinių guolių.

Rutuliniai radialiniai sferiniai (savaimė nusistatantieji) dveiliniai guoliai (tipas 1000; 9.1 pav.) gali atlaikyti nemažas radialines apkrovas, taip pat nedideles abiejų kryptų ašines apkrovas — iki 20% neišnaudotos radialinės apkrovos.

Išorinio žiedo vidinis paviršius yra sferinis, kad guolis normaaliai dirbtų, ir kai vidinio žiedo geometrinė ašis išorinio žiedo atžvilgiu pakrypsta iki $3..4^{\circ}$.

Šių guolių modifikacija — guolis su kūgine vidinio žiedo skylė (tipas 11000). Toks guolis ant lygaus cilindrinio veleno tvirtinamas per specialią įvorę.

Radialiniai rutuliniai sferiniai guoliai naudojami ilgiems lankstiems velenams: daugiaatramių transmisijų, transporterių bei daugelio žemės ūkio mašinų ir kt.

Ritininiai radialiniai sferiniai (nusistatantieji) dveiliniai guoliai (tipas 3000; 9.1 pav.) mažai kuoskirtai nuo rutulinių analogiškos konstrukcijos guolių, tik jų didesnė keliamoji galia.

Ritininiai radialiniai guoliai su trumpais cilindriniais ritinėliais (tipas 2000; 9.1 pav.). Šio tipo guoliai, lyginant su tų pačių gabaritų radialiniais rutuliniais vienaeiliais guoliais, atlaiko apie 1,6 karto didesnes radialines apkrovas. Normaliam šių guolių darbui labai svarbu, kad montavimo paviršiai būtų bendraašiški. Gaminami įvairių modifikacijų su vidinio ir išorinio žiedo briaunomis, atlaikantys ir nedideles ašines apkrovas. Tokiais guoliais galima fiksuoti velenus ašine kryptimi. Ritininiai guoliai be briaunelių (pagrindinis tipas) naudojami stankiose atramos.

Dažniausiai šie guoliai naudojami mazguose, kurių trumpi standus velenai, didelio ir vidutinio galingumo elektros varikliauose, reduktoriuose, staklėse ir kitur.

Adatiniai guoliai (tipas 2400; 9.1 pav.) yra su ilgaiplonais ritinėliais, paprastai gaminami be separatoriaus. Dėl ritinėlių tarpusavio trinties yra palyginti didelis pasipriesinimo momentas. Šie guoliai atlaiko dideles apkrovas, tačiau tik radialines. Mazgas yra jų lestinasis kampinis greitis. Gaminami be vidinio žiedo, kad guolio mazgo gabaritai būtų kiek įmanoma mažesni.

Rutulinių radialinių ašinių guolių (9.1 pav.) yra keli tipai: 36000 — skaičiuojamasis kontakto kampas $\alpha = 12^{\circ}$; $F_a \leq 0,7F_r$; 46000 — $\alpha = 26^{\circ}$; $F_a \leq 1,5F_r$; 66000 — $\alpha = 36^{\circ}$; $F_a \leq 2F_r$; čia F_a — ašinė apkrova; F_r — neišnaudota leistinoji radialinė keliamo-

sios galios dalis. Šių guolių išorinio žiedo vidinė briauna nusklembta. Todėl guolius lengviau surinkti, galima padidinti rutuliukų skaičių, kartu atlaikomos didesnės apkrovos, lyginant su tokių pat gabaritų rutuliniais radialiniais guoliais.

Sio tipo guoliai gali atlaikyti radialines ir vienos krypties ašines arba vien ašines apkrovas. Kai kontakto kampas didesnis, didesnis ir guolio ašinis standumas bei geriau atlaikomos didesnės ašinės jėgos, kai kontakto kampas mažesnis, didesnis standumas radialinė kryptimi. Guoliai, kurių kontakto kampas $\alpha = 36^\circ$, naudojami, kai ašinės jėgos didelės.

Surenkant ir eksploatuojant mazgą, šiuos guolius būtina reguliuoti.

Velenas, kai apkraunamas kintamo ženklo ašinėmis jėgomis, ašinė kryptimi fiksuojamas sudvejintaisiais rutuliniais radialiniais ašiniais guoliais (tipas 236000, 336000). Šie guoliai tiekiami komplektais. Jie atlaiko 1,8 karto didesnės apkrovos negu viengubieji, jų didelis kampinis standumas. Eksploatuojant susidėvėjus vienam guoliui, keičiamas visas komplektas.

Ritininiai radialiniai ašiniai (kūginiai) guoliai (9.1 pav.): tipas 7000 — kontakto kampas $\alpha = 10^\circ$; $F_a \leq 0,7F_r$; tipas 27000 — kontakto kampas $\alpha = 25^\circ$; $F_a \leq 1,5F_r$. Šie guoliai atlaiko radialines ir vienos krypties ašines apkrovas, yra ne tokie greitaeigiai, kaip rutuliniai guoliai. Didėjant kontakto kampui, didėja guolio ašinė keliamoji galia, kartu mažėjant radialinei kėlimo galiai.

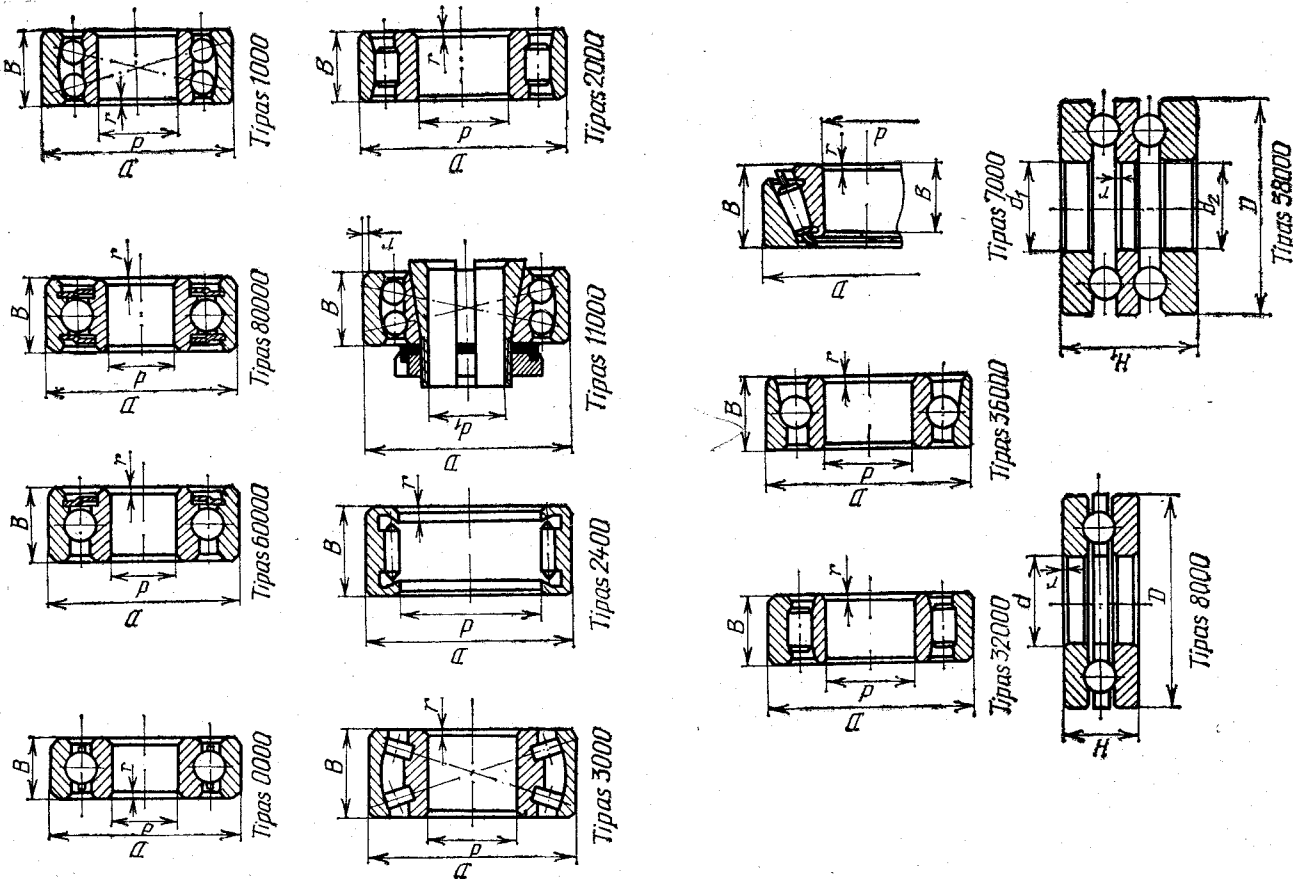
Ritininiai radialiniai ašiniai guoliai naudojami labai apkrautose atramose, kur radialinė ir ašinė kryptimi turi būti didelis standumas.

Guolio mazgą surenkant ir eksploatuojant reguliuojamas guolio ašinis ir radialinis laisvumas. Neleidžiama, kad velenas būtų įlinkęs. Naudojami vidutinio ir didelio galingumo sliediniuose ir kūginiuose reduktoriuose, pavarų dėžėse, automobilių ratų atramo-se ir kitur.

Sudvejintieji ritininiai radialiniai ašiniai guoliai (tipas 97000) taikomi tais atvejais, kai veikia radialinės ir kintamos krypties ašinės jėgos. Lyginant su nesudvejintais, jie atlaiko 1,7 karto didesnę radialinę apkrovą. Ašinė apkrova neturi būti didesnė kaip 40% neišnaudotos radialinės keliamosios galios dalies. Guoliai reguliuojami keičiant distancinių žiedų, montuojamų tarp guolių vidinių ir išorinių žiedų, bei dangtelių, storį.

Rutuliniai ašiniai vienašiniai guoliai (tipas 8000) atlaiko vienos krypties ašines apkrovas, dvigubieji (tipas 38000) — dviejų krypčių (9.1 pav.).

Šių guolių didelė ašinė keliamoji galia, tačiau patenkinamai jie dirba tik tada, kai greitis nedidelis. Didėjant greičiui, rutuliukai veikiami didesnės išcentrinės jėgos ir stumiami iš riedėjimo takelių. Padidėja trintis, atsiranda strigimo pavojus. Guoliai labai jautrūs besisukancio ir nejudancio žiedų asių nelygiagretumui bei neašiskumui.



9.1 pav. Riedėjimo guolių tipai

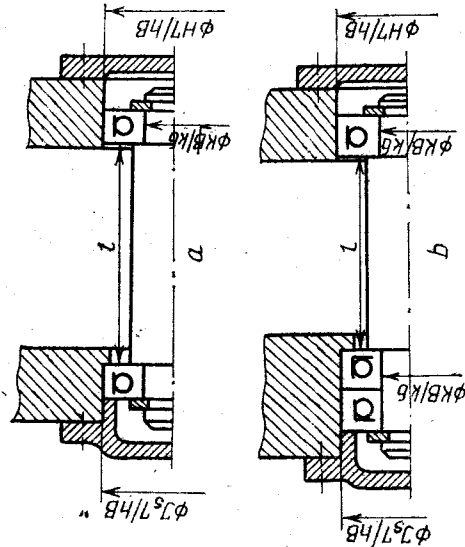
Vienas guolio žiedas su tam tikra įvarža montuojamas ant veleno ir sukasi kartu su juo, o kitas — laisvas, montuojamas korpusė.

Dvigubieji rutuliniai ašiniai guoliai turi tris žiedus. Vidurinis žiedas montuojamas ant veleno, o du išoriniai — korpusė.

Ritininiai ašiniai guoliai naudojami rečiau, todėl jų charakteristikos šioje leidyne nepateiktamos.

9.3. KONSTRUKCINIAI REIKALAVIMAI GUOLIŲ MAZGAMS

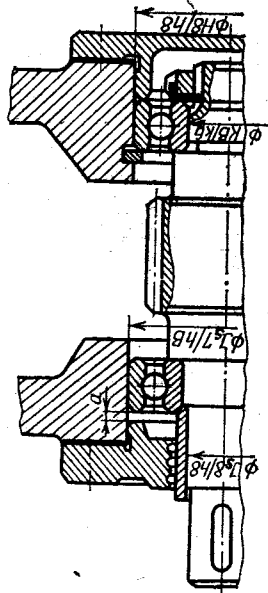
Riedėjimo guoliai turi fiksuoti veleną radialine ir ašine kryptimi, kompensuoti veleno temperatūrinės deformacijos, kad nesudarytų papildomų apkrovų. Viena veleno atrama daroma fiksuota, o kita — paprastai mažiau apkrauta — slanki. Kai yra tokia konstrukcija, galima kompensuoti gana didelius veleno temperatūrinius pailgėjimus. Fiksuojama vienu arba dviem guoliais (9.2 pav.).



9.2 pav. Veleno fiksavimas ašine kryptimi:
a — vienu guoliu; b — dviem guoliais

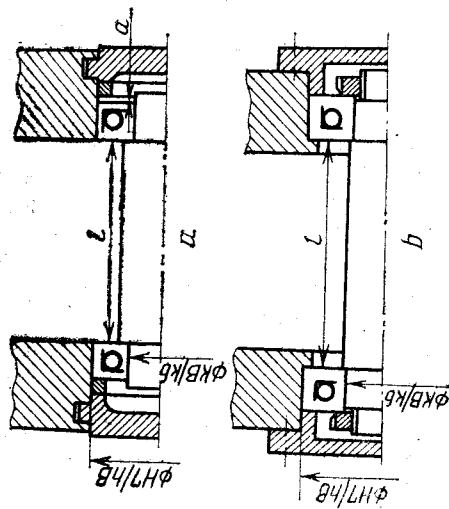
Tipinė cilindrinės tiesiakrumplės pavaros rutulinių radialinių guolių mazgų konstrukcija parodyta 9.3 paveiksle.

Trumpus velenus ($l \leq 450$ mm), kur mažos temperatūrinės deformacijos ašine kryptimi, galima fiksuoti dviuose atramos rutuliniuose radialiniuose ašiniuose arba ritininiais radialiniuose ašiniuose



9.3 pav. Cilindrinės tiesiakrumplės pavaros veleno montavimo schema

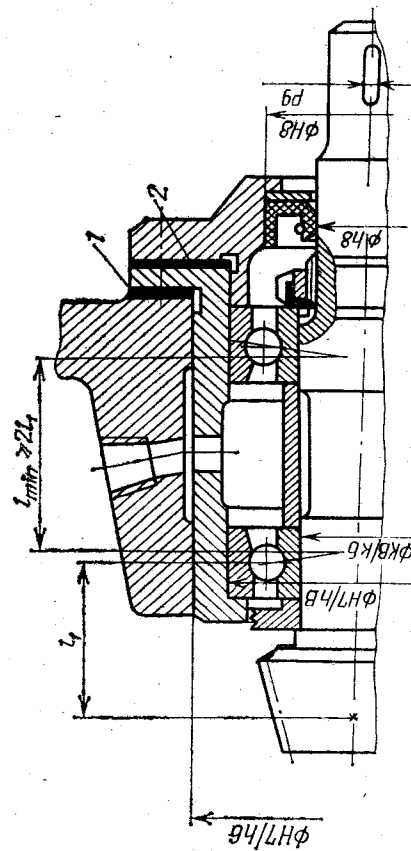
guoliais. Šiuo atveju paliekamas 0,2...0,1 mm ašinis tarpas a tarp guolio ir dangtelio (9.4 pav., a) arba guoliai montuojami taip, kad dėl temperatūrinio veleno pailgėjimo padidėtų ašiniai tarpai guoliuose (9.4 pav., b).



9.4 pav. Trumpų velenų fiksavimas ašine kryptimi

Pavarose, kurių krumpliaraičiai yra šėvroniniai, arba sudvejinti ištrižakrumpliai krumpliaraičiai sudaro šėvroną, vienas velenas turi būti slankus, kad išsilygintų abiejų krumpliaraičių apkrovimo nevienodumas, atsirandantis dėl gamybos ar montavimo netikslumų. Slankus paprastai daromas greitaeigis velenas. Varomas velenas fiksuojamas ašine kryptimi žinomais būdais.

Ilgiems velenams tikslinga naudoti rutulinius ar ritininis radialinius sferinius dviteilius guolius, kurie normaliai dirba ir velenams kiek įlinkus.



9.5 pav. Kūginės krumplinės pavaros veleno montavimas:
1 — kūginės pavaros susikabinimo reguliavimo tarpikliai; 2 — guolių reguliavimo tarpikliai