

22.2
0-29

A.K.ODINAYEV, A.X.KIYOMOV

MEXANIKA

fānidan



O'QUV QO'LLANMA

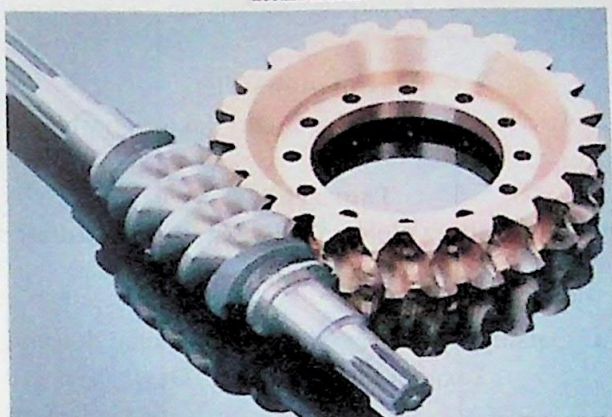
2022
Q-29

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

TERMIZ MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

A.K.ODINAYEV, A.X.KIYOMOV

MEXANIKA
fanidan



O'QUV QO'LLANMA

TERMIZ MUHANDISLIK-
TEXNOLOGIYA INSTITUTI
AXBOROT-RESURS MARKAZI

INV. № 21037

" 19 " 02 2024 yil

TERMIZ – 2023 YIL

AGROTEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI
AXBOROT-RESURS MARKAZI

INV. № 217

" 10 " 01 2024 yil

UO`Q: 531.0(075.8)

KBK: 22.253

A.K.odinayev, A.X.kiyomov. Mexanika fanidan. O`quv qo`llanma.
T.: « Impress media » MChJ nashriyoti 2023 y. 116 b.

Annotatsiya

O`quv qo`llanmada “Mexanika” fanining “Mashina detallari” yo`nalishidagi masalalarni yechishda amaliy tavsiyalar berilgan.

O`quv qo`llanmadan maktab, texnikum, kollejlarning kasb-hunar ta`limi ustalari, oliy ta`lim o`quvchilari hamda shu sohada ilmiy izlanish olib borayotgan magistr va tadqiqotchilar amalda foydalanishlari mumkin.

Mas`ul muharrir:

K.A.Karimov – Texnika fanlari doktori, professor

Taqrizchilar:

R.Q.Qalandarov – Termiz muhandislik texnologiya instituti professori,
Texnika fanlari nomzodi

F.U.Qarshiyev – Termiz davlat universiteti dotsenti,
Texnika fanlari doktori (Dcs)

Termiz muhandislik-texnologiya instituti ilmiy uslubiy kengashining
2022 yil 12-maydagi 11/3-3-sonli bayonnomasiga asosan
nashrga tavsiya etilgan.

ISBN: 978-9943-9525-3-9

© “Impress media” MChJ nashriyoti 2023y

KIRISH

«Mexanika» fanidan «Mashina detallari» bo'yicha amaliy mashg'ulotlarning asosiy maqsadi talabalarda mashina detallari va qismlarini hisoblash bo'yicha masalalar yechishda ko'nikma hosil qilishga yordam berishdan iborat. Amaliy mashg'ulotlarda talabalar mashina detallari va qismlarini hisoblashda ularning hisobiy sxemalarini qabul qilish, ishchanlik qobiliyatini ta'minlovchi ko'rsatkichlarni hisoblash, uslubiy qo'llanmalar, konstruksiyalar bo'yicha atlas va standartlar bilan ishlash kabi ko'nikmalarga o'rganishadi.

«Mexanika» fanidan «Mashina detallari»da ko'riladigan masalalarning ba'zi bir xususiyatlarini ko'rsatib o'tish mumkin:

1. Masalalarda ko'pincha hamma holatlarni hisobga olish qiyin bo'lgani uchun berilgan ma'lumotlar yetarlicha bo'lmaydi. Bunday hollarda yetishmagan ma'lumotni hisoblovchi o'z tajribasiga suyanagan holda tanlashi lozim. Bu tajriba konstruksiya qismlari va detallarini hisobiy sxemalarini to'g'ri qabul qilish, ularning ishchanlik qobiliyatini ta'minlovchi ko'rsatkichlarni to'g'ri hisobga olish, yetishmagan ma'lumotlarni tavsianomalar, ma'lumotnomalar, grafiklardan tanlashda hamma yoki asosiy holatlarni hisobga olish kabilarni o'z ichiga oladi;

2. Masalalarni yechishda aniq matematik ifodalar bilan birga tuzatuvchi yordamchi koeffisiyentlardan foydalanish zarur bo'ladi. Bu koeffisiyentlarni tanlashda holatlarni to'g'ri hisobga olish, ba'zan esa ularni interpolyasiya yo'li bilan topish zarur bo'ladi;

3. Masalalarni yechishda ular ko'p yechimga ega bo'lish mumkin. Bu yechimlar hisoblovchi tanlagan koeffisiyentlar, hisobiy holatlar, hisobiy sxemalarga bog'liq bo'ladi. Mana shu to'g'ri yechimlar to'plamidan eng maqbulini yoki zarurini toppish hisoblovchining tajribasiga bog'liq. Yuqorida ko'rsatilgan holatlarning hammasi hisoblovchidan ma'lum tajriba talab qiladi. Mana shu tajribani talabalar mustaqil ishlash davrida hosil qilishlari zarur.

Talabani mashina detallari bo'yicha amaliy mashg'ulotlardan mustaqil ishlashga o'rgatishda o'qituvchi tashkiliy va uslubiy yo'l-

yo'riqlar bilan talabaga yordam berishi mumkin. Tashkiliy ishlardan ba'zi birlari quyidagilar bo'lishi mumkin:

- 1) amaliy mashg'ulotlarda mustaqil ishlash;
- 2) uyda yechish uchun masalalar berish;
- 3) uy vazifasi sifatida hisobiy-grafik ishlarini berish;
- 4) o'tilgan mashg'ulotlar bo'yicha nazorat ish olish;
- 5) individual mashg'ulotlar tashkil qilish.

Bu ko'rsatilgan ish usullari hamma bir xil yoki majburiy bo'lmay, ba'zi o'qituvchilar o'z tajribalariga, talabalarning tayyorgarligiga bog'liq ravishda boshqa usullardan ham foydalanishlari mumkin.

Amaliy mashg'ulotlarda mashina detallarining asosiy turlarini hisoblash, loyihalash va tekshiruv hisoblarini bajarishga doir misol va masalalarni yechish ko'rib chiqiladi. Bunda amaliy mashg'ulotlarda yechish tartibining asosiy qismi berilib, bu tartib yordamida talabalar kurs loyihasi va mustaqil ishlarni ma'lumotnomadan foydalanib bajarishlari mumkin bo'ladi.

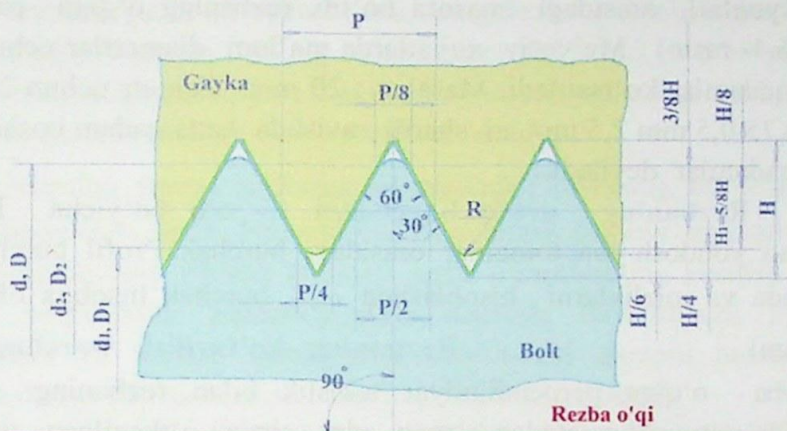
1. Ajraladigan (rezbali ,shponkali) birikmalarning hisobi

1.1. Rezbali birikmalarni hisoblash

1.1.1. Rezbali birikma to'g'risida umumiy ma'lumotlar

Rezbalar shakliga qarab uchburchakli, to'g'ri to'rtburchakli, trapesiyaviy vadoiraviy bo'lishi mumkin. Mahkamlash detallari sifatida asosan uchburchak profilli rezbadan foydalaniladi, chunki bunday rezbalarda ishqalanish birmuncha katta bo'lib, mahkamlash nisbatan yuqoridir.

Metrik rezbalar uchburchak shaklda bo'lib, profil burchagi $\alpha = 60^\circ$ (6.1-a, rasm). Uning geometrik o'lchamlari GOST 8724-81 bo'yicha standartlashtirilgan (6.4 -rasm):



6.4- rasm. Metrik rezbaning nominal profili va uning asosiy o'lchamlari.

Rezbaning tashqi diametri d va D (nominal diametr ham deb ataladi) deyilganda –shunday faraziy silindrning diametri tushuniladiki, bu silindr tashqi bo'rtmalar yoki ichki ariqchalar chegarasida urinma qilib chizilgan bo'ladi. (misol rezba 20 mm deyilsa, uning tashqi diametri 20 mm ekanligi tushuniladi) (6.4- rasm) .

Rezbaning ichki diametri d_1 va D_1 deyilganda shunday faraziy silindrning diametri tushuniladiki, bu silindr tashqi chuqurliklar va ichki bo'rtmalar chegarasida urinma qilib chizilgan

bo'ladi. Bu o'lcham rezkali birikmaning mustahkamligida muhim rol o'ynaydi, chunki u boltning xafli kesimini aniqlaydi(6.4- rasm).

Rezbaning o'rta diametri d_2 va D_2 bu diametr rezkali birikma detallarining bir- biriga buralib kirishini aniqlaydi va rezbalar o'zaro almashuvchanlikda asosiy parametrlar (o'lcham) hisoblanadi(6.4- rasm)

Rezbaning nazariy balandligi N – bu dastlabki uchburchakning balandligi bo'lib profil yon tomonlari kesishguncha davom ettirish bilan hosil qilinadi(6.4- rasm).

Rezbaning ish balandligi N_1 – rezbaning o'qiga perpendikulyar yo'nalishda tashqi va ichki tomon profillarini tutashish balandligi(6.4- rasm).

Rezba qadami R - bir- biriga qo'shni ikki profil yoki bir xil nomli parallel yonlari orasidagi masofa bo'lib, rezbaning o'qiga parallel olinadi(6.4- rasm). Me'yoriy xujjatlarda ma'lum diametrlar uchun bir qancha qadamlar ko'rsatiladi. Masalan : 20 mm diametr uchun 2,5; 2; 1,5; 1; 0,75; 0,5 mm 2,5 mm. ni shartli ravishda katta qadam boshqalari kichik qadamlar deyiladi.

Rezbaning profil burchakgi α - o'q bo'yicha kesim yuzasidan yondosh yon tomonlar orasidagi burchak. Profil burchagini o'lchashda va joizliklarni hisoblashda $\alpha/2$ burchak hisobga olinadi. (6.4- rasm)

Rezbaning ko'tarilish burchagi φ - deb rezba o'qiga perpendikulyar tekislik bilan rezbaning o'rta diametrida yotuvchi nuqtadan o'tgan vint sirtiga o'tkazilgan urinma orasidagi burchakka aytiladi.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{P}{\pi d_2}$$

Qaachonki, φ burchagi keltirilgan ishqalanish koeffitsientidan kichik bo'lsa, unda rezba o'z-o'zidan tormozlanuvchi hisoblanadi.

Burilish uzunligi l deb, o'q bo'ylab kesimdagi tashqi va ichki rezbalar yuzalarining tutashish uzunligiga aytiladi.

Rezba kirishi S –bitta to'liq aylanishdagi bolti (gaykani) o'q bo'yicha siljishining nisbiy kattaligi –rezba yurish qadamni kirimlar soni (n) ko'paytmasiga teng.

$$S = P \cdot n$$

Rezbali detallarni tayyorlashda rezba profili va uning o'lchamlarining xatoligi, vintli va silindrik yuzalarning nokonsentrik bo'lishi, vint va gayka profil burchagining bir xil bo'lsaligi va boshqa xatoliklar birikma detallarining burilishiga yo'l bermaydi.

1.1.2. Rezbali birikmalarni mustahkamlikka hisoblash

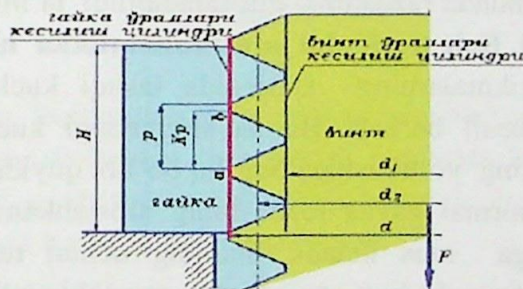
Rezbani mustahkamlikka hisoblashda yuklanish rezba o'ramlari orasida bir xil taqsimlanadi deb qabul qilinadi. Lekin tajribalar shuni ko'rsatadiki, bu yuklanish bir xil bo'lmaydi, masalan 6 o'rqli gaykaning birinchi o'rmining yuklanishi 52 % bo'lsa, oxirgi o'rmining yuklanishi 2 % ni tashkil etadi.

Rezbalarga ta'sir etuvchi kuchning rezba o'ramlari orasida tekis taqsimlanmasligining asosiy sabablaridan biri shuki, o'q bo'ylab ta'sir etuvchi kuchdan vintdagi rezbaning bir tomoni gaykadagi rezbaning esa qarama-qarshi tomonga deformatsiyalanishidir.

Rezbaning yuzasi ezilishga tekshiriladi (7.1-rasm), bu $\sigma_{\pi} \leq [\sigma_{\pi}]$ shart bajarilishi kerak. Ezuvchi kuchlanishning hisobiy qiymati:

Rezbalarining ishlash layoqati rezba o'ramlarining kesilish darajasi bilan belgilanadi. Shuni hisobga olganda biriktiruvchi rezbalarni hisoblash va ishlash qobiliyatini belgilovchi mezon mustahkamlik bo'lib, kesuvchi kuchlanish bilan bog'liqdir (7.1 -rasm).

Vint o'ramlari silindrning kesilish diametri rezbaning ichki



7.1-rasm.

$$\sigma_{\pi} = F / \pi d_2 h z \leq \sigma_{\pi} \quad (7.1)$$

bu yerda: F - o'q bo'yicha ta'sir etuvchi kuch;

d_2 - rezbaning o'rtacha diametri;

h - rezba shaklining balandligi;

z - gaykadagi rezba o'ramlarining soni;

$[\sigma_{\sigma 3}]$ - ezuvchi kuchlanishning joiz qiymati.

Vint va gaykaning rezba asoslari kesimi kesilishga tekshiriladi, bunda $\tau_{\kappa\kappa c} < [\tau_{\kappa\kappa c}]$ shart bajarilishi kerak.

Vint a-v kesim uchun

$$\tau_{\kappa\kappa c} = F / \pi d_1 k H \leq [\tau_{\kappa\kappa c}] \quad (7.2)$$

Gaykaning s-ye kesimi uchun

$$\tau_{\kappa\kappa c} = F / \pi d k H \leq [\tau_{\kappa\kappa c}] \quad (7.3)$$

bunda: d - rezbaning tashqi diametri; rezba asosining diametri;

F - boltga ta'sir etuvchi kuch;

N - gaykaning balandligi;

K - rezbaning turini hisobga oluvchi koeffitsient. To'g'ri burchakli rezba uchun $\kappa = 0,8$, $[\tau_{\kappa\kappa c}]$ - joiz kesimidagi kuchlanish.

Birikmani loyihalashda (vint hamda gaykaning materiali bir xil bo'lganda) rezba turini tanlab d ni aniqlab, N ning o'lchamini belgilash mumkin: $H = F / \pi d_1 k [\tau_{\kappa\kappa c}]$, bunda rezba hamda sterjenning mustahkamligining bir xilligi ta'minlanadi. Standart gaykalarining balandligi $H = 0,8 d$ deb olinadi.

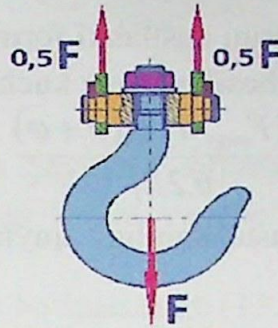
Vint hamda shpilkalarni burab kiritish chuqurligi po'lat, materiallar uchun $H_1 = d_1$, cho'yan materiallar uchun $H_1 = 1,5 d$ deb olish tavsiya etiladi, bunda rezbaning mustahkamligi ta'minlanadi.

1.1.3. Bolt sterjenini mustahkamlikka hisoblash.

Boltli birikmalarning sterjenida tashqi kuch ta'sirida har xil kuchlanishlar hosil bo'ladi. Bunda sterjendagi kuchlanishlar qiymati tashqi kuchlarning yo'nalishiga bog'liq bo'lib, quyidagicha aniqlanadi.

Standart normal gayka rezbasining mustahkamligi bolt sterjenini mustahkamligiga mos keladi. Shuning uchun rezbani hisoblamay, detallarni biriktiruvchi bolt sterjenining mustahkamligi aniqlanadi. Har xil yuklanishda bo'lgan boltlarning bir nechta xollarini ko'rib chiqamiz.

1-hol. Bolt sterjeniga faqat cho‘zuvchi kuch ta’sir etadi. Bunga ko‘tarma kranning zo‘riqtirilmagan holatda osib qo‘yilgan rezbali ilgagi misol bo‘ladi (7.2-rasm).



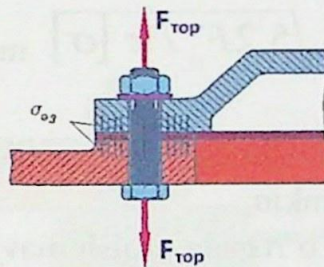
7.2-rasm. Ko‘tarma kranning zo‘riqtirilmagan rezbali ilgagi

Ilgakning rezba kesimi xavfli hisoblanadi uning yuzasi rezbaning ichki diametri bo‘yicha aniqlanadi. Mustahkamlik sharti sterjenini cho‘zilishdagi kuchlanishi bo‘yicha belgilanadi:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d_l^2} \leq [\sigma] \quad , \quad \text{unda} \quad d_l = \sqrt{4F / \pi [\sigma]}$$

(7.4)

2-hol. Bolt sirib tortilgan sterjenga tashqi kuch ta’sir etmaydi. Bunga yopiq uzatmaning qopqog‘ini sirib mahkamlash uchun ishlatiladigan boltlar kiradi (7.3 -rasm).



7.3-rasm. Boltlarning sirib mahkamlash birikmalar

Bunday boltning sterjeniga sirib tortish natijasida hosil bo‘ladigan cho‘zuvchi kuch- F_{TOR} hamda rezbalardagi burovchi moment- T_R ta’sir etadi. F_{TOR} ta’siridan hosil bo‘lgan kuchlanish:

$$\sigma = \frac{4 F_{mop}}{\pi d_l^2} .$$

T_R -dan hosil bo‘lgan burovchi kuchlanish: $\tau = \frac{T_P}{W_P} , \quad (7.5)$

bu yerda: W_R -bolt kesimining polyar qarshilik momenti:

$$W_P = \frac{\pi d_1^3}{16} = 0,2 d_1^3.$$

W_P va T_R (7.5) ifodalarini dastlabki formulaga qo'yilsa, rezbalardagi burovchi T_R momentdan hosil bo'lgan kuchlanish:

$$\tau = \frac{0,5 F_{mop} d_2 \operatorname{tg}(\psi + \varphi)}{0,2 d_1^3}. \quad (7.6)$$

Bolt sterjenining mustahkamligi quyidagi ekvivalent kuchlanish bilan baholanadi:

$$\sigma_{\text{эк}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma].$$

Standart metrik rezbalar uchun:

$$\sigma_{\text{эк}} \approx 1,3 \sigma.$$

Bu boltlarning mustahkamligini soddalashtirilgan usulda hisoblash imkonini beradi: Bunda

$$\sigma_{\text{эк}} = \frac{1,3 \cdot 4 F_{mop}}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]. \quad (7.7)$$

Bolt rezbasining hisobiy diametri

$$d_1 \geq \sqrt{5,2 F_y / \pi [\sigma]} \text{ mm}$$

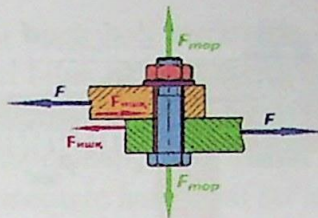
(7.8)

3-hol. Boltli birikmada kuch o'qqa tik yo'nalgan. Birikmada bolt ikki xil o'rnatilishi mumkin:

a) Bolt bilan detal o'rtasida tirqish mavjud bo'lib, (7.4-rasm) tashqi F kuch detallarning tutash joyida hosil bo'lgan ishqalanish kuchi F_{ishq} hisobiga muvozanatlanadi. Boltga ta'sir qiluvchi kuchning qiymati:

$$F \leq i F_{\text{таук}} = i F_{\text{mop}} f, \quad (7.9)$$

bunda: i – tutashgan sirtlar soni; uchta detal biriktirilganda $i = 2$ ikkita detal bo'lganda $i = 1$.



7.4-rasm.

f –detallarning tutash joyidagi siljimagan holdagi ishqalanish koeffitsienti; quruq holatdagi po‘lat va cho‘yanlarning sirlari uchun $f = 0,15 \dots 0,2$.

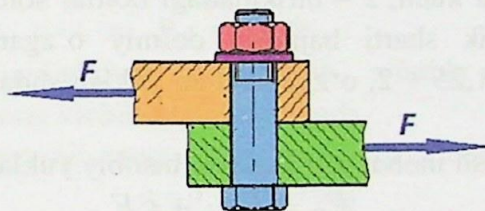
Sirib tortish uchun zarur bo‘lgan kuch (13.9) ni hisobga olganda:

$$F_{mop} = \frac{K F}{i f}, \quad (7.10)$$

bunda: K – ehtiyotlik koeffitsienti; statik yuklanganda $K = 1,3 \div 1,5$; yuklanish o‘zgaruvchan bo‘lsa, $K = 1,8 \div 2$.

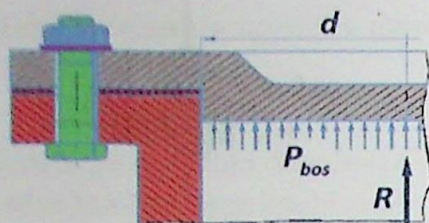
b) Bolt bilan detal o‘rtasida bo‘shliq bo‘lmaganda (7.5-rasm) tashqaridan qo‘yilgan kuch detal orqali to‘g‘ridan to‘g‘ri bolt sterjeniga ta’sir qiladi va detallarni tutashgan joyidagi ishqalanish kuchiga e’tibor berilmaydi. Bolt sterjeni kesilishdagi kuchlanish bo‘yicha tekshiriliadi:

$$\tau = \frac{4 F}{\pi d^2 i} \leq [\tau], \quad (7.11)$$



7.5-rasm.

4-hol. Bolt sirib tortilgan, tashqaridan bolt sterjeniga cho‘zuvchi kuch ta’sir etadi. Bunga suyuqlik yoki gaz bosimi r ostida bo‘lgan germetik rezervuar yoki gidro (pnevmo) silindrlarning qopqog‘ini boltlar bilan biriktirilishi misol bo‘ladi. (7.6-rasm).



7.6-rasm.

Sirib tortilgan boltli birikma jipsligini yoki yuklanish ta'sirida tutashgan sirtlarning ajralmasligini ta'minlash lozim. Birikmaga ikkita kuch ta'sir qiladi, deb faraz qilaylik: boltlarni dastlabki sirib tortilgan kuch va tashqi yuklanish. Tashqi yuklanish boltlarni qo'shimcha ravishda cho'zadi va sirib tortilgan kuchni kamaytiradi. Agar dastlabki sirib tortilgan kuch yetarli darajada bo'lmasa, ayrim sharoitlarda tashqi yuklanish zo'riqtirilgan kuchni kamaytirib nol holatiga keltiradi va natijada sirtlarning tutashgan joyi ochila boradi, bunga esa yo'l qo'yish mumkin emas. Bitta boltning zo'riqtirilgan kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$F_{mop} = K_{mop} F,$$

bunda $F = R / z$, F – birikmaga tasir qiluvchi R tashqi yuklanishdan bitta boltga mos kelgan kuch; z – birikmadagi boltlar soni; K_{TOR} – taranglik koeffitsienti; jipslik sharti bajarilib doimiy o'zgarmas yuklanishda bo'lganda $K_{TOR} = 1,25 \div 2$, o'zgaruvchan yuklanishda esa $K_{TOR} = 1,25 \div 4$.

Tashqi yuklanish inobatga olinganda hisobiy yuklanish:

$$F_X = F_{mop} + \varepsilon F,$$

bunda: ε – tashqi yuklanish koeffitsienti; ko'p hollarda $\varepsilon = 0,2 \div 0,3$.

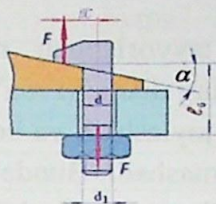
Boltning mustahkamlik sharti:

$$\sigma = \frac{1,3 \cdot 4 F_X}{\pi d_f^2} \leq [\sigma].$$

1,3 koeffitsienti rezbadagi ishqalanish momentidan hosil bo'lgan burovchi kuchlanishni hisobga oladi.

Boltning diametrini formula asosida aniqlash mumkin.

5-hol. Ta'sir qiluvchi kuch bolt sterjenida eguvchi moment hosil qiladi. Detalning gayka sirti bilan tutashadigan yuzasi notekis bo'lganda (7.7-rasm) yoki kallagi standartda ko'rsatilmagan ilgak sifatida tayyorlangan boltlardan foydalanilganda uning sterjenida, cho'zuvchi kuchdan tashqari, eguvchi moment ham hosil bo'ladi.



7.7-rasm.

Shuning uchun bunday boltlarni hisoblashda, cho'zuvchi kuchdan tashqari, eguvchi momentga ham e'tibor berish kerak. Cho'zuvchi kuchdan hosil bo'lgan kuchlanish:

$$\sigma = F / (\pi d^2 x / 4)$$

Eguvchi moment ta'sirida hosil bo'lgan kuchlanish esa $\sigma_x = F \cdot x / (0,1 d_1^3)$, agar $x = d_1$ bo'lsa, $\sigma_x = F / (0,1 d_1^2)$

α burchakning qiymati kichik bo'lganda egilishdagi kuchlanish qiymatini shu egilishdan hosil bo'lgan qo'shimcha deformatsiyani hisobga olgan holda quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_m = M / W_{\text{gr}} \approx E d \alpha / (2 l_6)$$

bu yerda: $M = EI / p$, $p = l_6 / \alpha$; $W_{\text{gr}} = I / (d / 2)$.

Hisobiy egilishdagi kuchlanish sifatida shu aniqlangan kuchlanishlarning eng kichik qiymati olinadi.

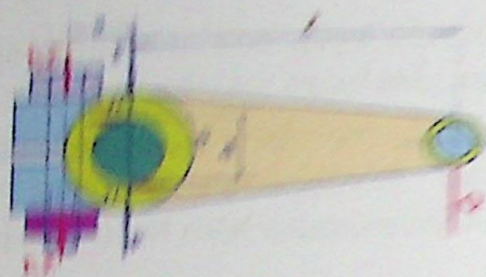
Bolt uchun umumiy mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_{\text{gr}} \leq [\sigma]$$

Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, bu kuchlanishlar o'rtasidagi nisbat $\sigma_x / \sigma_{\text{gr}} \approx 7,5$ ga teng. Demak egilishdagi kuchlanishning uchun bunday sharoitda boltlardan iloji boricha kam foydalangan ma'qul.

6-hol. Klemmali birikmalarning boltlarini hisoblash.

Klemmali birikmalar detallarni vallarga, o'qlarga, silindrik kolonnaga biriktirish uchun mo'ljallangan bo'lib, boltlarning o'zini sirib tortish hisobiga hosil qilinadi. (7.8 -rasm).



Yana xsh maqsadda tayyorlangan richagning bir uchida val o'rnatilgan tekshik bo'lib, uning diametri ma'lum maqsad bilan qirqilgan. Tekshik o'zaro valga oson joylashadi va boltlarni sirib tortish hisobiga kichikroq valga mahkam o'rnatiladi. Bunda richagdagi tekshik sirti bilan val sirti o'rtasida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchining momenti tashqi tekshik momentiga teng yoki undan ortiqroq (20 % ortiqroq) bo'lishi kerak, ya'ni:

$$f F d \geq 1,2 Q l$$

Natijada val bilan klemmaning o'rtasida hosil bo'lgan kuch

$$F = 1,2 Q l / f d \quad (a)$$

bu yerda: f - ishqalanish koeffitsienti; d - valning diametri; l - richagning uzunligi.

Agar klemmaning gupchagi bilan richag 0 nuqtada sharnir holatida biriktirilgan deb qabul qilinsa, bunda klemmalı birikmaning muvozanat shartini saqlash sharti quyidagicha bo'ladi, ya'ni 0 nuqtaga nisbatan momentlar yig'indisi olinadi:

$$F_c z(a + \frac{d}{2}) - F \frac{d}{2} = 0, \quad (b)$$

shundan tortibni sirib tortish uchun kerakli bo'lgan F_c kuchning qiymati:

$$F_c = F d / (2a + d) z$$

qayta qayiladi.

Agar formulalarni hisobga olsak $F_c = 1,2 Q l / f (2a + d)$.

Klemmalı richagda, gupchak ikki qismdan iborat bo'lsa:

$$F_c z = F$$

$$F_c = 1,2 Q l / f d z$$

$$\sigma_{uz} = 1,3 F / (\pi d_c^2 / 4) \leq [\sigma]$$

Klemmalı birikmalarning asosiy afzalligi bu shponkasiz birikmalar bo'lib, richagning har qanday burchak ostida joylashtirish mumkinligi va ularning o'zaro va ta'mirlashning nisbatan osonligidir.

1.1.3. Rezbali detallarning materiali va ular uchun joiz kuchlanishlar

Rezbali detallar asosan po'lat materiallardan tayyorlanadi. Ularning ayrim fizik- mexanik xossalari 1- jadvalga berilgan.

Po'latning markasi	Mustahkamlik chegarasi σ_M , MPa	Oquvchanlik chegarasi σ_{oq} , MPa	

1.1.4. Rezbali birikmalarga oid masalalar yechish

Masala № 1: Stoyka fundamentga St 5 markali po'latdan tayyorlangan bolt yordamida birikkan. Ta'sir qilayotgan F kuch o'zgarmas bo'lib, uning qiymati 10 kNga teng $a=210\text{mm}$, $b=20\text{mm}$. Boltning diametri aniqlansin.(1-rasm)

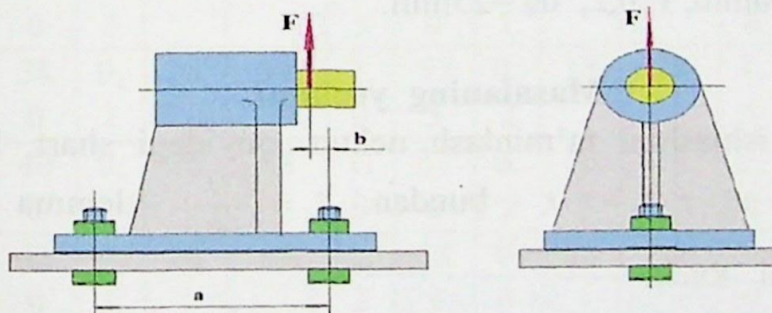
Masalaning yechimi

Boltga ta'sir qiluvchi kuchni aniqlaymiz.

$$\sum M_A = 0; \quad R_B \cdot a + F(a - b) = 0.$$

$$R_B = -\frac{F(a - b)}{a} = -\frac{10 \cdot 10^3 \cdot 190}{210} = -9047,6 \text{ H}$$

$$\sum M_B = 0, \quad -R_A \cdot a - F \cdot b = 0.$$



Boltning sterjenidagi cho'zuvchi kuch va eguvchi moment ta'sirida yuzaga

keluvchi umumiy kuchlanish:

$$\sigma_{\text{max}} = 1,3\sigma_v = \frac{1,3R_B}{(\pi d_1^2)/4} = \frac{5,2 \cdot R_B}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]$$

Joiz kuchlanishning qiymati:

$[\sigma] = \sigma_v / [\eta]$ bu yerda: $\sigma_v = 265 \text{ MPa}$, $[\eta] = 1,7 - 2,2$ - xavfsizlik koeffitsienti

(uglerodli po'latlar uchun)

$[\sigma] = 265 : 2 = 132,5 \text{ MPa}$ Boltning diametrini aniqlaymiz;

$$d_1 \geq \sqrt{5,2 R_B / \pi [\sigma]} = \sqrt{5,2 \cdot 9047,6 / 3,14 \cdot 132,5} = 10,6 \text{ mm}$$

Jadvaldan M14 rezkali bolt tanlanadi.

Mustaqil ish variantlari

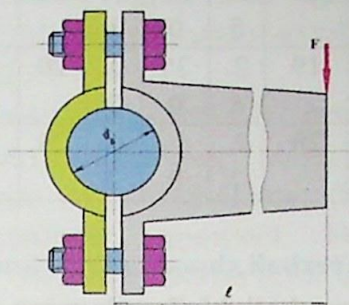
Vari- ant	F, kN	a, mm	b, mm	Vari- ant	F, kN	a, mm	b, mm	Vari- ant	F, kN	a, mm	b, mm
1	11	200	18	11	30	400	30	21	10	200	25
2	14	230	24	12	32	420	32	22	15	220	30
3	12	220	21	13	31	410	30	23	18	240	25
4	8	180	15	14	33	430	35	24	12	200	20
5	9	205	12	15	6	150	6	25	14	250	25
6	13	220	20	16	7	160	7	26	10	180	20
7	20	300	25	17	4	100	5	27	15	100	10
8	19	280	22	18	5	120	7	28	8	150	10
9	18	260	21	19	9	180	15	29	10	180	20
10	17	240	20	20	5	150	12	30	15	200	15

Masala №2. Berilgan klemmali birikmadagi uglerodli po'latdan tayyorlangan boltlarning diametri aniqlansin (2-rasm).

$F=1\text{kN}$, $L=500\text{mm}$, $f=0,2$, $d_B=25\text{mm}$.

Masalaning yechimi.

Birikmaning ishlashini ta'minlash uchun quyidagi shart bajarilishi kerak, ya'ni $F_c \cdot f \cdot d_B = F \cdot l$ bundan $F_c = \frac{F \cdot l}{f \cdot d_B}$ -klemma boltlarini sirib tortuvchi kuch.



$$F_c = \frac{F \cdot l}{f \cdot d_b} = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 500}{0,2 \cdot 25} = 10^5 \text{ H}$$

Boltlar uchun cho'zilishdagi joiz

kuchlanishni aniqlaymiz. $[\eta] = 2,0; [\sigma_u] = [\sigma_o] / [\eta] = \frac{230}{2} = 115 \text{ MPa}$

Boltning diametrini aniqlaymiz: $\sigma_u = 4 \cdot 1,3 \cdot K \cdot F_c / (z \pi d_1^2) \leq [\sigma_u]$

bundan $d_1 \geq \sqrt{5,2 \cdot K \cdot F_c / z \cdot \pi [\sigma_u]} = \frac{4 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 10^5}{2 \cdot 3,14 \cdot 115} = 33,6 \text{ mm}$

Jadvaldan M 36, P=4mm bo'lgan boltni tanlaymiz

Mustaqil ish variantlari

Vari-ant	F, k N	ℓ, m m	f	d _b , m m	Vari-ant	F, k N	ℓ, m m	f	d _b , m m	Vari-ant	F, k N	ℓ, m m	f	d _b , m m
1	2	50	0, 2	25	11	2, 2	55	0, 2	20	21	1, 8	40	0, 2	28
2	1, 5	48	0, 2	20	12	2, 3	50	0, 2	23	22	1, 6	42	0, 1	35
3	1, 2	35	0, 2	22	13	2, 1	49	0, 1	20	23	1, 8	44	0, 2	30
4	1, 3	38	0, 1	24	14	2, 0	52	0, 5	18	24	1, 5	40	0, 3	26
5	1, 4	40	0, 1	26	15	1, 9	37	0, 3	20	25	2, 8	29	0, 2	33
6	1, 6	42	0, 1	28	16	2, 3	38	0, 2	26	26	3, 3	35	0, 1	32
7	1, 8	40	0, 2	20	17	2, 3	36	0, 2	26	27	3, 3	35	0, 1	32
8	1, 8	40	0, 2	20	18	2, 3	36	0, 2	26	28	3, 3	35	0, 1	32
9	1, 8	40	0, 2	20	19	2, 3	36	0, 2	26	29	3, 3	35	0, 1	32
10	1, 8	40	0, 2	20	20	2, 3	36	0, 2	26	30	3, 3	35	0, 1	32
11	1, 8	40	0, 2	20	21	2, 3	36	0, 2	26	31	3, 3	35	0, 1	32
12	1, 8	40	0, 2	20	22	2, 3	36	0, 2	26	32	3, 3	35	0, 1	32
13	1, 8	40	0, 2	20	23	2, 3	36	0, 2	26	33	3, 3	35	0, 1	32
14	1, 8	40	0, 2	20	24	2, 3	36	0, 2	26	34	3, 3	35	0, 1	32
15	1, 8	40	0, 2	20	25	2, 3	36	0, 2	26	35	3, 3	35	0, 1	32
16	1, 8	40	0, 2	20	26	2, 3	36	0, 2	26	36	3, 3	35	0, 1	32
17	1, 8	40	0, 2	20	27	2, 3	36	0, 2	26	37	3, 3	35	0, 1	32
18	1, 8	40	0, 2	20	28	2, 3	36	0, 2	26	38	3, 3	35	0, 1	32
19	1, 8	40	0, 2	20	29	2, 3	36	0, 2	26	39	3, 3	35	0, 1	32
20	1, 8	40	0, 2	20	30	2, 3	36	0, 2	26	40	3, 3	35	0, 1	32

8	1, 9	40 0	0, 1	18	18	2, 5	31 0	0, 3	28	28	3, 5	51 0	0, 2	27
9	1, 8	38 0	0, 1	20	19	2, 6	35 0	0, 2	20	29	3, 1	53 0	0, 3	28
10	2	35 0	0, 1	18	20	2, 7	40 0	0, 2	23	30	3, 6	54 0	0, 3	32

1.2. Ajraladigan (rezbali, shponkali) birkmalarning hisobi

1. 2. Shponkali birikmalarning hisobi

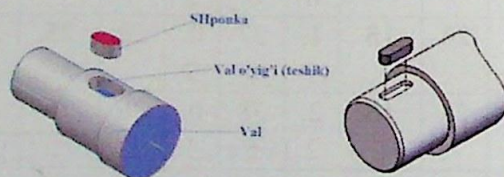
1.2.1 Shponkali birikmalar haqida umumiy ma'lumotlar

Shponkali birikmalar val, shponka va g'ildirak gupchagi (shkiv yoki boshqa detal gupchagi) dan iborat. Shponkalar tishli g'ildiraklarni, shkiylarni, yulduzchalarni (shesternyalar) va boshqa detallarni val bilan biriktirish uchun ishlatiladi. Ularning asosiy vazifasi birikuvchi detallarni aniq markazlashtirish va aylantiruvchi momentni uzatishdan iborat. Lekin shponkali birikmalar katta aylantiruvchi moment uzatishni ta'minlay olmaydi. Shponkaning asosiy turlari standartlashtirilgan.

Afzalligi: Konstruksiya oddiy, yig'ilishi va qismlarga ajratilishi nisbatan yengil va shuning uchun ham mashinasozlikda keng tarqalgan.

Kamchiligi: Val va o'qqa shponkali o'rnatish uchun o'yiqlar hosil qilinadi, shuning natijasida val va o'qlarning shponka va o'rnatiladigan qismining ko'ndalang kesim yuzasi kamayadi. Bu esa uning mustahkamligini kamayishiga olib keladi. Shuningdek, shponka o'yiqlarida ortiqcha eguvchi va burovchi kuchlanishlarning jamlanishiga olib keladi.

Shponkali birikma deb- val bilan unga o'rnatilgan teshik shponka, ya'ni prizmatik, ponasimon yoki segment chorqqirra detal yordamida biriktirilishiga aytiladi (8.1- rasm).



8.1-rasm. Val bilan shponka birikmasi.

Shponkali birikma **zo'riqqan** va **zo'riqmagan** bo'lishi mumkin. Zo'riqqan shponkali birikma yuklanish qo'yilganiga qadar ezuvchi kuchlanish hosil bo'ladi.

Zo'riqmagan shponkali birikmalarda **prizmatik** (8.2-rasm) va **segmentli** (8.3 -rasm) shponkalar, zo'riqqan birikmalarda esa **ponasimon** (8.4 -rasm) va **silindrsimon** (8.5 -rasm) shponkalar ishlatiladi.

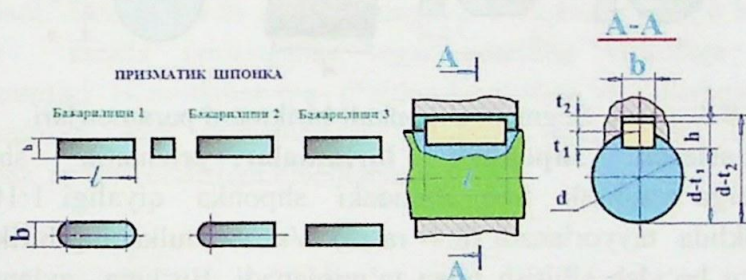
Prizmasimon shponkali birikmalar (8.2-rasm), odatda, diametri 6 dan 500mm gacha bo'lgan vallarga o'rnatish uchun qo'llanadi. Prizmasimon shponkalarining ensizroq yon yoqlari ishchi hisoblanadi. Chekka qismining shakliga ko'ra chekkasi doirasimon. Chekkasi yassi va bir chekkasi doirasimon ikkinchi chekkasi yassi bo'lgan turlarga bo'linadi.

Kamchiligi: Detallarning o'q bo'yicha surilib ketishiga to'sqinlik qila olmasligidir. Detalni siljimasligini ta'minlash uchun qo'shimcha tirgak vtulkalar, o'rnatish vintlari ishlatiladi.

Shponkalarining o'lchamlari 2x2 dan 100x 50 mm gacha (eni (b) x balandligi (h)) va uzunligi 6... 500 mm bo'ladi.

Shponkaning shartli belgisida uning o'lchamlari ko'rsatiladi ($\epsilon \times h \times \ell$) bu yerda ϵ -eni, h -balandligi, ℓ - uzunligi.

Masalan: Shponka 18x11x100 GOST 23360-78.



8.2-rasm. Prizmatik shponkali birikmani parametrlari.

Vallardagi shponkalar uchun ariqchalarning chuqurligi $t_1 = 1,2 - 30$ mm, vtulkalardagisi $t_2 = 1 - 19,5$ mm. Barcha shponkali birikmalar uchun t_1 va t_2 o'lchamlari beriladi. Diametrni hisobga olgan holda, ya'ni vallar uchun $(d - t_1)$, teshiklar uchun esa $(d + t_2)$ o'lchamlarni quyidagicha berish mumkin.

Segment shponkali birikmalar prizmatik shponkadan faqat shponkaning shakli bilan farqlanadi. Valga chuqurroq oʻrnashadi, qoʻl bilan moslashtirishni talab etmaydi. Qisqa gupchakli detallarga 1 ta, uzun gupchakli detallarga 2 tadan oʻrnatiladi. Tayyorlash va yigʻish oson, shuning uchun seriyali va ommaviy ishlab chiqarishda koʻplab ishlatiladi. (8.3 - rasm)

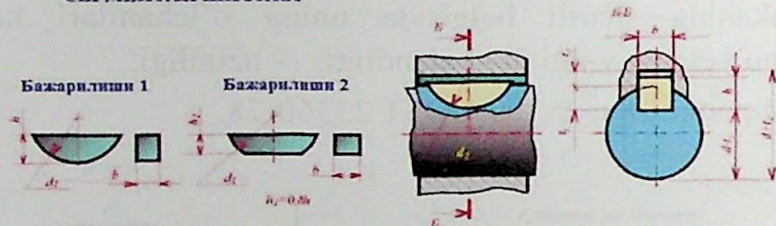
Val ariqchalarning chuqurligi $t_1 = 1-10$ mm, vtulka ariqchalarining chuqurligi esa $t_2 = 0,6-3,3$ mm. ga teng.

Ishchi chizmalarda ariqchalarni oʻlchamlari diametri Segment shponkalarda ham ariqchalarning oʻlchamlari diametr hisobga olingan holda berilish mumkin. ($D-t_1$ va $D+t_2$). Bu birikmalar diametri unga katta boʻlmagan (3-40 mm) vallar uchun qoʻllaniladi.

Segmentli shponkalarining oʻlchamlari $1 \times 1,4 \times 4$ dan $10 \times 13 \times 32$ gacha ($e \times h \times d$) boʻladi.

Segmentli shponkani shartli belgilash 5 x 6,5 GOST 24071-80. boʻyicha koʻrsatiladi

СЕГМЕНТЛИ ШПОНКА



8.3- rasm. Segment shponkali birikmani parametrlari.

Ponasimon shponkali birikmalar, prizmatik shponkali birikmalarga oʻxshash farqi shundaki shponka qiyaligi 1:100 teng pona shaklida tayyorlanadi (8.4- rasm). Val va vtulkaning biriktirilishi ponali oʻq boʻylab siljitish bilan taʼminlanadi. Birikma aylantiruvchi momentni va oʻq boʻyicha yoʻnalgan kuchni ham uzatadi. Shponka zarb bilan qoqib kiritilganligi tufayli oʻrnatilayotgan detalning val sirtida markazlanishi buzilib, ish vaqtida radial tepish vujudga keladi. Oqibatida bir maromli ishlashi buzilishi mumkin.

Ponasimon shponkali birikmalar 6 dan 500 mm gacha boʻlgan vallar diametrini qamraydi. Shponkaning oʻlchamlari 5×5 mm dan 100×50 mm ($v \times h$) gacha boʻladi. Shponkaning shartli belgisida uning oʻlchamlari ($e \times h \times e$) koʻrsatiladi masalan, shponka $18 \times 11 \times 100$ GOST

24068-80 bo'yicha belgilanadi. Valdagi ariqcha chuqurligi $t_1 = 1,2 - 31$ mm vtulkadagi ariqcha $t_2 = 0,5 - 18,1$ mm. Bu birikmalarda qiya ariqcha faqat vtulkalarda qilinadi, shuning uchun t_2 ariqchaning eng katta chuqurligiga taaluqli.

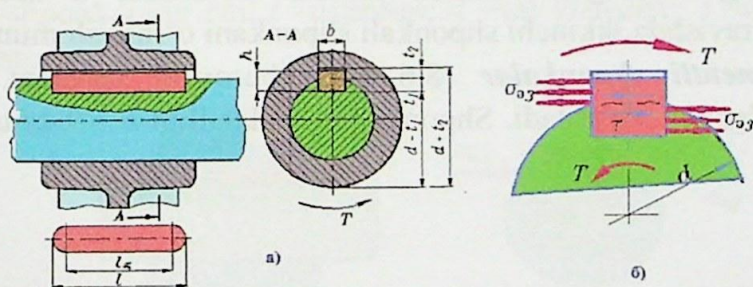
ПОНАСИМОН ШПОНКА



8.4- rasm. Ponasimon shponkali birikmaning parametrlari.

1.2.2. Shponkali birikmalarni mustahkamlikka hisoblash.

Shponkali birikmalarning asosiy ishchanlik qobiliyati ularning mustahkamligidir. Valning diametriga va yuqorida keltirilgan talablarga ko'ra shponka standartlardan tanlanadi va birikma mustahkamlikka tekshiriladi. Standartlarda shponkaning va o'yiqlarning o'lchamlari shunday tarzda tanlanganki, agar ularning egilishga bo'lgan mustahkamligi ta'minlansa o'z- o'zidan kesilishga va ezilishga bo'lgan mustahkamligi ham ta'minlanadi. Shuning uchun ham shponkali birikmalar asosan ezilishga hisoblanadi.



8.5- rasm. Prizmasimon shponkali birikmaga ta'sir etuvchi kuch

Prizmatik shponkalarining uchlari aylanasimon tekis yoki bir tamoni aylanasimon ikkinchi tamoni tekis bo'lishi mumkin. O'lchamlari valning diametriga ko'ra standart asosida tanlanadi.

Shponkaning yon tamonlari burovchi moment ta'sirida hosil bo'lgan ezuvchi kuchlanishga tekshiriladi (8.5. b) – rasm):

$$\sigma_{\gamma\gamma} = \frac{2T}{dF_{\gamma\gamma}} \leq [\sigma_{\gamma\gamma}] \quad (8.1)$$

bu yerda: T – uzatilayotgan burovchi moment;

$F_{\gamma\gamma}$ - ezilish yuzasi;

d - shponka joyidagi valning diametri;

Ezilish yuzasi:

$$F_{\gamma\gamma} = (h - t_1)\ell_{uuu} \quad (8.2)$$

ℓ_{ish} - shponkaning ishchi uzunligi;

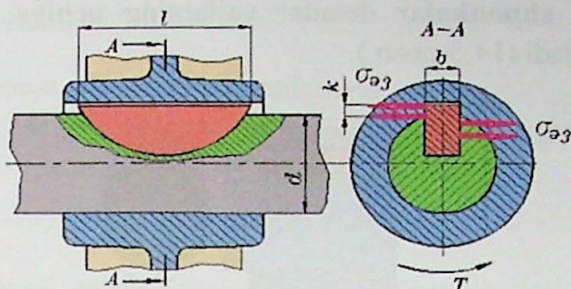
t_1 - val gubchagining chuqurligi;

(8.1) formulaga (8.2) formulani qo'ysak quyidagi hosil bo'ladi.

$$\sigma_{\gamma\gamma} = \frac{2T}{d(h - t_1)\ell_{uuu}} \leq [\sigma_{\gamma\gamma}] \quad (8.3)$$

Hisobiy kuchlanishning $\sigma_{\gamma\gamma}$ ning qiymati ruhsat etilgan $[\sigma_{\gamma\gamma}]$ kuchlanishdan 5% dan ortiq bo'lsa, shponkaning uzunligi oshiriladi, gupchakning uzunligini oshirish imkoni bo'lmasa, u holda valda diametrial ravishda ikkinchi shponkali shponkani o'rnatish mumkin.

Segmentli shponkalar (8.6-rasm) burovchi moment nisbatan kichik bo'lganda ishlatiladi. Shponkaning balandligi $h = 0,4d$ uzunligi $l = d$.



8.6 -rasm. Segmentli shponka birikmasiga ta'sir etuvchi kuch.

Bu shponkalar ezilishga va ensiz bo'lgani uchun qo'shimcha kesilishga tekshiriladi:

$$\sigma_{ez} = 2T / [d(h - t_1)l] \leq [\sigma_{ez}], \quad (8.5)$$

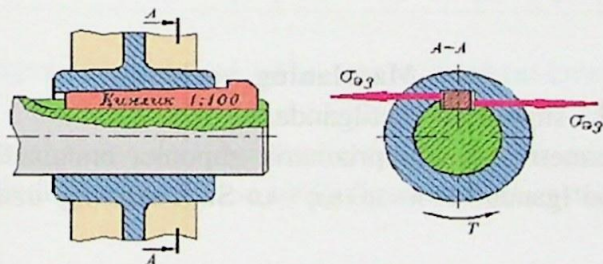
$$\tau_{kes} = 2T / (d b l) \leq [\tau_{kes}]. \quad (8.4)$$

Ponasimon shponkaning (8.7 -rasm) yuqori yuzasi va detal o'yig'i qiya qilib ishlanadi. Burovchi moment shponkaning ustki va ostki sirtlaridagi tig'izlikdan hosil bo'lgan ishqalanish kuchi hisobiga uzatiladi. Bunday shponka detallar valning faqat chetiga o'rnatilganda ishlatilishi mumkin. Shponkani tig'izlik bilan o'rnatish detallarning markazlarini siljitib disbalansga olib keladi va yuqori tezliklarda ishlashiga imkon bermaydi. Shuning uchun ular, asosan, sekin yurar og'ir yuklangan mexanizmlarda ishlatiladi.

Bunday birikmaning mustahkamligi quyidagicha tekshiriladi:

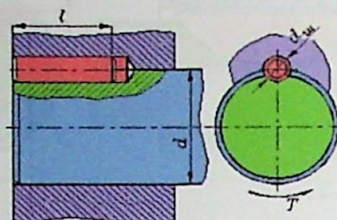
$$\sigma_{ez} = 2T / [b l (f d + b/6)] \leq [\sigma_{ez}], \quad (14.3)$$

bunda b –shponkaning eni; l –uzunligi; d –val diametri; f –ishqalanish koeffitsienti.



8.7-rasm.

Silindrik shponkalar detallar vallarning uchiga o'rnatiladigan hollarda ishlatiladi (14.5-rasm).



8.8-rasm.

Detal valga o'rnatilgandan keyin teshik parmalanadi, so'ngra shu teshikka silindrsimon shponka tig'izlik bilan kiritiladi. Tanlangan shponka ezilishga tekshiriladi:

$$\sigma_{\mathcal{O}\mathcal{O}} = \frac{4T}{d l d_u} \leq [\sigma_{\mathcal{O}\mathcal{O}}], \quad (14.4)$$

bunda $d_{sh} = (0,13 \dots 0,16) d$ – shponka diametri; uzunligi $l = (3 \dots 4) d_{sh}$.

Standart shponkalar mustahkamligi chegarasi $\sigma_V = 500$ MPa dan kam bo'lmagan uglerodli yoki legirlangan po'latlardan tayyorlanadi.

$[\sigma_{EZ}] = (100 \div 180)$ MPa, qo'zg'almas birikmalar uchun;

$[\sigma_{EZ}] = (20 \div 30)$ MPa, qo'zg'aluvchan birikmalar uchun.

1.2.3. Shponkali birikmalarga oid masalalar yechish

Masala №1. $d_B = 32$ mm bo'lgan valga eni $b = 50$ mm bo'lgan shkiv turli shakldagi shponkalar va shlislar vositasida biriktirilib, uzatilishi mumkin bo'lgan burovchi momentning eng katta qiymati aniqlansin.

$$[\sigma_{\mathcal{O}\mathcal{O}}] = 60 \text{ MPa}$$

Masalaning yechimi

a) Prizmatik shponka o'rnatilganda.

Valning diametriga qarab prizmatik shponka tanlanadi.

$d_B = 32$ mm bo'lganda $b \times h = 10 \times 8$, $t_1 = 4,0$ Shponkaning uzunligini $l = 40$ mm

qilib olamiz.

$$T = \frac{[\sigma_s] \cdot d \cdot l \cdot (h - t_1)}{2} = \frac{60 \times 32 \times 40(8 - 4)}{2} = 153,6 N \cdot m$$

b) Segmentsimon shponka o'rnatilganda.

Valning diametriga qarab segmentsimon shponka tanlanadi.

$$d_b = 32 \text{ mm bo'lganda } b \times h \times d = 10 \times 8 \times 11 \times 28, t_1 = 8.$$

$$T = \frac{[\sigma_s] \cdot d \cdot l \cdot (h - t_1)}{2} = \frac{60 \times 32 \times 40(11 - 8)}{2} = 115,2 N \cdot m$$

v) Yengil seriyali to'rtburchak profilni shlisga o'rnatilganda.

$$D=36\text{mm}; d=32\text{mm}, z=8; h=0.5(36-32)-2 \times 0,4=1,2\text{mm}; l=50\text{mm}.$$

$$d_{sp} = 0,5 \cdot (36 + 32) = 34 \text{ mm}$$

$$T=60 \times 0,5 \times 8 \times 1,2 \times 34 \times 50 = 489,6 \text{ H m}$$

Mustaqil ish variantlari

Vari- -ant	d_b , m m	b , m m	$[\sigma_{ez}]$, MPa	Vari- -ant	d_b , m m	b , m m	$[\sigma_{ez}]$, MPa	Vari- -ant	d_b , m m	b , m m	$[\sigma_{ez}]$, MPa
1	32	48	60	11	24	48	45	21	12	24	60
2	30	46	65	12	26	50	46	22	14	28	50
3	31	44	62	13	28	52	48	23	16	32	40
4	32	42	60	14	30	54	45	24	18	36	45
5	35	40	60	15	32	56	50	25	20	40	55
6	34	50	50	16	30	52	55	26	22	44	65
7	35	55	50	17	34	50	60	27	24	48	40
8	36	48	50	18	36	54	65	28	26	51	50
9	38	50	52	19	38	56	60	29	28	56	60
10	40	52	50	20	40	60	55	30	30	60	55

2. Ajralmaydigan (payvand, parchin mixli) birikmalarning hisobi.

Payvand birikmalar.

Ma'lumki, mashinalar detal va uzellardan tashkil topgan birikmalar vositasida yig'iladi. Birikmalar esa ajraladigan va ajralmaydigan turlarga bo'linadi.

Ajralmaydigan birikmalar, bu shunday birikmalarki, bunda mashina uzellarini ayrim qismlarga ajratish uchun, birikma elementlarini sindirish yoki ish yuzasini qayta ishlash kerak bo'ladi. Parchin mixli, payvand hamda detallarni o'zaro tig'izlik bilan o'tkazilgan birikmalar **ajralmas birikmalar** hisoblanadi.

Rezbali, shponkali, shlitsali birikmalar **ajraladigan birikmalar** bo'lib, bunda, uzellar detallarga ajratilganda detalning ishchi qismiga shikast yetkazilmaydi.

Mashinalarning yaxshi ishlashmasligi, muddatdan oldin ishdan chiqishi, ishlash jarayonida shovqinning oshib ketishiga undagi birikma sifatining pastligi (sifatli mahkamlanganligi, payvanlandmaganligi, birikma uchun material noto'g'ri tanlanganligi va h.k) sabab bo'ladi.

Birikma elementlari asosan mustahkamlikka hisoblanadi. Bunda yirik elementlarning mustahkamligi biriktirilayotgan detallarning mustahkamligi bilan bir xilda bo'lishiga erishish kerak.

Payvand birikmalar ajralmaydigan birikmalar safiga kiradi. Sanoatning turli sohalarida ishlatiladigan konstruksiyalar, suyuqlik saqlanadigan idishlar, fermalar, metal minoralar, korpuslar va ayrim detallar shu usulda olinadi.

Payvand birikmalarning **afzalliklariga** quyidagilar kiradi:

- metallning tejalishi;
- amalda turli shakl va o'lchamdagi detallarni olish imkoniyati borligi;
- statikaviy va zarbiy yuklanishlarda payvand birikmaning mustahkamligi asosiy detalning mustahkamligiga deyarli yaqinligi;
- payvandlash jarayonini avtomatlashtirish imkoniyatining yuqoriligi;
- payvand chokning jips jichligi va gaz hamda suyuqlikni o'tqazmasligi.

Payvand birikmalarning **kamchiliklariga** quyidagilar kiradi:

- payvand chok sifatini aniqlashning bir muncha qiyintiligi;
- payvandlanayotgan detalning haroratdan deformatsiyalanishi;
- kuchlanishlar jamlanishining mavjudligi;
- bba'zi materiallarni payvand usulida biriktirishning mumkin emasligi.

Payvandlashning asosiy turlari

Yuqorida aytib o'tilganidek, payvandlash biriktiruvchi detallarning molekularini yopishtirish uchun ishlatiladigan kuchlarga asoslangan. Bunga erishish uchun ikkita usul qo'llaniladi: detallarning birikuvchi joyida metallarni eritish yoki suyuq holatiga keltirmasdan qizdirib, detallarni bir-biriga siqish.

Birinchi usul – suyuq holatda payvandlash, ikkinchisi esa – bosim ostida payvandlash deyiladi.

Eritilgan holatda payvandlash.

Bu payvandlash gaz va elektr yoyi yordamida payvandlash turlariga bo'linadi.

Gaz yordamida payvandlash usulida elektrodlar orasida yonuvchi gazlar ma'lum miqdorda kislorod (asetilen, vodorod) yondirilib, oraliqqa gorelka kanalidan o'tadi. Payvandlanuvchi metall tarkibiga mos payvandlash simi ishlatiladi. Uning ta'sirida payvandlanuvchi detalning payvandlash joyi va payvandlash simining uchi suyuqlanadi va birikma hosil bo'ladi. Gaz yordamida payvandlash yupqa devorli po'latdan tayyorlangan detallarni va rangli metallarni biriktirishda ishlatiladi.

Elektr yoyi yordamida payvandlash usulida ulanadigan joy elektr yoy vositasida qizdiriladi va unga elektrod suyuqlantirib tushiriladi, natijada payvand chok hosil bo'ladi. Detallar orasidagi eritilgan elektrod bog'lash vazifasini bajaradi.

Elektr yoyi yordamida dastlabki payvandlash yoy barqaror yopishishini ushlab turish uchun maxsus aralashma bilan qoplangan elektrod ishlatiladi. Dastlabki usulda payvandlashda detallar qalinligi 1mm dan 60 mm gacha bo'lishi mumkin. Bu holda tok kuchi (200÷500) A oralig'ida bo'ladi. Bunday usulda payvandlash bikrlilik miqdorida hamda seriyalab ishlab chiqarishda (choklar qisqa-qisqa va noqulay joylashtirilgan bo'lsa) qo'llaniladi.

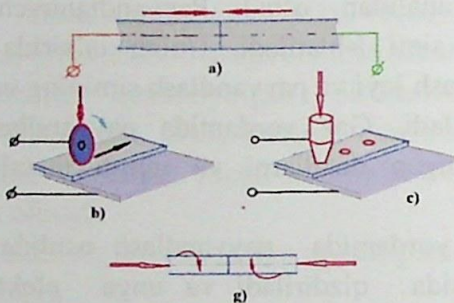
Avtomatik payvandlash elektrod simi orqali bajariladi. Bu simni uzatish va chok yo'nalishi bo'yicha harakatga keltirish mexanizatsiyalashtirilgan. Bu usuldan qalinligi 2÷130 mm gacha bo'lgan po'latlar ularning qotishmalarini payvandlashda keng foydalaniladi. Bunda elektr yoy suyuqlanayotgan metall flyus qatlami ostida yoki havo gazlaridan saqlaydigan muhitlarda bo'lib yoy barqaror

yonadi. Bu holda tok kuchi $(100 \div 300)A$. Yuqori seriyalab va yalpi ishlab chiqarishda hamda samolyotsozlikda ishlatiladi.

Bosim ostida payvandlash.

Detallar elektr toki (elektr kontakt payvandlash) bilan yoki ishqalanish vositasida (ishqalanish vositasida payvandlash) qizdiriladi.

Elektr kontakt payvandlash har xil po'latlardan tayyorlangan vallarning qismlarini yoki qiruvchi asboblarni (parma, metchik) biriktirishda ishlatiladi (3.1-a rasm). Elektr tokini payvandlanuvchi detallar orqali o'tkazilganda ular tokning tutashgan joyida o'tkazgich qarshiligining mavjudligi tufayli, bu yuzalar qisqa vaqt ichida qizib, yuqori plastik holatga o'tadi.



3.1-rasm. Payvandlash turlari

Plastik holatdagi metall detallar ma'lum kuch bilan bir-biriga qisilganda, payvand birikma hosil bo'ladi.

Elektr kontaktli payvandlash listlarni payvandlashda ham ishlatiladi, masalan, detallar ustida aylanadigan elektrod rolik (rolik elektrod vazifasini bajaradi) kontaktdagi payvand chokni (lentali) (3.1-b rasm) va kontaktdagi nuqtasi payvandli (3.1-s rasm) hosil qiladi. Shuni aytish kerakki, nuqtali payvandlash yuqori jipsli (germetik) birikmani hosil qilmaydi, shuning uchun, rezervuar va baklar qismini payvandlashda ishlatilmaydi.

Ishqalanish vositasida payvandlashda biriktiruvchi detallarni (vallar, asboblari) qarama-qarshi tomonga aylantirilib, bir-biriga siqiladi (3.1-g rasm). Ishqalanish natijasida hosil bo'lgan issiqlik detallarni plastik holatiga qadar qizdirib payvandlaydi.

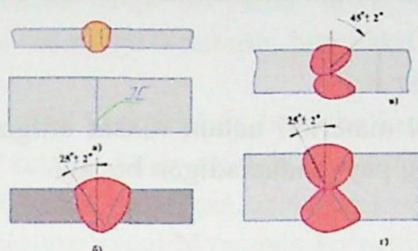
Biriktiriladigan detallarning o'zaro joylashishiga qarab payvand birikmalar quyidagilarga bo'linadi:

- uchma-uch;
- ustma-ust;
- burchakli;
- tavrSimon.

Uchma- uch payvand birikma va uni hisoblash

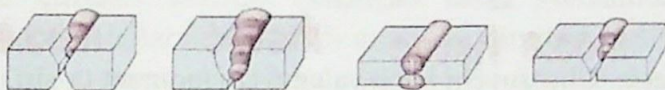
Uchma-uch biriktirilgan payvand choklar tutashgan choklar deyiladi, ustma-ust, burchakli va tavrli payvand choklar esa burchakli deyiladi.

Uchma-uch choklar 3.2-a rasmda tasvirlangan.



3.2-rasm. Uchma- uch payvand chokli birikmada detallar qalinligi:

a) – 8 mm gacha; b) – 26 mm gacha; v) – 40 mm gacha; g)– 60 mm gacha bo'lganda payvand birikmalarning shakllari.



Payvandlanadigan listlarning qalinligiga qarab, ularni uchlari maxsus ishlovdan o'tqazilib yoki o'tqazilmasdan payvandlashga tayyorlanadi. Agar listlarning qalinligi 8 mm dan oshmasa, u holda boshlang'ich ishlov berilmaydi (3.2-a rasm).

Listlar qalinligi 8 mm dan 25 mm gacha bo'lsa, listlarning tutashadigan qirralariga bir yoqlama dastlabki ishlov beriladi. (3.2-b rasm) – qirralarida burchagi 25° ga teng bo'lgan faskalar (kertish) hosil kilinadi. Listlar qalinligi 26 dan 40 mm gacha bo'lganda 3.2-v rasmda ko'rsatilagandek qirralari bir yoqlama kiritiladi. Listlar qalinligi

40 dan 60 mm gacha bo'lganda 3.2-g rasmda ko'rsatilagandek qirralari ikki yoqlama kiritiladi.

Ikkinchi bo'lakdan tashkil topgan uchma-uch payvandlangan listlarni (3.6-rasm) hisoblash quyidagicha bajariladi:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{b\delta} \leq [\sigma_{II}], \quad (3.1)$$

bunda: F – cho'zilish kuchi, N da;

A – list yuzasi, mm^2 da;

V – list eni, mm da;

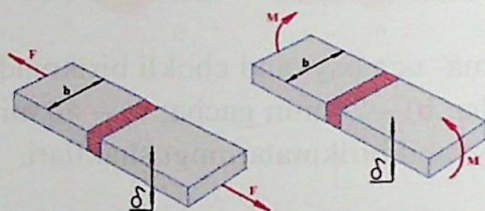
δ – list qalinligi, mm da;

$[\sigma_P]$ – payvand uchun ruxsat etilgan kuchlanish;

Payvand birikma uchun mustahkamlikning ehtiyot koeffitsientini hisobga olganda:

$$[\sigma_{II}] = 0,9[\sigma_{DET}],$$

bunda: $[\sigma_{DET}]$ – detal materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish, ya'ni listning payvandlanadigan bœlagi.



3.3-rasm. Cho'zuvchi kuch va eguvchi moment ta'siri.

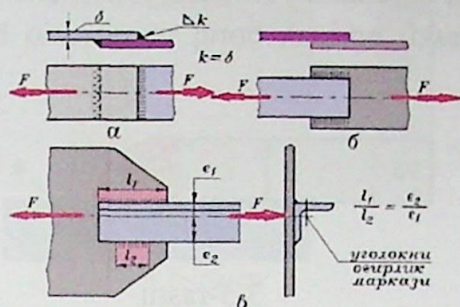
Agar payvand qism eguvchi moment bilan yuklangan bo'lsa (3.3-b rasm), unda chokning yemiriladigan kesimini o'q bo'ylab yo'nalgan qarshilik momenti W :

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6M}{(b\delta)^2} \leq [\sigma_{II}]. \quad (3.2)$$

Ustma-ust payvandlash

Listlarni ustma-ust qo'yib biriktirilganda ro'para va yonbosh choklarga bo'linadi. 3.4-a rasmda ikkita listni ikki yoqlama ro'para chok bilan biriktirilgani ko'rsatilgan. Shu yerning o'zida burchak chok belgisi o'z aksini topgan, uni chizmada ko'rsatilishicha k katetli

burchak chok deb ataladi. Odatda, chok katetining qiymati birikuvchi listlar δ qalinligiga

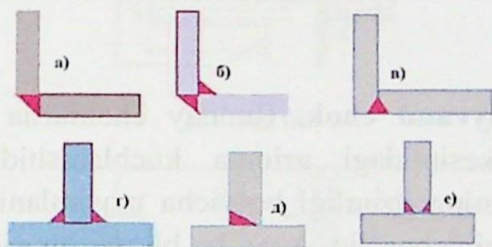


3.4 rasm

teng bo'лади. Shuni hisobga olmoq kerakki, cho'zuvchi yuklanish F birikmaning simmetriya o'qi bo'yicha ta'sir etadi. 3.4-b rasmda ko'rsatilgan birikma oldingiga o'xshash, burchakli yonbosh choklardan hosil bo'лади.

List bilan ugolokni biriktirishda hosil bo'lgan payvand choklarga ta'sir etadigan cho'zuvchi kuch ugolok kesimini og'irlik markazidan o'tgan bo'ylama chizig'iga qo'yilgan deb tahmin qilinadi 3.4-v rasm. U holda, yonbosh chokning uzunligi rasmda ko'rsatilishi bo'yicha, teskari proporsional tarzda aniqlanadi.

Detallarni burchakli biriktirish mumkin: tashqi burchakli chok (3.5-a rasm); tashqi va ichki burchakli choklar (3.5-b rasm) yordamida hamda qirralari kertilib tutashgan chok yordamida (3.5-v rasm). Tavrsimon detallarni biriktirish mumkin: qirralari kertilimgan burchakli chok (3.5-g rasm); bir (3.5-d rasm) yoki ikki (3.6-ye rasm) qirralari kiritilgan burchakli choklar yordamida.



3.4-rasm.

Ulanish lozim bo'lgan ikki detalning, masalan listning biri ikkinchisining ustiga **payvandlansa ustma-ust chok hosil bo'лади**

bunday hollarda payvand chokning ko'ndalang kesimi uchburchak shaklida bo'ladi va burchakli yoki valiksimon chok deb ataladi.

Chokning shakli normal, botiq va qavariq bo'lishi mumkin (3.5-rasm).



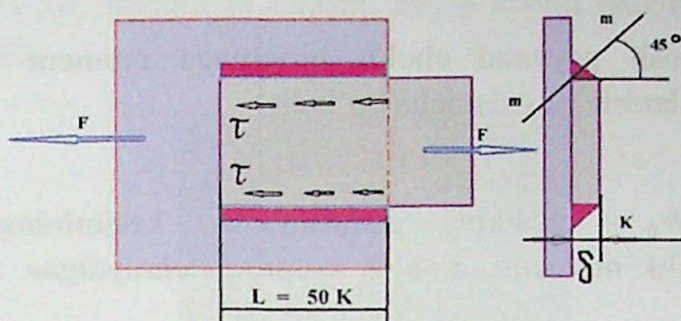
3,5-rasm

Qavariq chok detalning ulangan joyidagi kesimini sezilarli darajada o'zgartiradi, bu esa o'z navbatida, shu yerda kuchlanishlarning qo'shimcha to'planishiga sabab bo'ladi. Shu bois choklarning botiq bo'lgani maqsadga muvofiq. Ammo choklarni botiq qilish qo'shimcha mehnat talab etadi. Shuning uchun aksariyat choklar normal shaklda tayyorlanadi. Lekin o'zgaruvchan kuch ta'sir etadigan hollarda chokni botiq qilib tayyorlash tavsiya etiladi.

Burchakli choklarni asosiy xarakterlovchi o'lchamlari bu uning kateti k va balandligi h dir(3.5-rasm). Chokning balandligi uning katetiga bog'liq bo'lib, quyidagicha $h=k \sin 45^\circ=0,7 k$ aniqlanishi mumkin.

Qalinligi $\delta=3 \text{ mm}$ bo'lgan listlar uchun katet k ning eng kichik qiymati 3 mm bo'lishi mumkin. Detallarni ustma-ust payvandlashda choklarni ta'sir etayotgan kuch yo'nalishga tik, parallel, ma'lum burchak hosil qilib joylashtirish mumkin, birinchi holda payvand chok ro'para chok deb, ikkinchi holda yonbosh chok, uchinchi holda esa qiyshiq chok deb ataladi.

Yonbosh payvand chok. Bunday choklarda asosiy kuchlanish chokning m-m kesimidagi urinma kuchlanishidir (3.6-rasm). τ - kuchlanishni chokning uzunligi bo'yicha taqsimlanishi payvandlangan detallarning bikrligiga bog'liq. Agar bu bikrlilik bir xil bo'lsa, kuchlanish bir tekis, har xil bo'lganda esa notekis taqsimlanadi. Shuningdek, yonbosh chok qanchalik uzun bo'lsa, kuchlanish ham shunchalik notekis taqsimlanadi, shuning uchun chokning uzunligini $l \leq 50 k$ qilib olish tavsiya etiladi.



3,6-rasm

Cho'zuvchi kuch ta'sirida yonbosh choklardagi kuchlanish qiymati quyidagicha aniqlanadi (3.6-rasm).

$$\tau = F / (2 l \cdot 0,7 \cdot k) \leq [\tau']$$

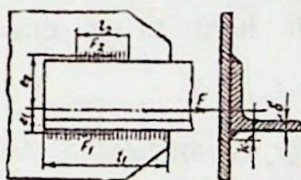
bu yerda : $0,7 k$ —chokning m-m kesim bo'yicha qalinligi.

Yonbosh payvand choklar nosimmetrik bo'lganda (3.7-rasm) chokning uzunligi shu chokdan detalning og'irlik markazigacha bo'lgan masofaga teskari proporsional tarzda olinadi, ya'ni

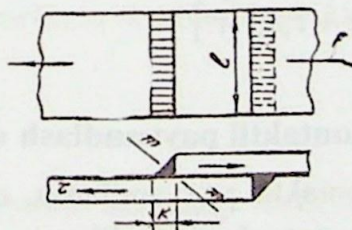
$$l_1 / l_2 = e_1 / e_2,$$

bunda har ikki tomondagi choklardagi kuchlanish qiymati bir xil bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau = F / [0,7\kappa(l_1 + l_2)] \leq [\tau']$$



3.7-rasm



3.8-rasm.

Agar yonbosh payvand chokli birikmaga moment ta'siri qilsa chokdagi kuchlanish quyidagicha bo'ladi:

$$\tau = T / W_p$$

bu yerda: W_p – chokning yemiriladigan kesimining buralishiga bo'lgan qarshilik momenti, amalda ko'proq uchraydigan $l = b$ choklar uchun

$$\tau = F / (0,7 \cdot k \cdot l \cdot b) \leq [\tau'] \quad (3.6)$$

Ro'para payvand choklarning tashqi kuch ta'siriga mustahkamligi faqat urinma kuchlanishlarning qiymati bilan belgilanadi.

τ – kuchlanish yonbosh chokdagidek, m-m kesim bo'yicha aniqlanadi (3.8-rasm)

Cho'zuvchi kuch ta'sirida ro'para payvand choklardagi (3.8-rasm) hosil bo'lgan kuchlanish qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau = F / (0,7 \cdot k \cdot l) \leq [\tau'] \quad (3.7)$$

Moment ta'sir etayotgan bo'lsa, kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

$$\tau = T / W = 6T / (0,7 \cdot k \cdot l \cdot l_p^2) \leq [\tau'] \quad (3.8)$$

zarur bo'lgan hollarda bir vaqtning o'zida ro'para chok ham yonbosh chok ham ishlatiladi, agar cho'zuvchi kuch ta'sir qilsa, chokdagi kuchlanish quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau = F / [0,7k(2l_{eu} + l_p)] \leq [\tau'] \quad (3.9)$$

Moment ham, kuch ham ta'sir etayotgan bo'lsa kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

$$\tau_{\Sigma} = \frac{T}{0,7kl_{eu}l_p + (1/6)0,7kl_p^2} \quad (3.10)$$

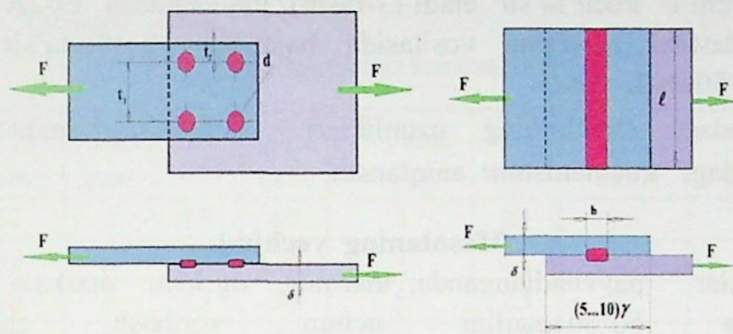
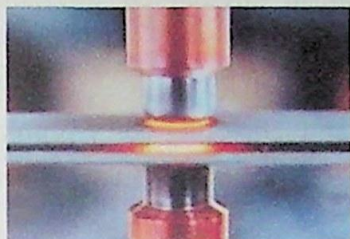
natijada cho'zuvchi kuch va moment ta'sirida hosil bo'lgan umumiy kuchlanish qiymati.

$$\tau = \tau + \tau_v \leq [\tau'] \quad (3.11)$$

Kontaktli payvandlash usuli

Listlar uchma-uch kontaktli payvandlansa, chokning mustahkamligi listning mustahkamligiga teng bo'ladi. Shuning uchun bunday hollarda chokni alohida hisoblashga hojat qolmaydi.

Listlar ikki xil: nuqtali (4.2-rasm, a) va lentali (4.2-rasm,b) usulda payvandlanadi.



4.2.-rasm.

Nuqtali payvandlashda listlarning payvandlanadigan qismlari ustma-ust quyiladi va bir necha nuqtada biriktiriladi. Bunda har bir nuqtaning diametri listning qalinligiga muvofiq olinadi. Ya'ni:

agar $\delta \leq 3 \text{ MM}$ bo'lsa, $d = 1,2 \delta + 4 \text{ MM}$

agar $\delta > 3 \text{ MM}$ bo'lsa, $d = 1,5 \delta + 5 \text{ MM}$. ξ

Nuqtali payvand chok orasidagi va qirrallardan eng chetidagi nuqtalargacha bo'lgan masofa quyidagicha olinadi (4.2-rasm,a)

$t = 3 d$, $t_1 = 2d$, $t_2 = 1,5d$

Nuqtali payvand birikma kesilishdagi kuchlanishga tekshiriladi, ya'ni:

$$\tau = \frac{4F}{z \cdot i \cdot \pi d^2} \leq [\tau]$$

bu yerda: z –payvand nuqtalar soni; i – har bir nuqtadagi qirqishilishi mumkin bo'lgan tekisliklar soni.

Kontaktli payvandlashning lentali turi listlarning biriktirilgan qismlarida lenta shaklidagi chok hosil qilishdan iborat (4.2-rasm, b). bunda chokdagi kuchlanish quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau = \frac{F}{b l} \leq [\tau'] \quad (4.3)$$

bu yerda: b -payvand chokning eni; l —chokning uzunligi.

Masala №1. Listga payvandlangan teng tomonli ugolnikka cho‘zuvchi F kuch ta’sir etadi (3-rasm). Payvandlash E42A elektrodi bilan dastaki moslama vositasida bajarilgan bo‘lib, ta’sir etuvchi kuch $F=50\text{kN}$, $K=5\text{mm}$.

Birikmadagi choklarning uzunliklari l_1 va l_2 hamda mazkur choklardagi kuchlanishlar aniqlansin.

Masalaning yechimi.

Ugolniklar payvandlanganda, ularning og‘irlik markazi enining o‘rtasida bo‘lmaganligi uchun yonbosh choklardagi kuchlanishlarning qiymati har xil bo‘ladi. Har bir chokka ta’sir etuvchi kuchlar quyidagicha aniqlanadi:

$$F_1 = F \cdot \frac{c}{b} = F \cdot 0,7 = 50 \cdot 0,7 = 35\text{kH}$$

$$F_2 = F \cdot \frac{a}{b} = F \cdot 0,3 = 50 \cdot 0,3 = 15\text{kH}$$

$$\frac{c}{b} = 0,7 \quad \frac{a}{b} = 0,3 \quad \text{teng tomonli ugolniklar}$$

uchun. (2-jadval)

Burchakli chokning uzunligini $l=50\text{mm}$ qilib olamiz, bunda chokdagi kuchlanish

$$\tau_2 = \frac{F}{0,7 \cdot K \cdot l_2} = \frac{15 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 5 \cdot 50} = 85\text{MPa}$$

$$l_1 = (l_1 + l_2) \cdot \frac{c}{b} = (l_1 + 50) \cdot 0,7 = 0,7 \cdot l_1 + 35$$

$$l_1 = 0,7l_1 + 35, \quad 0,3l_1 = 35$$

$$l_1 = \frac{35}{0,3} = 116 \text{ mm}$$

Bu chokdagi kuchlanish $\tau_1 = \frac{F_1}{0,7 \cdot K \cdot l_1} = \frac{35 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 5 \cdot 116} = 85 \text{ MPa}$

Demak, yonbosh choklarning kuchlanishi teng bo'lishi uchun $l_1 = 116 \text{ mm}$

$l_2 = 50 \text{ mm}$ bo'lishi kerak.

Mustaqil ish variantlari

Vari-ant	F , mm	K , mm	Vari-ant	F , mm	K , mm	Vari-ant	F , mm	K , mm
1	52	2	11	40	3	21	24	6
2	54	5	12	38	3	22	28	5
3	56	4	13	36	5	23	32	3
4	58	3	14	34	5	24	36	4
5	60	6	15	32	4	25	40	5
6	50	5	16	30	4	26	44	5
7	48	3	17	28	3	27	48	6
8	46	4	18	26	3	28	51	3
9	44	6	19	24	5	29	56	6
10	47	5	20	22	6	30	60	5

3. Tishli va chervyakli uzatmalarning loyiha va tekshiruv hisobi Tishli uzatmalar haqida umumiy ma'lumotlar.

Tishli uzatmalardan foydalanish mashinasozlikda keng tarqalgan. Tishli uzatmalar murakkab kinematik juftlikdan iborat bo'lib, uning aniqligini ko'plab parametrlar ta'minlaydi.

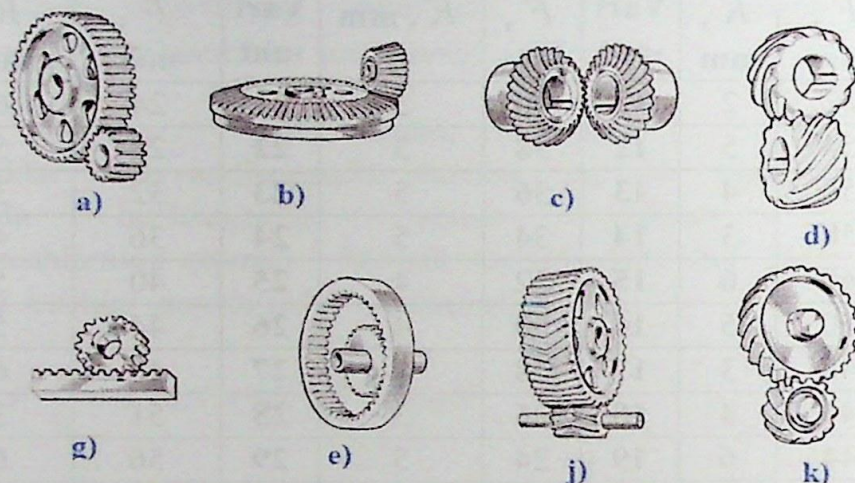
Mashinalarning quyidagi ko'rsatgichlari tishli uzatmalarning ishiga bog'liqdir, ya'ni avtomobilning ravon va shovqinsiz yurishi, yo'lanma momentlarni uzatish, dvigatel gaz taqsimlash mexanizmidan aniq uzatma nisbatini ta'minlash.

Tishli uzatma- bu tishli g'ildiraklar va reykalar vositasida harakatni uzatish uchun mo'ljallangan mexanizmdir. Bu mexanizmlar aylanishlar soni orasidagi munosabatni ta'minlash, kuchni, aylantiruvchi momentni bir valdan ikkinchisiga uzatish uchun keng qo'llaniladi.

Tishli uzatmalarning ishlash tamoyili bir juft tishli g'ildiraklarning ilashishiga asoslanadi(13.1- rasm).

Tishlarning g'ildiraklarda joylashishiga ko'ra esa uzatmalar to'g'ri va qiya tishli bo'lishi mumkin.

G'ildiraklarning shakliga va o'qlarning o'zaro joylashishiga qarab tishli uzatmalar **silindrsimon** o'qlar parallel , **konussimon** (o'qlar kesishadi) **vintli**, **gipoidli** va **chervyakli** (o'qlari ayqash) bo'lishi mumkin(13.1- rasm).



13.1-rasm. Tishli uzatmalarning turlari.

Tishli g'ildiraklarni tayyorlashda, ularning aniqligiga katta e'tibor qaratilishi kerak, chunki ularni tayyorlash xatoligi qo'shimcha dinamik yuklanishlarni, shovqinni, tebranishlarni va aylanish notekisligini keltirib chiqaradi.

Tish profil shakli bo'yicha uzatmalar evolventali va aylanma tishli turlarga ajratiladi. Texnikada L. Eyler tomonidan 1760 yilda taklif etilgan evolventa profilli tishlarni qo'llash keng tarqalgan. Bunga sabab ularning texnologik va ekspluatatsion xossalarining afzalligidir. Tishlarning aylanma profilini shakli esa M. L. Novikov tomonidan 1954

yili fanga kiritilgan bo'lib, uzatmalarning yuklanish qobiliyatini ko'tarishga erishilgan.

Foydalanish vositasiga ko'ra tishli uzatmalar quyidagi asosiy guruhlariga bo'linadi hisobli, tezlik, kuchli va umumiy vazifadagilar.

Hisob uzatmalari- yuqori kinematik aniqlikni yoki aniq uzatish munosabatini ta'minlash lozim. Bu guruh uzatmalarga gaz taqsimlash mexanizmining tishli g'ildiraklari, dizel yoqilg'i nasosining shesternyasi va reykasi, soat tipidagi indikatorning tishli uzatmalari kiradi.

Tezlik uzatmalari- ravon ishlashni ta'minlashi, shovqinsiz va tebranishsiz ishlashlari lozim. Tishli g'ildiraklarning aylanish tezligi oshib borishi bilan ravon ishlashlariga talab oshib boradi. Bu uzatmalarning muhim xususiyatlaridan biri bo'lib, tishlarni to'liq tutashishi va tishlarni tutashmaydigan profil orasida kafolatlangan yon tirqishning bo'lishidir.

Tezlik uzatmalariga, uzatmalar qutisi, turbokompressorlar uzatmasi, turbinali reduktor uzatmalari, metal qirqish dastgohlarining tezlik qutilari kiradi. Uzatmalar o'rta modul va tishning anchagina uzunligi bilan tavsiflanadi.

Kuch uzatmalar- tishlarning to'liq tutashishini ta'minlash lozim, chunki ular katta yuklanishlarda ishlatiladi. Bu guruh uzatmalarga katta yuklanishlarda lekin kichik tezliklarda ishlaydigan traktor bort uzatmalari, yuk ko'tarish mashinalarining reduktorlari, uzatmalar qutisi, orqa ko'priki kiradi.

Kuchli mexanizmlar tishning katta moduli va uzunligi, kichik tezliklari va katta aylantiruvchi moment uzatishlari bilan tavsiflanadi.

Umumiy vazifadagi – uzatmalarga kinematik aniqlik, ravon va shovqinsiz ishlashga, tishlar kontaktida yuqori darajadagi talablar qo'yilmaydigan asboblari va mashinalarning tishli uzatmalari kiradi.

Tishli uzatmalarning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

-yuklanish qobiliyatining yuqoriligi va tashqi o'lchamlarining kichikligi;

- katta umrboqiylikka va ishonchlilikka egaligi;

- yuqori foydali ish koeffitsienti (0,97-0,98 gacha);

- sirpanishning mavjud emasligi hisobiga uzatishlar nisbatning doimiyligi;

- keng tezlik (150 m/s gacha), quvvat (o'n minglab kVt) va uzatishlar nisbati (bir necha yuz, hatto ming) oraliqda qo'llash imkoniyati;

- xizmat ko'rsatishning oddiyligi;

- val va uning tayanchlariga tushadigan kuchlanishlarning nisbatan kichikligi.

Tishli uzatmalarning geometriyasi va kinematikasi.

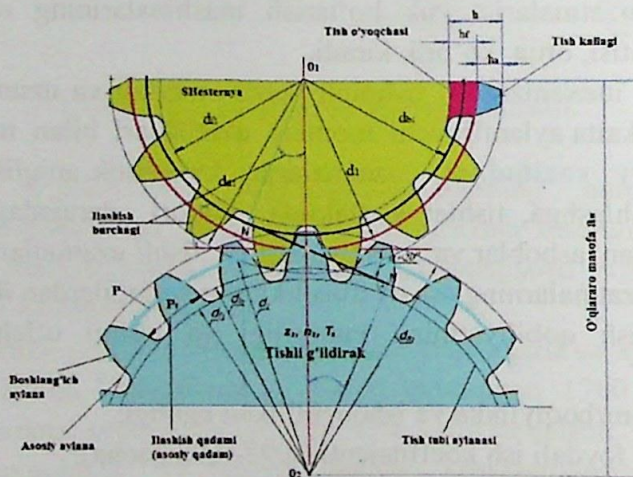
Tishli uzatmalar GOST 1643-81 ga muvofiq hamda foydalanish talablariga ko'ra tishli uzatmalarning hamma parametrlari uchta guruhga bo'linadi.

1. Aniqlikni ta'minlovchi parametrlar.
2. Ravon ishlashni ta'minlovchi parametrlar.
3. Tishlarni tutashishini ta'minlovchi parametrlar.

Aksariyat holatlarda tishli uzatmalar ikkita yoki undan ko'p g'ildiraklardan tashkil topadi. Valga o'rnatilgan va aylanma harakatni uzatuvchi tishli g'ildirak **yetaklovchi**, harakatni oluvchi valga o'rnatilgani esa **yetaklanuvchi** deyiladi.

Birikmadan g'ildiraklarning kichigi **shesternya**, kattasi **g'ildirak** deyiladi.

Tishli g'ildirakning asosiy o'lchamlari (13.2- rasmda) keltirilgan.



13.2- rasm. Tishli uzatmaning asosiy parametrlari.

Z_1 va Z_2 -shesternya va g'ildirak tishlari soni;

Ilashish qadami R_t - ikki qo'shni tish profili bir xil nomlanishli tomonlar (sirtlari) orasidagi masofa bo'lib mm hisobida bo'luvchi aylana yoyi bo'ylab o'lchanadi. Qadam (R_t) bo'luvchi aylana uzunligining tishlar soni (Z) ga bo'linganiga teng.

P -boshlang'ich tishli reyka qadamiga teng bo'lgan tishlarning bo'luvchi aylanma qadami;

$P = p \cos \alpha$ - tishlarning asosiy aylanma qadami;

Bo'luvchi aylana diametri har qanday aylananing uzunligi $\ell_{a\ddot{u}} = \pi d$ ga teng.

Bo'luvchi aylana uzunligi qadam bilan tishlar sonining ko'paytmasiga teng ya'ni $\ell_{a\ddot{u}} = P_t \cdot Z$ bu yerdan

$$\pi d = P_t \cdot Z$$

$$d = \frac{P_t Z}{\pi} = m \cdot Z$$

m - tishli ilashmaning moduli.

Modul m deb, bo'luvchi aylana diametrida bitta tishga to'g'ri keladigan mm hisobidagi uzunlikka aytiladi.

$$m = \frac{p}{\pi}$$

Tishli uzatmalar moduli

13.1- jadval

Qator-lar	Modul, mm												
I	...1	1,25	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
II	...1,25	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18

Ilashish burchagi. α_w -ilashish burchagi yoki boshlang'ich profil burchagi:

$$\alpha_w = \frac{d \cos \alpha}{d_w}$$

Asosiy aylana diametri.

$$d_b = d \cos \alpha$$

Boshlang'ich aylana diametri d_1 va d_2 (bu diametrlar bo'yicha g'ildiraklar bir- biriga aylanish jarayonida dumalaydi).

$$d_1 = \frac{2\alpha_w}{\frac{z_2}{z_1} + 1} = \frac{2\alpha_w}{U + 1} \quad \text{va} \quad d_2 = 2\alpha_w - d_1$$

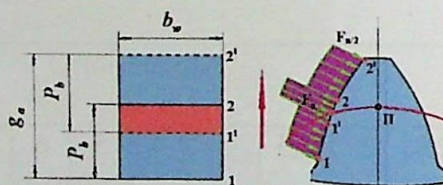
Tishning balandligi:

$$h = m + 1,25m = 2,25 m$$

Uzatish nisbati i - yetakchi g'ildirak burchak tezligi (ω_1) ning yetaklanuvchi g'ildirakning burchak tezligi (ω_2) ga nisbati, yoki tishlarning soniga teskari proporsional va har doim birdan katta bo'ladi.

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Z_2}{Z_1} > 1$$

Yon qoplanish koeffitsienti ε_α va tish profili bo'yicha yuklanishning o'zgarishi.



13.3- rasm. Kontakt chizig'ining siljishi.

G'ildiraklar aylanganda tishlarning kontakt chizig'i ilashish maydonida siljiydi (13.3- rasm), ilashish maydonining tomonlari ilashish chizig'ining faol uzunligi (g_a) va tishning eni (b_w) bilan chegaralanadi.

Ilashish maydonida goh bir juft, goh ikki juft tishlarning o'zaro kontakti yuz beradi. Bir juft ilashish zonasining o'lchami (1' -2 zonasi) yon qoplanish koeffitsientining miqdoriga bog'liq bo'ladi:

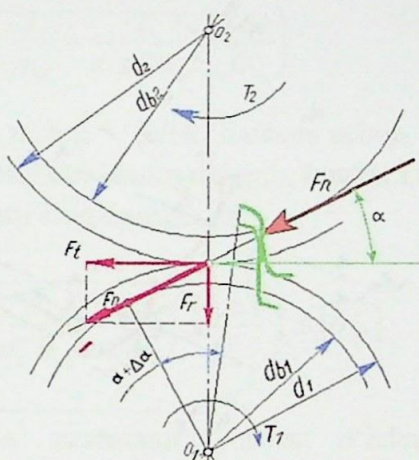
$$\varepsilon_a = \frac{g_a}{P_b}$$

va uzliksiz ilashish shartiga ko'ra $\varepsilon_a \geq 1$ bo'lishi kerak

To'g'ri tishli silindrsimon uzatmalardagi kuchlar.

To'g'ri va qiya tishli silindrsimon uzatmalarni mustahkamlikka hisoblash GOST 21354-87 bilan bir andozaga solingan.

Ilashmadagi kuchlar. 14.1- rasmda F_n -ilashish chizig'i bo'ylab tishlar sirtiga tik yo'nalgan umumiy kuchdir.



14.1- rasm. Ilashmadagi kuchlar

Ilashmadagi kuchlarni ilashish qutibiga keltirish qabul qilingan bo'lib, F_n kuch aylana F_t va radial F_r kuchlarga ajratiladi, bu esa val va tayanchlarni keyinchalik hisoblashda qulaydir. Berilgan T va d bo'yicha aylanma kuch topiladi.

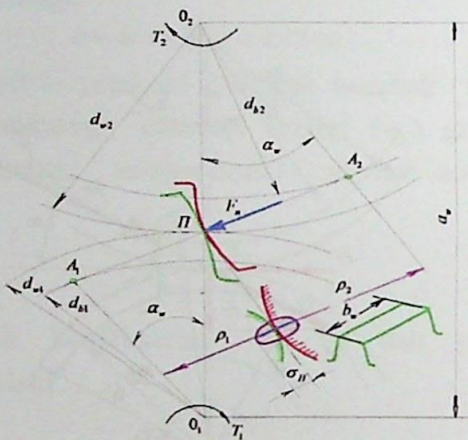
$$F_t = \frac{2T_1}{d_{w1}} = \frac{2T_1}{d} \quad 14.1$$

Aylanma kuch yordamida boshqa kuchlar: radial F_r va F_n kuchlar aniqlanadi.

$$F_r = F_t \operatorname{tg} \alpha_w \quad \text{va} \quad F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha_w} \quad 14.2$$

Tishlar mustahkamligini kontakt kuchlanishlar bo'yicha hisoblash

Kontakt kuchlanishlarni tishlarning ilashish qutbidagi o'zaro kontaktli holati bo'yicha hisoblash qabul qilingan. Tishlarning kontaktini ρ_1 va ρ_2 egrilik radiusiga ega bo'lgan ikkita silindrning kontakti kabi tasavvur qilish mumkin.



14.2 – rasm. Tishlarni kontakt mustahkamlikka hisoblashga doir chizma.

Bunda kontakt kuchlanishlar bizda ma'lum bo'lgan

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{q E_{kel}}{\rho_{kel}}} \quad 14.3$$

To'g'ri tishli uzatmalar uchun solishtirma yuklamaning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$q = \frac{2T_1 K_H}{d_1 b_w \cos \alpha_w} \quad 14.4$$

Kontakt nuqtasidagi tishlar evolventalarning egrilik radiuslari

$$\rho_1 = 0,5d_1 \sin \alpha_w; \quad \rho_2 = 0,5d_2 \sin \alpha_w; \quad 14.5$$

Ma'lum $1/\rho_{ket} = 1/\rho_1 \pm 1/\rho_2$ munosabatga ρ_1 va ρ_2 ni qiymatlarini qo'yib, uni quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin;

$$\frac{1}{\rho_{ket}} = \frac{2}{d_1 \sin \alpha_w} \left(\frac{U \pm 1}{U} \right) \quad 14.6$$

Bu yerda; "+" belgisi tashqi "-" ichki ilashma uchun.

Yuqoridagi formulalardan foydalanib, kontak kuchlanishni hisoblash munosabatini aniqlaymiz.

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{E_{ket} T_1 K_H}{d_1^2 b_{w1} \sin \alpha_w} \left(\frac{U \pm 1}{U} \right)} \leq [\sigma_H] \quad 14.7$$

Ushbu formula uzatmaning zarur o'lchamlari va boshqa parametrlari avvaldan ma'lum bo'lganda tekshiruv hisobini amalga oshirish uchun qo'llanadi. Loyihaviy hisobda berilgan asosiy tavsiyalar (burovchi moment va uzatishlar soni) bo'yicha uzatmaning o'lchamlarini aniqlash zarur bo'ladi. Shu maqsadda yuqoridagi formula d_1 yoki a_w ga nisbatan yechiladi. Boshqa noaniq parametrlar taxminan tanlanadi yoki to'plangan tajribalar asosidagi tavsiyalar bo'yicha qabul qilinadi.

Yuqoridagi formulaga bir qancha o'zgartirishlar kiritib, uni d_1 ga nisbatan yechsak quyidagi hosil bo'ladi.

$$d_1 = 1,353 \sqrt{\frac{E_{kel} T_1 K_{H\alpha} K_{H\beta}}{[\sigma_H]^2 \psi_{bd}}} \left(\frac{U \pm 1}{U} \right) \quad 14.8$$

Yuqoridagi formulada $T_1 \approx \frac{T_2}{U}$; $d_1 = \frac{2a_w}{U \pm 1}$ deb qabul qilib, g'ildirak eni koeffitsientini $\psi_{ba} = \frac{b_w}{a_w}$ sifatida kiritib va a_w ga nisbatan yechsak va

$$\psi_{bd} = 0,5 \psi_{ba} (U \pm 1) \quad 14.9$$

ifodani e'tiborga olsak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$a_w = 0,85 (U \pm 1) \sqrt{\frac{E_{kel} T_2 K_{H\alpha} K_{H\beta}}{[\sigma_H]^2 U^2 \psi_{ba}}} \quad 14.10$$

Silindrik tishli g'ildirakli uzatmalarni hisoblashda uning o'lchamlari o'qlararo masofaga ko'proq bog'liq bo'lgani uchun amaliyotda yuqoridagi formula kengroq ishlatiladi.

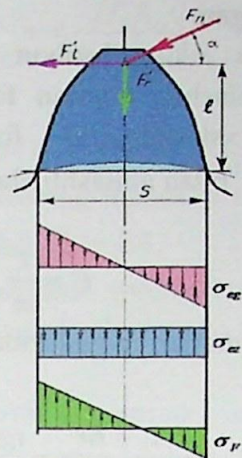
Tishlar mustahkamligini eguvchi kuchlanishlar bo'yicha hisoblash.

1. Uzatmalarni loyihalashda g'ildirak tishlarini egilishdagi kuchlanishga chidamliligini aniqlash asosiy hisoblardan biridir. Bunda quyidagi soddalashtirishlar kiritiladi (14.3 –rasm):

a) tishga ta'sir etuvchi kuch uning uchiga qo'yilgan bo'lib, xarakat faqat bitta tish tish vositasida uzatiladi deb olinadi;

b) ishqalanish kuchi kam ta'sir ko'rsatganligi uchun hisoblashlarga e'tiborga olinmaydi;

v) tish konsolli balka deb qaraladi, bu holda tish uchun yassi kesimlar gipotezasi yoki Materiallar qarshiligi kursidan ma'lum bo'lgan hisoblash usullari o'rinli sanaladi. Tishning istalgan qismidagi tekis kesim tishning deformatsiyalangan holatida ham o'zgarishsiz qoladi. Kuchlanishlarni aniq hisoblash ko'ndalang kesim balandligi bilan bir xil bo'lgan elementlarda elastiklik nazariyasi usullari bilan amalga oshirilishi mumkin



14.3-rasm. Tishlar mustahkamligini eguvchi kuchlanishlarga hisoblash

Ma'lumki, g'ildirakning ilashishida tishlarga ta'sir etadigan asosiy kuch - F_n bo'lib, u ilashish chizig'i bo'yicha tishlarning sirtiga tik yo'naladi (14.3-rasm). Hisobni osonlashtirish uchun bu kuch ilashish qutbiga ko'chirilib, tashkil etuvchi aylanma kuch - F_t , radial kuch - F_r larga ajratiladi. Bu kuchlardan tish asosida hosil bo'ladigan eguvchi kuchlanishning umumiy qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$\sigma_F = \sigma_{\text{egv}} - \sigma_{\text{siq}} = \frac{F_t \ell}{W} - \frac{F_r}{A} \quad (14.11)$$

bu yerda: σ_{egv} - eguvchi momentdan hosil bo'ladigan kuchlanish;

σ_{siq} - radial kuchdan hosil bo'ladigan siquvchi kuchlani

$$W = \frac{b_w S^2}{6} - \text{egilishdagi kesim qarshilik momenti;}$$

$A = b_w S$ tish asosi yuzasi;

b_w - tishning uzunligi;

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, kuchlanishning absolyut qiymati tolalar siqilgan tomonda katta bo'lsa ham, tishlar aksariyat tolalar cho'zilgan tomondan sinadi. Shuning uchun yuqoridagi tenglikda σ_{siq}

Unga (-) ishorasi qo'yilgan.

Formulalarda ℓ , s ning absolyut qiymatlarini aniqlash qiyin bo'lganligi tufayli hisoblashda ulardan foydalanish noqulay. Har xil tishlar tishlarning o'xshashligidan foydalanib, ular o'lchamsiz koeffitsientlar ya'ni ℓ^1 , s^1 bilan almashtiriladi.

$$\ell^1 = \frac{\ell}{m}, \quad s^1 = \frac{s}{m}$$

Bu koeffitsient qiymatlarini yuqoridagi formulaga qo'yib qo'yib quyidagi ifoda olinadi:

$$\sigma_F = \frac{F_t k_F}{b \cdot m} \left[\frac{6\ell^1}{(s^1)^2} - \frac{tg\alpha}{s^1} \right] k''$$

Bu yerda K_F – yuklanish koeffitsienti, $K_F = K_{F\beta} \cdot K_{Fa} \cdot K_{Fv}$;

$K_{F\beta}$ – tashqi kuchlarni tishlararo taqsimlanishini hisobga oluvchi koeffitsient;

K_{Fa} – tishlar eniga ta'sir etuvchi kuchni notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koeffitsient;

K_{Fv} – qo'shimcha dinamik kuchlarni hisobga oluvchi koeffitsient;

k'' – kuchlanishlar to'planishini hisobga oluvchi nazariy koeffitsient.

Bu ifodada $Y_F = \left[\frac{6\ell^1}{(s^1)^2} - \frac{tg\alpha}{s^1} \right] k''$ tish shakli koeffitsienti.

Demak, egilishdagi kuchlanishning hisobiy qiymati:

$$\sigma_F = \frac{F_t Y_F k_{Fa} k_{F\beta} k_{Fv}}{b \cdot m} \leq [\sigma_F]$$

bu yerda $[\sigma_F]$ – eguvchi kuchlanishning joiz qiymati;

Y_F – tish shaklining qiymati siljish koeffitsienti χ bilan tishlar soni z ga bog'liq.

Loyihalanayotgan uzatma g'ildaraklarining modulini aniqlashda (14?) formulada $F_t = \frac{2T_2}{d_2}$ deb qabul qilsak va m ga nisbatan yechsak quyidagi hhosil bo'ladi.

$$m = \frac{2T_2 K_m}{b_2 d_2 [\sigma_F]}$$

Bu yerda: $K_m = Y_F K_{F\alpha} K_{F\beta}$ - qo'shimcha koeffitsient bo'lib uning o'rtacha qiymati to'g'ri tishli silindrsimon g'ildiraklar uchun $K_m = 6,8$, qiya tishli silindrsimon g'ildiraklar uchun $K_m = 5,8$.

Aniqlangan modul qiymati standart bo'yicha yaxlitlanadi. bu qiymat qancha kichik bo'lsa tish soni shuncha ko'p bo'ladi.

2. Chervyakli uzatmaning geometriyasi va kinematikasi.

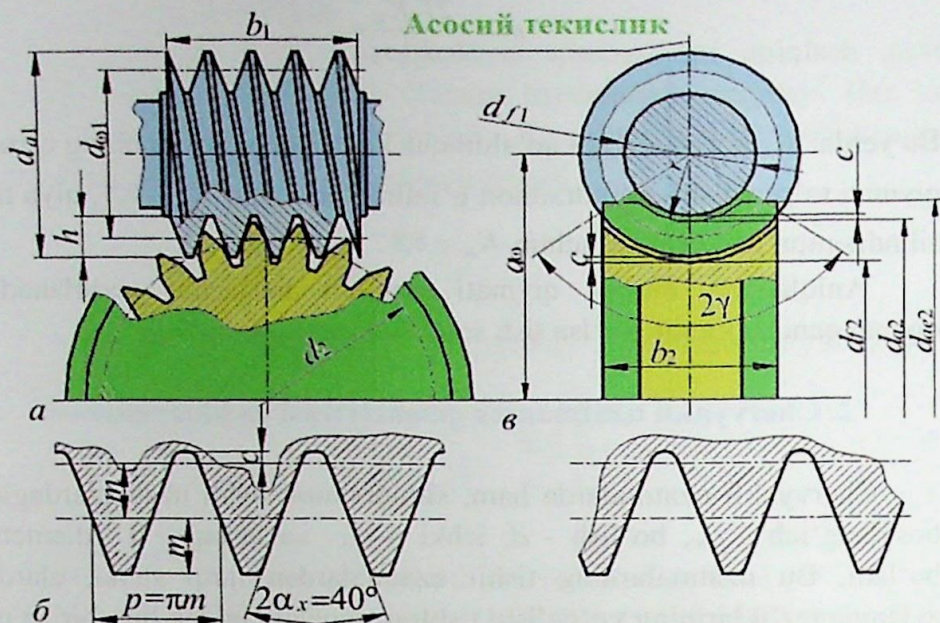
Chervyakli uzatmalarda ham, silindrsimon tishli uzatmalardagidek boshlang'ich - d_w , bo'lish - d , ichki - d_f , va tashqi - d_a diametrlar bo'ladi. Bu uzatmalarning tishli uzatmalardan farqi shuki, ulardagi aylanma tezliklarining yo'nalishi tishli uzatmalardagidek bir-biriga mos bo'lmay, ayqashlik burchagi ostida kesishadi. Ilashmaning qadami sifatida reykaning chervyak o'qi bo'ylab o'tgan tekislik bilan kesilganda xosil bo'lgan qadam - R_t , modul sifatida esa, $m = R_t / \pi$ olinadi.

Chervyakning umumiy tuzilishi hamda ishlashi trapesiya profilli vintli juftlikga o'xshaydi. Uning rezbasi bir kirimli yoki ko'p kirimli bo'lishi mumkin. Kirimlar soni $Z_1 = 1, 2, 4$ bo'ladi.

Arximed chervyagining geometrik parametrlari (2.7 - rasm):

$\alpha = 20^\circ$ - o'q bo'ylab o'tkazilgan kesimdagi profil burchagi;

$d_1 = m q$, bu yerda q - chervyakning diametr koeffitsienti (nisbiy diametr) bo'lib, bo'lish diametridagi modullar sonini bildiradi va uning



2.7 -rasm

qiymati modulga qarab jadvaldan tanlanadi, yoki $q = 0,25 Z_1$ deb olish tavsiya etiladi.

$$d_{a1} = d_1 + 2m, \quad d_{f1} = d_1 - 2,4m.$$

b_2 - g'ildirakning eni va sirtqi diametri- D_H chervyakning kirmilar soniga bog'liq bo'lib,

$$Z_1 = 1 \text{ bo'lsa, } D_H = d_{a2} + 2m, \quad b_2 = 0,75 d_{a1}.$$

$$Z_1 = 2 \text{ bo'lsa, } D_H = d_{a2} + 1,5m, \quad b_2 = 0,75 d_{a1}.$$

$$Z_1 = 4 \text{ bo'lsa, } D_H = d_{a2} + m, \quad b_2 = 0,67 d_{a1}.$$

b_1 - chervyakning o'ramlar qirrilgan qismi uzunligi. Uning qiymati Z_1 va siljish koeffitsientiga qarab aniqlanadi. Siljish koeffitsienti nolga teng bo'lib,

$$Z_1 = 1 \text{ va } Z_1 = 2 \text{ bo'lganda } b_1 \geq (11 + 0,06 Z_2) m$$

$$Z_1 = 4 \text{ bo'lganda } b_1 \geq (12,5 + 0,09 Z_2) m.$$

Chervyak g'ildiragining asosiy o'lchamlari (2.7-rasm):

$$d_2 = m Z_2; \quad d_{a2} = d_2 + 2m; \quad d_{f2} = d_2 - 2,4m;$$

$h_a = m$; $h_f = 1,2m$ -tish kallagi va oyoqchasi balandligi.

γ -chervyak o'ramining ko'tarilish burchagini jadvaldan tanlash yoki quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\operatorname{tg} \gamma = l / \pi d_1 = P_1 z_1 / \pi m q = m z_1 / m q = z_1 / q .$$

Chervyak g'ildiragining tishi chervyak tanasini yoy bo'ylab $\gamma \approx 100^\circ$ burchak ostida qamrab turadi. Tishlar soni $Z_2 \geq 28$ qilib olish tavsiya etiladi.

Markazlararo masofa:

$$a_w = 0,5 m (q + Z_2).$$

G'ildirakning qolgan o'lchamlari o'zgarmaydi. Odatda tuzatish (korreksiya) koeffitsienti $\xi = \pm 1$ qilib olinadi. Chervyak g'ildiragining hamda chervyak boshlang'ich aylanasing aylanma tezliklari har xil bo'lib, bir-biri bilan 90° burchak hosil qiladi. Shuning uchun chervyakli uzatmalarda uzatish sonini boshlang'ich aylanalarning diametrlari orqali ifodalab bo'lmaydi, ya'ni:

$$U \neq d_2 / d_1.$$

Agar chervyak bir kirimli qilib tayyorlangan bo'lsa, u bir marta aylanganda, g'ildirak o'z o'qi atrofida bitta tishga mos burchakka buriladi. Demak g'ildirakning bir marta to'la aylanishi uchun chervyak, g'ildirak tishlari soni qancha bo'lsa, shuncha aylanishi kerak. Boshqacha qilib aytganda, bir kirimli chervyak bilan ishlaydigan uzatmaning uzatish soni, g'ildirak tishlarining soniga teng. Ikki kirimli chervyak bilan ishlaganda esa uzatish soni g'ildirak tishlarining sonidan ikki marta kichik bo'ladi.

Shunday qilib, chervyakli uzatmalarda uzatish soni quyidagicha bo'ladi:

$$U = n_1 / n_2 = z_2 / z_1.$$

bu yerda n_1 – g'ildirakning aylanishlar soni, s^{-1} ;

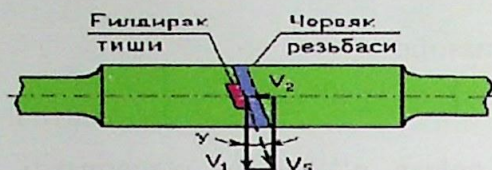
n_2 – chervyakning aylanishlar soni, s^{-1} ;

z_1 – chervyakning kirimlar soni;

Z_2 – g'ildirakning tishlar soni;

3. Chervyakli uzatmada sirpanish.

Xarakatdagi chervyakning o'ramlari g'ildirak tishlarining yon sirtida sirpanadi. **Sirpanish tezligi** V_s chervyakning vint chizig'iga urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi. Uning qiymatini chervyak va g'ildirak aylana tezliklarining qiymatlaridan foydalanib aniqlash mumkin (2.9-rasm).



2.9 – rasm.

$$V_s = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \frac{V_1}{\cos \gamma} : V_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60} : V_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60} : \frac{V_2}{V_1} = \tan \gamma$$

Bu yerda γ - chervyak vint chizig'ining ko'tarilish burchagi. Odatda $\gamma < 30^\circ$ bo'lganligi uchun V_2 doimo V_1 dan V_1 esa V_s dan kichik bo'ladi. Shu sababli, tishlar tez yeyiladi va uzatmaning foydali ish koeffitsiyenti nisbatan kichik bo'ladi.

Uzatmani loyihalashda sirpanish tezligining taxminiy qiymatini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$V_s \approx 4,3 n_1 \sqrt[3]{T_2} \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

bu yerda n_1 – chervyakning aylanishlar soni, s^{-1} ;

T_2 – chervyakli g'ildirak validagi burovchi moment, Nm.

4. Chervyakli uzatmaning foydali ish koeffitsienti.

Chervyakli uzatmaning **foydali ish koeffitsienti** (f.i.k.) quyidagicha aniqlanadi:

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

Demak, chervyakli uzatmaning f.i.k. ni vint chizig'ining ko'tarilish burchagi γ -ni oshirish yoki ishqalanish burchagi ρ -ni kamaytirish

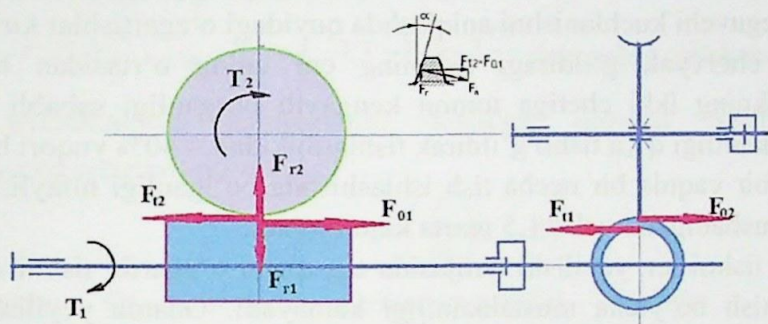
hisobiga oshirish mumkin. Odatda chervyak yetaklovchi bo'ladi, lekin xara-katni g'ildirakdan chervyakka uzatish ham mumkin. Bunday

xollarda $\eta = \frac{\operatorname{tg}(\gamma + \rho)}{\operatorname{tg}\gamma}$ bo'ladi. Bundan ko'rinib turibdiki $\gamma \leq \rho$ qilib

olinsa, $\eta < 0$ bo'ladi. Demak, bunday xollarda xarakatni g'ildirakdan chervyak-ka uzatib bo'lmaydi, ya'ni uzatma o'zi tormozlanadigan juftga aylanadi. Chervyakli uzatmaning bu xususiyatidan ko'tarish mashinalarida foydalaniladi. Tabiiyki o'zi tormozlanadigan chervyakli uzatmalarda $\gamma < \rho$ bo'lganligi uchun, ifodaga ko'ra, ularning f.i.k. ortig'i bilan 0,5 ga teng bo'lishi mumkin.

5. Chervyakli uzatmada hosil bo'ladigan kuchlar.

Ishlayotgan uzatmaning chervyak va g'ildirakida **aylanma** - F_t , **radial** - F_r va **o'q bo'ylab yo'nalgan kuchlar** - F_a paydo bo'ladi (2.10-rasm).



2.10 – rasm.

Chervyakdagi aylana kuch:

$$F_{t1} = 2 T_1 / d_1 = F_{a2}.$$

G'ildirakdagi aylana kuch: $F_{t2} = 2 T_2 / d_2 = F_{a1}.$

Uzatmadagi radial kuch: $F_{r2} = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha.$

Chervyak va g'ildirakdagi burovchi momentlar o'zaro quyidagicha bog'langan bo'ladi: $T_2 = T_1 \cdot U \cdot \eta.$

1. Tishlarni mustahkamlikka hisoblash.

Chervyakli uzatmalarning ishchanlik qobiliyati va ularni hisoblashning asosiy mezonlari. Chervyakli uzatmalar tishli uzatmalarni hisoblagandek eguvchi va kontakt kuchlanishlar bo'yicha hisoblanadi. Bunday uzatmalarda tishli uzatmalardan farqli ravishda ko'pincha yeyilish va qadalish kuzatiladi.

Chervyakli uzatmalarda eguvchi kuchlanishga faqat chervyak g'ildiragining tishlari hisoblanadi, chunki chervyak po'latdan tayorlanganligi uchun o'ramlarning mustahkamligi doimo g'ildirak tishlarinikidan yuqori bo'ladi.

Chervyak g'ildiragi tishlarini egilishga hisoblash qiya tishli silindrsimon g'ildirakniki kabi olib boriladi. Lekin chervyak g'ildiragi tishining asosini ko'ndalang kesimi shakli silindrik qiya tishli g'ildiraknikidan farq qiladi. Bundan tashqari, tish asosi to'g'ri chiziq bo'yicha emas, balki aylana yoyi bo'yicha joylashgan bo'ladi. Shuning uchun eguvchi kuchlanishni aniqlashda quyidagi o'zgartishlar kiritiladi:

a) chervyak g'ildiragi tishining eni uning o'rtasidan boshlab, g'ildirakning ikki chetiga tomon kengayib borganligi sababli uning mustahkamligi qiya tishli g'ildirak tishlarinikidan $\approx 40\%$ yuqori bo'ladi;

b) bir vaqtda bir necha tish ishlashishda bo'lganligi tufayli, xar bir tishga tushadigan kuch $\approx 1,5$ marta kam bo'ladi;

v) tishni tez yeyilishi natijasida tag qismi o'zgarib, tishni eguvchi kuchlanish bo'yicha mustahkamligi kamayadi. Odatda yeyilish ko'pi bilan 15 – 20% bo'lishi ruxsat etiladi.

Shularni e'tiborga olib, $Y_e = 0,74$; (Chervyak g'ildiragi shaklining xususiyatlarini tish shakli) $Y_\beta = 0,93$; $\gamma = 10^0$ qabul qilsak chervyak g'ildiragining tishlarini eguvchi kuchlanish bo'yicha hisoblash uchun quyidagi formulani keltirish mumkin:

$$\sigma_F = 0,74 Y_F \frac{F_{t2} K_F}{B_2 m_n} \leq [\sigma_F] \quad 19.1$$

bu yerda F_{t2} – g'ildirakdagi aylanma kuch, N;

K_F - hisobiy yuklama koeffitsienti;

b_2 – g‘ildirakning eni;

m_n – normal modul; $m_n = m \cos \gamma$

Y_{F2} -tish shaklining koeffitsienti, tishlar sonining “keltirilgan” qiymatiga nisbatan jadvaldan tanlanadi, bunda

$$z_v = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma}$$

Hisobiy yuklamalarni aniqlash. Chervyakli uzatmalar uchun ularning tuzilish xususiyatlarini etiborga olib hisobiy yuklamani taxminan quyidagicha qabul qilinadi.

$$K_H = K_F = K_v K_\beta$$

Bu yerda: K_v - yuklamaning dinamiklik koeffitsienti;

K_β - yuklamaning jamlanishini hisobga oluvchi koeffitsient.

Chervyakli uzatmalar ravon va shovqinsiz ishlaydi. Uzatmada dinamikaviy yuklamalar katta emas. Yuqori tayyorlash aniqligida sirpanish tezligiga bog‘liq holda

$$K_v \approx 1 - V_s \leq 3 \frac{m}{s} \quad \text{va} \quad K_v \approx 1 \dots 1,3 - V_s > 3 \frac{m}{s} \quad \text{deb qabul qilish mumkin.}$$

K_β - yuklamaning jamlanishini hisobga oluvchi koeffitsienti quyidagicha aniqlash mumkin.

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\Theta} \right) (1 - X)$$

Bu yerda: Θ - chervyak deformatsiyasini hisobga oluvchi koeffitsient; (247 bet 12.5- jadvaldan olinadi).

X - uzatmadagi yuklanish maromini e‘tiborga oluvchi koeffitsient (qiymati 12.6- jadvaldan olinadi).

Uzatmani kontakt kuchlanish bo‘yicha hisoblash

Chervyakli uzatmalarni kontakt kuchlanishga hisoblashda ham tishli uzatmalardagi kabi Gers formulasidan foydalaniladi:

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{q E_{kel}}{\rho_{kel}}}$$

Arximed chervyagi uchun o'q bo'ylab o'tgan tekislikda xosil bo'lgan o'ram kesimi to'g'ri chiziq bo'lgani uchun uning egrilik radiusi cheksiz bo'ladi. Shuning uchun keltirilgan egrilik radiusi ρ_{kel} ni aniqlashda chervyak o'ramining sirti e'tiborga olinmaydi, chervyak g'ildiragini esa odatdagi qiya tishli silindrik g'ildirak deb qarash mumkin, ya'ni

$$\frac{1}{\rho_{kel}} \approx \frac{2 \cos^2 \alpha}{(d_2 \sin \alpha)} \text{ bo'ladi.}$$

Iltimos chizig'idagi bosim qiya tishli uzatmalardagidek chervyakli uzatmalarda ham uzunlik birligiga to'g'ri keladigan bosim quyidagicha ifodalanadi.

$$q_u = \frac{F_n K_H}{\ell_\Sigma} = \frac{F_{t2} K_H}{\ell_\Sigma \cos \alpha \cos \gamma} = \frac{2 T_2 K_H}{d_2 d_1 \delta \varepsilon_\alpha \xi \cos \alpha}$$

Bu yerda: $\ell_\Sigma = \frac{d_1 \delta \varepsilon_\alpha \xi}{\cos \gamma}$ - kontakt chizig'ining yig'indi uzunligi;

$\varepsilon_\alpha = 1,8 \dots 2,2$ - chervyak g'ildiragining o'rta kesimidagi yon qoplanish koeffitsienti;

$\xi \approx 0,75$ - qamrov yoyi (2δ) bo'yicha kontaktning to'lik emasligidan kelib chiqib, kontakt chizig'i uzunligining kamayishi xisobiga oluvchi koeffitsient;

Yuqorilardagidan kelib chiqib Gers formulasidan foydalangan holda quyidagini aniqlaymiz.

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{E_{kel} T_2 K_H \cos^2 \gamma}{d_2^2 d_1 \delta \varepsilon_\alpha \xi \sin 2\alpha}} \leq [\sigma_H]$$

Loyiha hisobi uchun yuqoridagi formulani d_2 ga nisbatan yechiladi.

Bunda $d_1 = qm = \frac{q d_2}{z_2}$; $\alpha = 20^\circ$; $K_H \approx 1,1$; $\gamma \approx 10^\circ$;

$2\delta \approx 100^\circ \approx 1,75 \text{ rad}$; $\varepsilon_\alpha = 1,8$; $\xi = 0,75$ ekanligini e'tiborga olinadi va quyidagi topiladi.

$$d_2 = 1,25 \sqrt{\frac{E_{kel} T_2}{[\sigma_H] \left(\frac{q}{z_2} \right)}}$$

O'qlararo masofa

$$a_w = \frac{d_2 \left(\frac{q}{z_2} + 1 \right)}{2}$$

E'tiborga olinib, yuqoridagi formula o'qlararo masofa a_w ga nisbatan yechiladi.

$$a_w = 0,625 \left(\frac{q}{z_2} + 1 \right) \sqrt[3]{\frac{E_{kel} T_2}{[\sigma_H]^2 \left(\frac{q}{z_2} \right)}}$$

Masala №1. Berilgan 2 pog'onali uch o'qli silindrik uzatmani hisoblang.

Uzatma ishchi valining quvvati $R_{iv}=8\text{kVt}$, $n_{iv}=146_{\text{ayl min}}$, $n_{dv}=1460_{\text{ayl min}}$,

$L_h=10000\text{soat}$.

I.Uzatmaning kinematikasi.

1.Uzatma vallaridagi quvvatlar.

$R_3 = P_{iv} = 8\text{kVt}$, $R_2 = P_3/\eta_3 = 8/0,98 = 8,16 \text{ kVt}$, $R_1 = P_2/\eta_1 = 8,16/0,98=8,32\text{kVt}$.

2.Uzatmaning umumiy uzatish soni va vallarning aylanish soni.

$U_{um} = n_{dv} / n_{iv} = 1460 / 146 = 10$.

Uzatmaning birinchi pog'onasi uchun $U_1=4$ tanlaymiz, ikkinchi pog'onasi

uchun: $U_{11} = U_{um} / U_1 = 10/4=2,5$

$n_1=1460_{\text{ayl min}}$, $n_2 = n_1/U_1 = 1460 / 4 = 365_{\text{ayl min}}$. $N_3=n_2/U_{11}=360 / 2,5=146_{\text{ayl min}}$

3.Uzatma vallaridagi burovchi momentlar.

$T_1=9550 \cdot R_1/n_1=9550 \cdot 8,32 / 1460 = 54,42 \text{ H}\cdot\text{m}$

$T_2=9550 \cdot P_2/n_2=9550 \cdot 8,16 / 365 = 213,5 \text{ H}\cdot\text{m}$

$$T_3 = 9550 \cdot P_3 / n_3 = 9550 \cdot 8,0 / 146 = 523,29 \text{ H} \cdot \text{m}$$

II. Uzatma birinchi pog'onasining hisobi.

$$P_1 = 8,32 \text{ kVt}; P_2 = 8,16 \text{ kVt}; n_1 = 1460_{\text{ayl min}}; n_2 = 365_{\text{ayl min}};$$

$$T_1 = 54,42 \text{ H} \cdot \text{m}; T_2 = 213,5 \text{ H} \cdot \text{m}; U_1 = 4.$$

1. Uzatma g'ildiraklari uchun material tanlanadi (jadval).

Yetaklovchi va yetaklanuvchi tishli g'ildiraklar uchun termik qayta ishla-

nishi bir bir xil, ya'ni yaxshilash yoki yuqori chastotali tok yordamida

toblash bo'lib, tish yuzasining qattiqligi HRC 45÷50 bo'lgan 40X marka-

li po'lat material tanlanadi.

2. Kontakt $[G_H]$ va egilishdagi $[G_F]$ kuchlanishlarning joiz qiymatlari;

$$[G_H] = K_{HL} \cdot [G_{H0}] \text{ MPa}; [G_F] = K_{FL} \cdot [G_{F0}] \text{ MPa}.$$

$$[G_{H0}] = 17 \text{HRC}_{0,r} + 200 \text{ MPa} \quad (\text{jadval}) \quad \text{HRC}_{0,r} = (45 + 50)/2 = 47,5$$

$$K_{HL} = \sqrt[6]{N_{H0} / N_{H2}} \leq 1,8. \quad N_{H0} = 63 \cdot 10^6 \text{ sikl} \quad (\text{jadval}).$$

$$N_{H2} = 573 \cdot \omega_2 \cdot L_h = 573 \cdot 382 \cdot 10000 = 2189 \cdot 10^6 \text{ sikl}$$

$$\omega_2 = \pi n_2 / 30 = 3,14 \cdot 365 / 30 = 382 \text{ rad/c}$$

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{63 \cdot 10^6}{2189 \cdot 10^6}} \quad \text{Ildiz osti ifodaning surati maxrajidan kichik}$$

bo'lgani, ya'ni $N_{H0} < N_2$ bo'lgani uchun $K_{HL} = 1,0$ bo'ladi.

$$[G_{H2}] = 1,0 \cdot 1007,5 = 1007,5 \text{ MPa}$$

$$N_1 = N_2 \cdot U = 2189 \cdot 10^6 \cdot 4 = 8756 \cdot 10^6 \text{ sikl} \quad K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{63 \cdot 10^6}{8756 \cdot 10^6}} \leftrightarrow 1,0$$

$$[G_{H1}] = 1,0 \cdot 1007,5 = 1007,5 \text{ MPa}.$$

$$[G_{F0}] = 630 \text{ MPa} \quad (\text{jadval}) \quad K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{4 \cdot 10^6}{N_1}} = 1,63$$

$4 \cdot 10^6 < N_1$ hamda $4 \cdot 10^6 < N_2$ bo'lganligi uchun

$$K_{FL1} = 1,0, K_{FL2} = 1,0, [G_{F1}] = K_{FL} \cdot [G_{F0}] = 1 \cdot 630 = 630 \text{ MPa}.$$

$$[G_{F1}] = [G_{F2}] = 1,0 \cdot 630 = 630 \text{ MPa}.$$

3. O'qlararo masofa.

$$a_1 = K_a(u_1 + 1) \sqrt{\frac{K_{H\beta} \cdot T_2}{\psi_a \cdot u^2 [\sigma_H]^2}} \text{ mm} \quad K_a = 430 (\quad) \text{ formulaga qarang}$$

$$[G_H] = 1007,5 \text{ MPa}; u_1 = 4, \psi_d = 0,5 \quad \psi_a = (u+1) = 0,5 \cdot 0,35 (4+1) = 0,875.$$

$$\psi_a = 0,35; K_{H\beta} = 1,29 (\quad \text{jadval})$$

$$a_1 = 430(4+1) \sqrt{\frac{1,29 \cdot 213,5 \cdot 10^3}{0,35 \cdot 4^2 \cdot (1007,5)^2}} = 78 \text{ mm}$$

Aniqlangan qiymatni standart bo'yicha yaxlitlab, $a_1 = 80,0 \text{ mm}$ qilib olamiz.

$$4. \text{Tish moduli aniqlanadi. } m_1 = (0,01 \div 0,02) \quad a_1 = (0,01 \div 0,02) \cdot 80 =$$

$$= 0,8 \div 1,6 \text{ mm. Standart bo'yicha yaxlitlab } m_1 = 1,5 \text{ mm qilib olamiz.}$$

5. G'ildirak tishlarining eni.

$$b = \psi_a \cdot a = 0,35 \cdot 80 = 28 \text{ mm.}$$

6. G'ildiraklarning umumiy tishlar soni va qiyalik burchagi.

a) qiyalik burchagining eng kichik qiymati:

$$\beta_{\min} = \arcsin(4m / b_2) = \arcsin(4 \cdot 1,5 / 28) = 12^\circ 22'$$

b) uzatma g'ildirak tishlarining umumiy soni;

$$Z_\Sigma = (2 \cdot a_1 \cdot \sin \beta_{\min}) / m = (2 \cdot 80 \cdot \sin 12^\circ 22') / 1,5 =$$

$$= (160 \cdot 0,97679) / 1,5 = 104.$$

Umumiy tishlar sonining qiymati $Z_{\text{um}} = 104$ ni bilgan holda qiyalik burchagining hisobiy qiymati aniqlanadi.

$$\beta_{\min} = \arccos(Z_{\text{um}} \cdot m / 2a_1) = \arccos(104 \cdot 1,5 / 2 \cdot 80) = 12^\circ 50'$$

7. Etaklovchi va yetaklanuvchi g'ildiraklarning tishlar soni.

$$Z_1 = Z_{\text{um}} / (u_1 + 1) > Z_{\min}$$

$$Z_1 = 104 / (4+1) = 20,8; Z_1 = 21 \text{ qilib olinadi.}$$

$$Z_2 = Z_{\text{um}} - Z_1 = 104 - 21 = 83.$$

8. Uzatish sonining hisobiy qiymati.

$$U_{1h} = Z_2 / Z_1 = 83 / 21 = 3,95$$

$$\Delta u_1 = \frac{|u_{1x} - u_1|}{u_1} \cdot 100\% = \frac{|3,95 - 4,0|}{4,0} \cdot 100\% = 1,25\%$$

9. G'ildiraklarning aylana diametrlari.

$$d_1 = m_1 \cdot Z_1 / \cos \beta = 1,5 \cdot 21 / 0,97502 = 32,3 \text{ mm;}$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m_n = 32,3 + 2 \cdot 1,5 = 35,3 \text{ mm};$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 m_n = 32,3 - 2,5 \cdot 1,5 = 28,75 \text{ mm};$$

$$d_2 = \frac{m_1}{\cos \beta} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1,5 \cdot 83}{0,97502} = 127,7 \text{ mm};$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m_n = 127,7 + 2 \cdot 1,5 = 130,7 \text{ mm};$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5 m_n = 127,7 - 2,5 \cdot 1,5 = 123,95 \text{ mm};$$

10. Ilashishda hosil bo'ladigan kuchlar.

$$F_t = 2T_2 / d_2 = 2 \cdot 213,5 \cdot 10^3 / 127,7 = 3344 \text{ H.}$$

$$F_r = F_t \cdot \tan \alpha \cdot \cos \beta = 3344 \cdot 0,364 \cdot 0,97502 = 1187 \text{ H.}$$

$$F_a = F_t \cdot \tan \beta = 3344 \cdot 0,22169 = 741 \text{ H.}$$

11. Egilishdagi hisobiy kuchlanish.

$$G_F = K_{Fa} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot Y_{F2} \cdot Y_{\beta} \cdot F_t / b_2 \cdot m, \text{ MPa.}$$

$$K_{Fa} = 0,81; \quad K_{Fv} = 1,1; \quad b_2 = 28 \text{ mm}; \quad m = 1,5; \quad F_t = 3344 \text{ H};$$

$$Y_{\beta} = 1 - \frac{\beta}{140} = 0,92 \quad K_{F\beta} = 1,25 \quad (\text{jadval});$$

$$Z_{kel2} = Z_2 / (\cos \beta)^3 = 83 / (\cos 12^\circ 50')^3 \approx 89;$$

$$Z_{kel1} = Z_1 / (\cos \beta)^3 = 21 / (\cos 12^\circ 50')^3 \approx 22; \quad Y_{F1} = 3,78; \quad Y_{F2} = 3,62. (\text{jadval})$$

$$G_F = 0,81 \cdot 1,25 \cdot 1,1 \cdot 3,62 \cdot 0,92 \cdot 3344 / 28 \cdot 1,5 = 295 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_{F1} = \sigma_F \cdot Y_{F1} = 295 \cdot \frac{3,62}{3,78} = 268 \text{ MPa}$$

12. Tishdagi kontakt kuchlanishning hisobiy qiymati.

$$\sigma_H = 376 \sqrt{\frac{K_{Ha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} (u_1 + 1) \cdot F_t}{u_1 \cdot d_1 \cdot b_2}} \leq [\sigma_H]$$

$$K_{Ha} = 1,1; \quad K_{H\beta} = 1,29 \quad (\text{jadval}); \quad K_{Hv} = 1,05; \quad u_1 = 4; \quad b_2 = 28 \text{ mm}; \quad d_1 = 32,3 \text{ mm};$$

$$F_t = 3344 \text{ H}$$

$$\sigma_H = 376 \sqrt{\frac{1,1 \cdot 1,29 \cdot 1,05 (4 + 1) \cdot 3344}{4 \cdot 32,3 \cdot 28}} = 987 \text{ MPa}$$

$$987 < 1007,5 \leftrightarrow G_H < [G_H].$$

III. Uzatma ikkinchi pog'onasining hisobi.

$$P_2 = 8,16 \text{ kVt}; \quad n_2 = 365 \text{ ayl/min}; \quad P_3 = 8,0 \text{ kVt}; \quad n_3 = 146 \text{ ayl/min};$$

$$T_2 = 213,5 \text{ H}\cdot\text{m}; \quad T_3 = 523,9 \text{ H}\cdot\text{m}; \quad u_{ii} = 2,5.$$

1. G'ildiraklar uchun material tanlanadi. Material sifatida I pog'ona uchun

qabul qilingan materialni olamiz, shuning uchun $[G_H]$, $[G_F]$ larning qiymat

lari ham o'zgarishsiz qoladi.

2. O'qlararo masofa.

$$a_H = K_a (1 + u_H) \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta} \cdot T_3}{\Psi_a u^2 [\sigma_H]^2}} \text{ mm. } K_a = 495; \Psi_a = 0,4;$$

$$\Psi_d = 0,5 \cdot \Psi_a (2,5 + 1) = 0,5 \cdot 0,4 (2,5 + 1) = 0,7; K_{H\beta} = 1,25 \text{ (jadval)}$$

$$T_3 = 523,29 \text{ H} \cdot \text{m}; u = 2,5; [G_H] = 1007,5 \text{ MPa.}$$

$$a_H = 495 (1 + 2,5) \sqrt[3]{\frac{1,25 \cdot 523,29}{0,4 \cdot (2,5)^2 \cdot (1007,5)^2}} = 110 \text{ mm. Standart bo'yicha yaxlit}$$

lab $a_H = 112 \text{ mm}$ qabul qilamiz.

3. Tish modulini aniqlaymiz.

$$m = (0,01 \div 0,02) a_H = (0,01 \div 0,02) \cdot 112 = 1,12 \div 2,24 \text{ mm. Standart bo'yicha yaxlitlab, } m = 2 \text{ mm deb qabul qilamiz.}$$

4. G'ildirak tishlarining eni.

$$b_2 = \Psi_a \cdot a = 0,4 \cdot 112 \approx 45 \text{ mm.}$$

5. G'ildiraklarning umumiy tishlar soni.

$$Z_{um} = 2 \cdot a_H / m = 2 \cdot 112 / 2 = 112 \text{ mm.}$$

6. Etaklovchi va yetaklanuvchi g'ildiraklar tishlari soni.

$$Z_1 = \frac{Z_{um}}{1 + u_H} = \frac{112}{1 + 2,5} = 32; Z_2 = 112 - 32 = 80$$

7. Uzatish sonining hisobiy qiymati.

$$u_x = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{80}{32} = 2,5$$

8. G'ildiraklarning aylana liametrleri.

$$d_1 = m \cdot Z_1 = 2 \cdot 32 = 64 \text{ mm}; d_2 = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm};$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 64 + 2 \cdot 2 = 68 \text{ mm}; d_{a2} = d_2 + 2m = 160 + 2 \cdot 2 = 164 \text{ mm};$$

$$d_f = d_1 - 2,5 \cdot m = 64 - 2,5 \cdot 2 = 59 \text{ mm}; d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m = 160 - 2,5 \cdot 2 = 155 \text{ mm.}$$

9. Ilashishda hosil bo'ladigan kuchlar.

$$F_t = 2T_2 / d_2 = 2 \cdot 523,29 \cdot 10^3 / 160 = 6541 \text{ H.}$$

$$F_t = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 6541 \cdot 0,364 = 2381 \text{ H.}$$

10. Egilishdagi hisobiy kuchlanish.

$$G_{F2} = K_{Fa} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot Y_{F2} \cdot Y_{\beta} \cdot F_t / b_2 \cdot m, \text{ MPa.}$$

$$K_{Fa} = 0,81; \quad K_{Fv} = 1,2; \quad b_2 = 45 \text{ mm}; \quad m = 2; \quad F_t = 6541 \text{ H};$$

$$Y_{\beta} = 1,0, \quad K_{F\beta} = 1,25 \text{ (jadval); } Y_{F2} = 3,62;$$

$$G_{F2} = 0,81 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 3,62 \cdot 1,0 \cdot 6541 / 45 \cdot 2 = 319,6 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_{F1} = \sigma_{F2} \cdot \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}} = 319,6 \cdot \frac{3,62}{3,78} = 306 \text{ MPa}$$

11. Hisobiy kontakt kuchlanish.

$$\sigma_H = 376 \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} (u_H + 1)}{u_H}} \cdot \frac{F_t}{d_1 \cdot b_2} \leq [\sigma_H]$$

$$K_{H\alpha} = 1,0; \quad K_{H\beta} = 1,25 \text{ (jadval); } K_{Hv} = 1,1; u_H = 2,5; b_2 = 45 \text{ mm}; d_1 = 64 \text{ mm};$$

$$F_t = 6541 \text{ H.}$$

$$\sigma_H = 376 \sqrt{\frac{1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,1(2,5 + 1)}{2,5}} \cdot \frac{6541}{64 \cdot 45} = 786 \text{ MPa}; G_H < [G_H];$$

Mustaqil ish variantlari

V a- ri- a nt	$P_{u,\sigma}$	$n_{u,\sigma}$	$n_{\gamma,\sigma\sigma}$	L_h	V a- ri- an t	$P_{u,\sigma}$	$n_{u,\sigma}$	$n_{\gamma,\sigma\sigma}$	L_h	V a- ri- an t	$P_{u,\sigma}$	$n_{u,\sigma}$	$n_{\gamma,\sigma\sigma}$	L_h
1	5	14 5	145 0	200 0	11	8	20 0	750	500 0	21	13	450	145 0	8000
2	5	17 5	175 0	300 0	12	8	25 0	600	100 00	22	15	500	150 0	10000
3	5	15 0	150 0	800 0	13	8	30 0	750	800 0	23	15	400	140 0	12000
4	5	16 0	160 0	500 0	14	8	35 0	875	600 0	24	13	450	245 0	9000
5	6	14 0	700 0	400 0	15	12	40 0	100 0	500 0	25	13	300	150 0	7000

6	10	15	750	700	16	12	20	800	700	26	11	500	155	6000
		0		0			0		0				0	
7	10	17	875	800	17	12	25	100	200	27	11	400	160	4000
		5		0			0	0	0				0	
8	10	16	800	300	18	14	30	120	300	28	11	300	130	6000
		0		0			0	0	0				0	
9	10	14	725	600	19	14	35	140	140	29	12	350	135	7000
		5		0			0	0	0				0	
1	10	18	900	900	20	14	40	160	200	30	12	400	140	8000
0		0		0			0	0	0				0	

Masala №2.

Berilgan.

$P_2 = 4 \text{ kVt}$, $n_1 = 1440 \text{ ayl / min}$, $u = 40$ bo'lgan chervyakli uzatma hisob.

Masalaning yechimi.

1. Chervyak uchun material tanlanadi. Buning uchun o'ramlar yuzasining qat-tiqligi HRC 50 bo'lgan 40XN markali po'lat material tanlanadi. Chervyakli g'ildirakning gardishi uchun ishlatiladigan rangli metallning markasi uzatmaning sirpanish tezligiga nisbatan jadvaldan olinadi.

$$V_c \approx \frac{4n_1}{10^3} \cdot \sqrt[3]{T_2}; m/c, \quad n_2 = \frac{n_1}{u} = \frac{1440}{40} = 36 \text{ aйл/мин}$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{P_2}{n_2} = 9550 \cdot \frac{4}{36} = 1061 H \cdot m, \quad V_c = \frac{4 \cdot 1440}{10^4} \cdot \sqrt[3]{1061} = 5,87 m/c,$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{5}{1440} = 33 H \cdot m, \quad P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{4}{0,8} = 5 \text{ kBm}.$$

$V_c > 5 m/c$ dan katta bo'lganligi uchun Br010F1 markali material tanlanadi. Mazkur material uchun $G_m = 250 \text{ MPa}$, $G_{oq} = 200 \text{ MPa}$.

2. Kontakt va egilishdagi kuchlanishlarning joiz qiymatlari.

$$[G_H] = K_{HL} \cdot C_v \cdot [G_{HO}] \text{ MPa}.$$

$$N = 573 \cdot \omega_2 \cdot L_h = 573 \cdot 3,76 \cdot 20000 = 4,3 \cdot 10^7,$$

$$K_{HL} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N}} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{4,3 \cdot 10^7}} = \sqrt[8]{0,2325} = 0,83, \quad C_v = 0,8.$$

$V_c > 5m/c$ bo'lganligi uchun,

$$[G_{H0}] = 0,9 \cdot G_m = 0,9 \cdot 250 = 225 \text{ MPa}, \quad [G_H] = 0,83 \cdot 0,8 \cdot 225 = 149,4 \text{ MPa}$$

$$[G_F] = 0,25 \cdot G_{oq} + 0,08 \cdot G_m = 0,25 \cdot 200 + 0,08 \cdot 250 = 70 \text{ MPa}.$$

3.O'qlararo masofa.

$$a = 6,1 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2}{[\sigma_H]^2}} = 6,1 \cdot \sqrt[3]{\frac{1061 \cdot 10^3}{(149,4)^2}} = 220 \text{ mm}.$$

4.Chervyakning kirimlar soni, chervyakli g'ildirakning tishlar soni, moduli va chervyak diametri koeffitsienti.

$$u = 40 \text{ bo'lganligi uchun } Z_1 = 40, \quad Z_2 = Z_1 \cdot u = 1 \cdot 40 = 40.$$

$$m = (1,5 \div 1,7) \cdot \frac{a}{Z_2} = (1,5 \div 1,7) \cdot \frac{220}{40} = 8,00 \div 9,35$$

$$q = \frac{2a}{m} - Z_2 = \frac{2 \cdot 200}{8} - 40 = 15, \quad q = 16 \quad (\text{jadval})$$

5.Siljish koeffitsienti.

$$\chi = \frac{a}{m} - 0,5 \cdot (Z_2 + q) = \frac{220}{8} - 0,5 \cdot (40 + 16) = -0,5.$$

6.Uzatmaning geometrik o'lchamlari:

$$a) \text{ chervyak uchun: } d_1 = m \cdot q = 8 \cdot 16 = 128 \text{ mm}$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 128 + 2 \cdot 8 = 144 \text{ mm},$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 128 - 2,4 \cdot 8 = 108,8 \text{ mm},$$

$$b_1 > (11 + 0,06 \cdot Z_2)m = (11 + 0,06 \cdot 40) \cdot 8 = 108 \text{ mm},$$

$$b) \text{ chervyakli g'ildirak uchun: } d_2 = m \cdot Z_2 = 8 \cdot 40 = 320 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2(1 + \chi) \cdot m = 320 + 2(1 - 0,5) \cdot 8 = 328 \text{ mm}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot m \cdot (1,2 - \chi) = 320 - 16 \cdot (1,2 - 0,5) = 302,8 \text{ mm}$$

$$d_{ar2} = d_{a2} + 6 \cdot m / (Z_1 + 2) = 328 + 6 \cdot 8 / (1 + 2) = 344 \text{ mm}$$

$$Z_1 = 1; \quad b_2 \leq 0,75d_{a1} = 0,75 \cdot 144 = 108 \text{ mm}.$$

7.Hisobiy kontakt kuchlanish.

$$\sigma_H = \frac{480}{d_2} \sqrt{\frac{K_H \cdot T_2}{d_1}} = \frac{480}{320} \sqrt{\frac{1,1 \cdot 1061 \cdot 10^3}{128}} = 143,2 \text{ MPa}$$

8. Uzatmaning f. i.k. $\eta = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho)} = \frac{\operatorname{tg} 3^\circ 35'}{\operatorname{tg}(3^\circ 35' + 1^\circ 10')} = 0,75$

9. Ilashishda hosil bo'ladigan kuchlar.

$$F_{t2} = F_{a1} = 2T_2 / d_2 = 2 \cdot 1061 / 0,32 = 6631 \text{ H.}$$

$$F_{t1} = F_{a2} = 2T_1 / d_1 = 2 \cdot 33 / 0,128 = 516 \text{ H.}$$

$$F_r = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 6631 \cdot 0,364 = 2414 \text{ H.}$$

10. Egilishdagi hisobiy kuchlanish.

$$G_F = 0,7 \cdot Y_F \cdot K \cdot F_{t2} / m \cdot b_2 \leq [G_F].$$

$$Z_{\text{kel}} = Z_2 / (\cos \gamma)^3 = 40 / \cos 3^\circ 35' = 40,2; Y_F = 1,55; K = 1,1; F_{t2} = 2414;$$

$$m = 8 \text{ mm}; G_{F2} = 0,7 \cdot 1,55 \cdot 1,1 \cdot 2414 / 8 \cdot 108 = 33,3 \text{ MPa.}$$

Mustaqil ish variantlari

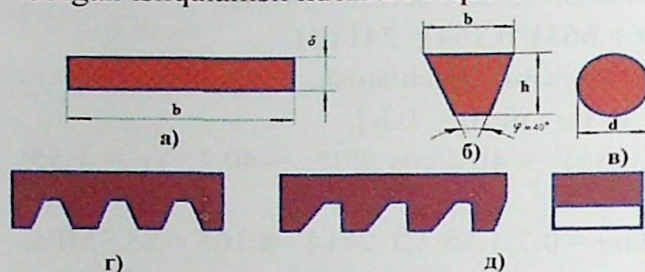
Vari- -ant	P_2	n_1	U	Vari- -ant	P_2	n_1	U	Vari- -ant	P_2	n_1	U
1	4	120 0	40	11	6	1250	35	21	10	1200	30
2	4	125 0	45	12	6	1350	35	22	12	1250	35
3	4	130 0	35	13	6	1300	50	23	12	1300	30
4	4	135 0	50	14	5	1350	55	24	14	1350	40
5	4	140 0	30	15	5	1400	45	25	14	1400	25
6	2	600	40	16	8	600	40	26	16	600	25
7	2	650	45	17	8	650	30	27	16	650	20
8	2	700	35	18	9	700	30	28	12	700	30
9	2	750	50	19	9	750	25	29	13	750	25
10	2	800	30	20	10	1300	15	30	11	800	50

Amaliy mashg'ulot №4

4. Yassi yoki ponasimon tasmali uzatmaning hisobi.

Umumiy ma'lumotlar.

Tasmali uzatmalar deb, yetaklovchi va yetaklanuvchi shkivdan hamda ularga kiydirilgan tasmadan tashkil topgan va xarakatni ishqalanish kuchi hisobiga uzatadigan mexanizmga aytiladi (21.1 – rasm). Yuklama tasmaning taranglashishi natijasida shkivlar bilan tasma orasida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchlari orqali uzatiladi.



21.1- rasm. Tasmalarning turlari

Tasmali uzatmalar quyidagi turlarga bo'linadi: Tasmaning ko'ndalang kesimining shakliga ko'ra: a) **yassi**; b) **ponasimon**; v) **doiraviy** (dumaloq); g) **yarim ponasimon**; d) **tishli** (21.1 – rasm).

Tasmali uzatmalarni hisoblash asoslari.

Hisoblashning nazariy asoslari barcha rusumdagi tasmalar uchun umumiydir.

Tasmali uzatmalarning ishchanlik qobiliyati va ularni hisoblash me'zonlariga tasma bilan shkiv o'rtasidagi ishqalanish kuchi bilan aniqlanadigan tortish qobiliyati; me'yoriy foydalanish sharoitlarida toliqishdan yemirilish orqali chegaralaydigan tasmaning umrboqiyligi qiradi.

Tasmali uzatmalarning asosiy hisobi ularni tortish qobiliyati bo'yicha hisoblashdir. Tasmaning umrboqiyligini tajriba natijasida ishlab chiqilgan tavsiyalarga mos holda uzatmaning asosiy parametrlarini tanlash yo'li bilan hisoblashda e'tiborga olinadi.

Kinematik parametrlari. Shkivlarning aylanma tezliklari:

$$V_1 = (\pi \cdot d_1 \cdot n_1) / 60 \text{ m/c}; \quad V_2 = (\pi \cdot d_2 \cdot n_2) / 60 \text{ m/c}. \quad (21.1)$$

Uzatmada tasmani shkiv ustida sirpanishni mavjudligi $V_2 < V_1$ ni xisobga olsak. Demak,

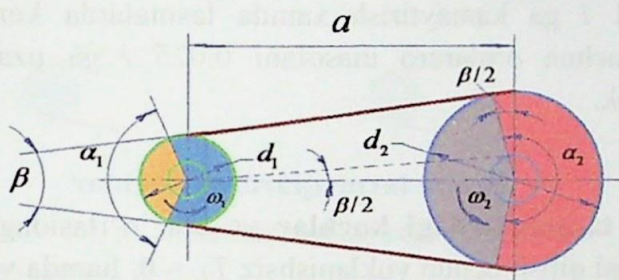
$$V_2 = (1 - \varepsilon) V_1, \quad (21.2)$$

bu yerda: ε - sirpanish koeffitsienti (rezinalangan tasmada $\varepsilon = 0,01$; ponasimonda $\varepsilon = (0,01 \div 0,02)$). Amaliy hisoblarda $\varepsilon = 0$ olish mumkin.

Uzatish nisbati:

$$U = n_1 / n_2 = V_1 \cdot d_2 / V_2 \cdot d_1 = d_2 / (d_1 (1 - \varepsilon)) \approx d_2 / d_1. \quad (21.3)$$

Tasmali uzatmaning geometrik o'lchamlari (21.2 –rasm): d_1, d_2 – etaklovchi va yetaklanuvchi shkiv diametrlari; a – o'qlararo masofa; β – tasma tarmoqlari orasidagi burchak; α_1, α_2 – tasmaning kichik va katta shkivdagi qamrov burchaklari. Geometrik hisoblashlarda odatda d_1, d_2 va a ma'lum bo'lib, qamrov burchagi α va tasmaning uzunligi ℓ aniqlanadi.



21.2– rasm. Tasmali uzatmani geometrik o'lchamlari

Tasmaning taranglashishi (tortilishi) va osilib turishi oqibatida α va ℓ qiymatlari taxminan aniqlanadi:

$$\alpha = 180 - \beta; \quad \sin(\beta/2) = (d_2 - d_1) / 2a. \quad (21.4)$$

Amalda $\beta/2$ ning qiymati 15° dan kattaligini nazarda tutib, sinusning qiymatini uning argumentiga teng qilib olish mumkin:

U holda,

$$\beta = \frac{d_2 - d_1}{a} \text{ rad} \approx \frac{d_2 - d_1}{a} 57^\circ \quad (21.5)$$

$$\text{Shunday qilib, } \alpha_1 = 180 - \frac{57^\circ(d_2 - d_1)}{a} \quad (21.6)$$

Tasmaning umumiy uzunligi ayrim bo'laklari uzunliklarining yig'indisi sifatida aniqlanadi:

$$\ell \approx 2a + \frac{\pi}{2}(d_2 - d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} \quad (21.7)$$

Agar l ma'lum bo'lsa o'qlararo masofani quyidagicha aniqlash mumkin:

$$a = \frac{2\ell - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2\ell - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8} \quad (21.8)$$

Uzatmada tasmani shkiylarga yegil o'rnatish uchun o'qlararo masofa 0.01 l ga kamaytirish xamda tasmalarda kerakli tranglikni ta'minlash uchun o'qlararo masofani 0.025 l ga uzaytirish imkoni bo'lishi kerak.

Tasma tarmoqlardagi kuchlar

Tasma tarmoqlardagi kuchlar va ular o'rtasidagi bog'lanishlar masalasini hal qilish uchun yuklanishsiz $T_l = 0$, hamda yuklanishli $T_l > 0$ uzatmalarni bir-biriga taqqoslab ko'ramiz (21.3 – rasm, a , b). Rasmda F_0 – yuklanishsiz tasma tarmoqlaridagi taranglik kuchi; F_1, F_2 – yuklangan uzatmaning yetakchi va yetaklanuvchi tarmoqlaridagi xosil bo'ladigan taranglik kuchi.

Uzatmadagi aylanma kuch:

$$F_l = 2 T / d_l.$$

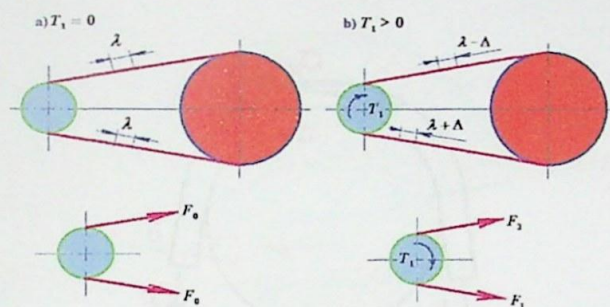
Yetaklovchi shkiy uchun muvozanat sharti $T_l = 0,5d_l (F_1 - F_2)$ yoki

$$F_1 - F_2 = F_l \quad 21.9$$

bo'ladi.

F_0 , F_1 va F_2 kuchlarning o'zaro munosabatini quyidagilar asosida aniqlash mumkin. Tasmaning geometrik uzunligi yuklama qiymatiga bog'liq emas (21.7- formulaga qarang) va uzatma yuklangan yoki yuklanmagan hollarda ham o'zgarmasdan qoladi. Shundan kelib chiqib, yetakchi tarmoqning taranglashuvi (toliqishi) yetaklanuvchi tarmoqning shunga mos qisqarishi hisobiga qoplanadi deb xulosa chiqarish mumkin (21.3- rasm). Bunda yetaklovchi tarmoqning cho'zilishi yetaklanuvchi tarmoqning qisqarishi bilan muvozanatlashadi, ya'ni:

$$F_1 = F_0 + \Delta F, \quad F_2 = F_0 - \Delta F \quad \text{yoki} \quad F_1 + F_2 = 2F_0, \quad (21.10)$$



21.3- rasm. Uzatmaga ta'sir etuvchi kuchlar.

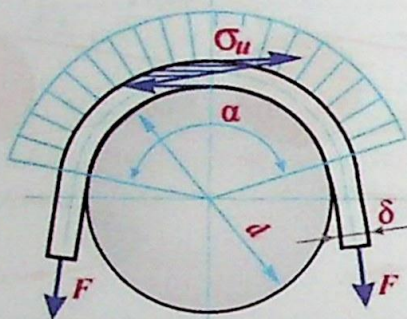
(21.9) va (21.10) tengliklardan:

$$F_1 = F_0 + F_t / 2; \quad F_2 = F_0 - F_t / 2. \quad (21.11)$$

Natijada uch noma'lumli: F_0 , F_1 va F_2 ikkita tenglamalar tizimi hosil bo'ladi. Bu tenglamalar F_t yuklamadan yetakchi va yetaklanuvchi tarmoqlar taranglashishini belgilab bersada, mana shu yuklamani uzata olish qobiliyati yoki tasma bilan shkiv o'rtasidagi ishqalanish kuchlari kattaligi bilan bog'langan uzatmaning tortish qobiliyatini ochib bera olmaydi. Mana shu munosabatni L. Eyler ilmiy tadqiqotlarida tahlil qila olgan.

$$F_0 < 0,5F_t ((e^{f\alpha} + 1) / (e^{f\alpha} - 1)), \quad (21.12)$$

Tasmadagi kuchlanishlar.

$$\sigma_{es} = \epsilon E$$

$$\sigma_l = F_l/A; \quad \sigma_V = F_V/A = \rho V^2; \quad (21.13)$$
$$\sigma_l = F_0 / A + F / 2A = \sigma_0 + \sigma_l / 2; \quad (21.14)$$

$A = b \cdot \delta$ -tasmaning ko'ndalang kesimi;

Tasmaning shkivni qamragan qismida eguvchi kuchlanish paydo bo'лади (21.4-rasm). Guk qonuniga asoslanib

$$\sigma_{eg} = \varepsilon \cdot E, \quad (21.15)$$

bu yerda: ε - tasma sirtqi tolalarining nisbiy cho'zilishi;

Ye - elastiklik moduli.

ε - ni topish uchun $d\varphi$ burchak bilan chegaralangan yoy qismini kuzatgan xolda aniqlaymiz.

$\varepsilon = \delta/d$ bo'lsa eguvchi kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi.

$$\sigma_{eg} = E \delta/d, \quad (21.16)$$

21.16 formuladan yeguvchi kuchlanishlarning kattaligini aniqlovchi asosiy omil tasma qalinligining shkiv diametriga nisbatini belgilanishi ko'riladi.

Masala № 1

Lentali konveyerni harakatga keltiruvchi yassi tasmali uzatma hisoblansin. Uzatmada $R_1 = 4,0 \text{ kVt}$, $n_1 = 720 \text{ ayl/min}$, $n_2 = 250 \text{ ayl/min}$. Uzatma gorizontol holatda joylashgan bo'lib, uning tasmalari vaqti-vaqti bilan taranglab turiladi.

Masalaning yechimi.

1. Yetaklovchi shkivning diametri aniqlanadi.

$$d_1 = 60 \cdot \sqrt[3]{T}, \text{ mm bu yerda } T = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{4,0}{720} = 53 \text{ H} \cdot \text{m}$$

$$d_1 = 60 \cdot \sqrt[3]{53} = 228 \text{ mm} \text{ Olingan qiymat standart bo'yicha yaxlitlanib, } d_1 = 224 \text{ mm qilib olinadi.}$$

2. Yetaklanuvchi shkivning diametri aniqlanadi.

$$d_2 = d_1 \cdot n_1 / n_2 = 224 \cdot \frac{720}{250} = 645 \text{ mm, standartga asosan } d_2 = 620 \text{ mm}$$

deb qabul qilinadi.

3. Tasmaning sirpanishini hisobga olib, uzatmaning haqiqiy uzatish

$$\text{coni aniqlanadi. } u = \frac{d_2}{d_1} \cdot (1 - \varepsilon) = \frac{620}{224} \cdot (1 - 0,01) = 2,84. \text{ Bu yerda}$$

ε - elastik sirpanish koeffitsienti, $\varepsilon = 0,01 \div 0,02$.

Uzatish sonining haqiqiy qiymati talab qilingandan 3% gacha farq

qilishi mumkin:

$$\Delta u = \frac{|u_x - u|}{u} \cdot 100\% = \frac{|2,84 - 2,88|}{2,88} \cdot 100\% = 1,3\% < [3\%]$$

4. Tasmaning tezligi.

$$v_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,224 \cdot 720}{60} = 8,44 \text{ m/c}$$

5. O'qlararo masofa:

$$a \geq 2(d_1 + d_2) = 2 \cdot (224 + 620) = 1708 \text{ mm}$$

6. Etaklovchi shkivdagi qamrov burchagi.

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60^\circ = \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{620 - 224}{1708} = 166^\circ$$

$$\alpha_1 > [\alpha_1] = 150^\circ$$

7. Joiz foydali yuklanish.

$$[\rho] = \rho_0 \cdot C_\alpha \cdot C_v \cdot C_\rho \cdot C_\sigma \text{ H/mm}$$

bu yerda: $\rho_0 = 3 \text{ H/mm}$ (jadval)

$$C_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180 - 166) = 0,96 \text{ (jadval) ;}$$

$$C_v = 1,04 - 0,004 \cdot 8,44 = 1,012 \text{ [() formulaga qarang]}$$

$$C_\rho = 0,9 \text{ (jadval) ; } C_\sigma = 1,0$$

$$[\rho] = 3,0 \cdot 0,96 \cdot 1,02 \cdot 1,0 = 2,91 \text{ H/mm.}$$

8. Tasmaning qalinligi quyidagi shartdan topiladi :

$$\delta \geq \frac{d_1}{40} = \frac{224}{40} = 5,6 \text{ mm ; } \delta = 6 \text{ mm deb qabul qilamiz.}$$

B – 800 markali materialdan tayyorlangan tasmaning to'qima qatlami qalinligi 1,5 mm.

$$\text{Qatlamlar soni; } Z = \frac{6}{1,5} = 4$$

9. Qatlamlar soni $Z = 4$ bo'lgandagi tasmaning enini aniqlaymiz.

$$b = \frac{F_t}{Z[\rho]} = \frac{474}{4 \cdot 2,91} = 40 \quad F_t = \frac{P_1}{v} = \frac{4 \cdot 10^3}{8,44} = 474 \text{ H.}$$

b ning qiymatini standart bo'yicha (jadval) 40 mm deb qabul qilamiz.

10. Valga ta'sir qiluvchi kuch.

$$Q = 2,5 F_t = 2,5 \cdot 474 = 1185 \text{ H.}$$

Mustaqil ish variantlari

Vari- -ant	P_1	n_1	n_2	Vari- -ant	P_1	n_1	n_2	Vari- -ant	P_1	n_1	n_2
1	4	750	200	11	6	500	350	21	10	1200	300
2	4	750	150	12	6	650	350	22	12	1250	350
3	4	700	250	13	6	700	500	23	12	1300	300
4	4	750	350	14	5	850	550	24	14	1350	400
5	4	140 0	300	15	5	900	450	25	14	1400	250
6	2	600	150	16	8	600	400	26	16	600	250
7	2	650	200	17	8	650	300	27	16	650	200
8	2	700	250	18	9	700	300	28	12	700	300
9	2	750	300	19	9	750	250	29	13	750	250
10	2	800	350	20	10	1300	150	30	11	800	250

Masala №2.

Dastgohni harakatga keltirish uchun ishlatiladigan ponasimon tasmali

uzatmaning yetaklovchi shkividagi quvvat $P_1 = 8 \text{ kVt}$, $n_1 = 960 \text{ ayl/min}$,
 $u = 2,5$. Mazkur tasmali uzatma hisoblansin.

Masalaning yechimi.

1. Tasma tanlanadi. Berilgan uzatma uchun mos keluvchi tasma uzatiladigan quvvat va aylanish chastotasiga mos ravishda nomogrammadan olinadi. (rasm).

B turdagi tasmani tanlanadi. Tasmaning o'lchamlarini va yetaklovchi shkivning diametri d_1 ni jadvaldan tanlanadi:

$\ell_h = 14,0 \text{ mm}$; $W = 270 \text{ mm}$; $T_o = 10,5 \text{ mm}$;

$L_h = 800 \div 6300 \text{ mm}$; $d_1 = 125 \text{ mm}$; $A = 1,38 \text{ cm}^2$.

2. Etaklanuvchi shkivning diametri.

$d_2 = d_1 \cdot u = 125 \cdot 2,5 = 312,5 \text{ mm}$, olingan qiymatni standartga asosan

$d_2 = 315 \text{ mm}$ qilib olinadi.

3. Tasmaning sirpanishini hisobga olib, uzatmaning haqiqiy uzatish sonini aniqlaymiz.

$$u_x = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{315}{125 \cdot (1 - 0,01)} = 2,54.$$

Uzatish soni 3 % gacha farq qilishi mumkin.

$$\Delta u = \frac{|u_x - u|}{u} \cdot 100\% = \frac{|2,54 - 2,5|}{2,5} \cdot 100\% = 1,6\% < [3\%]$$

4. Tasmaning harakat tezligi.

$$v_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,125 \cdot 960}{60} = 6,28 \text{ m/c}$$

5. O'qlararo masofa.

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + T_o = 0,55(125 + 315) + 10,5 = 252,5 \text{ mm},$$

$$a_{\max} = d_1 + d_2 = 125 + 315 = 440 \text{ mm}. a = 340 \text{ mm deb qabul qilinadi.}$$

6. Tasmaning uzunligi.

$$L_x = 2 \cdot a + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)}{4 \cdot a} = 1397 \text{ mm}, \text{ standartga asosan}$$

$L_x = 1400 \text{ mm}$ deb qabul qilinadi. (jadval).

7. O'qlararo masofaning haqiqiy qiymati aniqlanadi.

$$a = 0,25 \cdot \left[(L_x - W) + \sqrt{(L_x - W)^2 - 8Y} \right] \text{ mm}$$

$$W = 1,57 \cdot (d_1 + d_2) = 1,57(125 + 315) = 690,8 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{(d_2 - d_1)}{2} = \frac{315 - 125}{2} = 9025 \text{ mm}$$

$$a = 0,25 \left[(1400 - 690,8) + \sqrt{(1400 - 690,8)^2 - 8 \cdot 9025} \right] = 341 \text{ mm}.$$

Tasmalarni almashtirish va shkiylarga kiygizish uchun a ning qiyma-

tini 2 % ya'ni 7 mm ga kamaytirishni, shuningdek, ish jarayonida cho'zili-

shini hisobga olib uni 5,5 % ga ya'ni 19 mm ga kattalashtirishga imkoniyat yaratish zarurligini nazarda tutish lozim.

$$\alpha = 180^\circ - 57^\circ \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ - 57^\circ \cdot \frac{315 - 125}{340} = 149^\circ; \alpha > [\alpha] = 120^\circ$$

8. Uzatmaning hisobiy quvvati.

$$P_x = P_o \cdot \frac{C_a \cdot C_L}{C_P} \kappa Bm, \quad P_o = 3,45 \kappa Bm \quad (\text{ jadval});$$

$$\alpha = 149^\circ \text{ bo'lganda, } C_a = 0,92 \quad (\text{ jadval}); L_x = 1400 \text{ mm},$$

$$C_L = 0,90. \quad (\text{ jadval}).$$

ishlash rejimi o'rtacha bo'lganda, $C_p = 1,1$ (jadval),

$$P_x = 3,45 \cdot \frac{0,92 \cdot 0,90}{1,1} = 2,6 \text{ kNm}.$$

9. Tasmalar soni.

$$Z = \frac{P_1}{P_0 \cdot C_z} = \frac{8}{2,6 \cdot 0,95} = 3,23. \quad C_z = 0,95$$

Uzatma uchun to'rtta tasma qabul qilinadi.

10. Har bir tasmadagi taranglik kuchi.

$$S_0 = \frac{850 \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot v \cdot C_a} + \theta \cdot v^2 H. \quad \text{bu yerda } \theta = 0,18.$$

$$S_0 = \frac{850 \cdot 1,1 \cdot 0,98}{4 \cdot 6,28 \cdot 0,92} + 0,18 \cdot (6,28)^2 = 52 H.$$

11. Valga ta'sir qiluvchi kuch.

$$Q = 2 \cdot S_0 \cdot z \cdot \sin(\alpha/2) = 2 \cdot 52 \cdot 4 \cdot \sin 74^\circ 30' = H.$$

Mustaqil ish variantlari

Vari- -ant	P_1	n_1	U	Vari- -ant	P_1	n_1	U	Vari- -ant	P_1	n_1	U
1	4	1200	2,5	11	6	1250	3,5	21	10	1200	3,0
2	4	1250	3,0	12	6	1350	3,5	22	12	1250	3,5
3	4	1300	3,5	13	6	1300	5,0	23	12	1300	3,0
4	4	1350	5,0	14	5	1350	5,5	24	14	1350	4,0
5	4	1400	3,0	15	5	1400	4,5	25	14	1400	2,5
6	2	600	4,0	16	8	600	4,0	26	16	600	2,5
7	2	650	4,5	17	8	650	3,0	27	16	650	2,0
8	2	700	3,5	18	9	700	3,0	28	12	700	3,0
9	2	750	5,0	19	9	750	2,5	29	13	750	2,5
10	2	800	3,0	20	10	1300	1,5	30	11	800	5,0

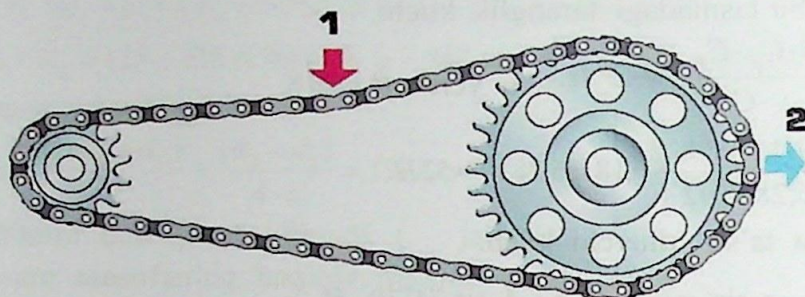
Amaliy mashg'ulot №5.

5. Zanjirli uatmalarni hisoblash

1. Umumiy ma'lumotlar

Yetakchi va yetaklanuvchi ikkita yulduzchalar hamda ularga kiydirilgan

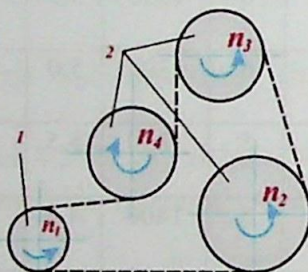
zanjirdan iborat bo'lgan mexanizm zanjirli uzatma deyiladi. (2.1 - rasm).



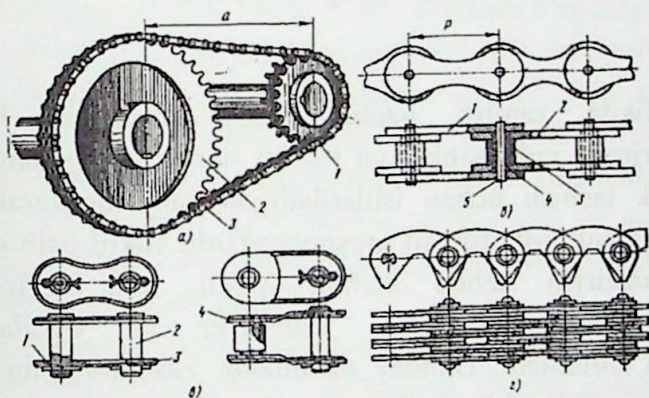
2.1-rasm. Zanjirli uzatma

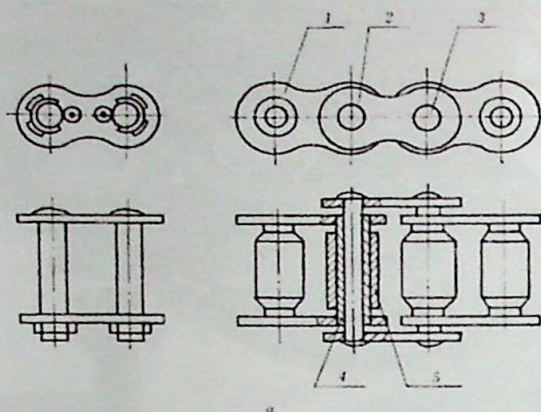
Uzatma tarkibida bulardan tashqari vollar, podshipniklar, taranglovchi moslamalar, moylovchi qurilmalar va ximoyalash to'siqlari bo'ladi.

Bir vaqttni o'zida bir necha staklanuvchi yulduzchalarni ham qo'llash mumkin.

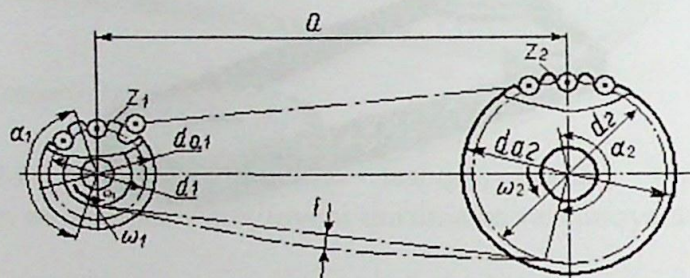


2.2- rasm . Harakatni bir necha yetaklanuvchi vallarga zanjirli uzatma orqali taksimlash





2.3- rasm. Zanjirlarining turlari



2.4 – rasm. Zanjirli uzatma.

Mashinasozlikda zanjirli uzatmalarning xarakatga keltiruvchi mexanizm- yuritma, yuk tashish va tortish uchun mo'ljalangan turlari ishlatiladi. Yuk tashish uchun ishlatiladigan zanjirlar xarakat tezligi katta bo'lmagan yuk ko'taruvchi mexanizmlarda yukni osib qo'yish va uni ko'tarib-tushirish uchun xizmat qiladi. Yuk tortish uchun ishlatiladigan zanjirlar elevator, konveyer va eskalator kabi mexanizmlarda ishlatiladi. Bunday uzatmalar, zanjirning turiga qarab: vtulkali, vtulka-rolikli (2.3 va 2.5 -rasm), tishli(2.3 va 2.6 -rasm); zanjirlarning soniga qarab: bir qatorli va bir necha qatorli xillarga bo'linadi. Bundan tashqari, bu uzatmalar ochiq yoki yopiq (maxsus qobig' ichiga olingan) bo'lishi mumkin.

Afzalliklari:

a) xarakatni tishli uzatmalarga nisbatan uzoq masofaga uzata oladi (vallar orasidagi masofa 8 metrgacha yetadi); $a \leq 8m$

b) foydali ish koeffitsienti yetarli darajada yuqori ($\eta 0,96 \dots 0,98$);

v) sirpanish xodisasi ro'y bermasligi va shu sababli uzatish sonining o'zgarmasligi.

g) Xarakatni bir necha yetaklanuvchi yulduzchalarga uzatish imkoniyati borligi

zanjirni almashtirish yengil.

val va tayanchlariga tushadigan kuchlarning nisbatan kichikligi.

Kamchiliklari:

a) zanjirlar va yulduzchalarning tayyorlashni murakkabligi va tannarxini yuqoriligi;

b) ishlaganda nazorat talab qilinishi;

v) yig'ishda yuqori aniqlik talab qilishi;

g) zanjir elementlarining yeyilishi zvenolar uzunligining ortishiga va qo'shimcha dinamik kuchlarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi, bu o'z navbatida uzatmaning notekis ishlashiga olib keladi.

d) shovqin chiqishi

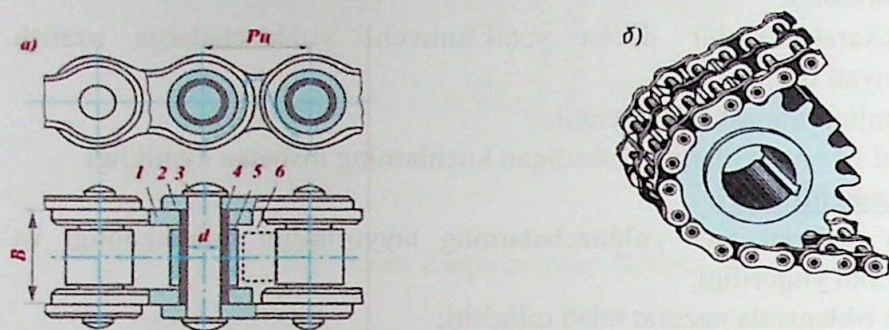
2. Xozirgi vaqtda mashina va mexanizm yuritmalarida ishlatiladigan zanjirlarning hamma o'lchamlari standartlashtirilgan. Vtulka-rolikli zanjir (2.5 –rasm) tashqi zveno 5 -ga presslab o'rnatilgan valik 1 ichki zveno 4 -ga presslab joylashtirilgan vtulka 2 va vtulkaning atrofida bimalol aylanadigan qilib kiydirilgan rolik 3 dan tuzilgan. Zanjir yulduzchaga roliklar vositasida ilashadi. Rolikning yulduzcha tishiga tekkanda aylanib ketishi sirpanib ishqalanishni dumalab ishqalanishiga aylantiradi. Bu tishlarning yeyilishini susay-tiradi va uzatma ishlashini yaxshilaydi. Katta tezlik va yuklanish bilan ishlaydigan uzatmalarda ko'p qatorli zanjirlar ishlatiladi.

Vtulkali zanjirlarning vtulka-rolikli zanjirdan farqi shuki, unda vtulka ustida kiydirilgan rolik 5 bo'lmaydi. Buning natijasida zanjirning og'irligi va tannarxi kamayadi. Biroq vtulkali zanjirning hamda u bilan ilashishda bo'lgan yulduzchalarning tishlari nisbatan tez yeyiladi. Shuning uchun ular kam yuklanishli va xarakat tezligi nisbatan kichik uzatmalarda foydalanish tavsiya etiladi.

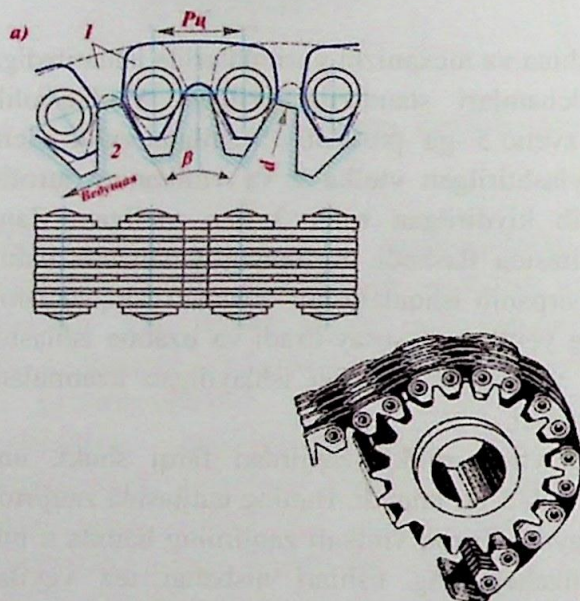
Tishli zanjirlar ikki uchida tishga o'xshash chiqiqlari bo'lgan

plastinkalar yig'indisidan iborat bo'lib, yulduzcha tishlari shu chiqiqlar orasida joylashib ilashma xosil qiladi (2,6 – rasm).

Bu zanjirlar nisbatan ishonchli va mustahkam bo'lib, katta tezlik va quvvat uzatmalarda ishlatiladi. Lekin tishli zanjirlarning nisbatan og'irligi va tayyorlashning qiyinligi tufayli kamroq ishlatiladi.



2.5– rasm. Vtulka- rolikli zanjir;



2.6– rasm. Tishli zanjir.

Uzatmaning quvvati:

$$P = F_t \cdot V / 1000, \text{ kVt.}$$

Tezligi:

$$V = z \cdot t \cdot n / 60 \cdot 1000 \text{ m/s},$$

bu yerda z - yulduzcha tishlarining soni; t - zanjirlarning qadami;
 n - yulduzchani aylantirish soni, min^{-1} ; F_t - aylanma kuch, KN.

Uzatmaning uzatish soni:

$$U = \omega_1 / \omega_2 = n_1 / n_2 = z_2 / z_1.$$

Uzatmada $P \leq 100 \text{ kVt}$, $V \leq 15 \text{ m/s}$, $n \leq 500 \text{ min}^{-1}$, $u \leq 7$ tavsiya etiladi. O'rtacha tezlikdagi rolikli uzatma uchun yulduzchalar uchun-
 $z_{1 \min} = 17 \dots 19$; $z_{2 \max} = 100 \dots 120$.

Yulduzchalarning tuzilishi tishli g'ildiraklarning tuzilishiga ko'p jihatdan o'xshash. Uning bo'lish diametri u bilan ilashishdagi zanjir valiklarining markazidan o'tadi va quyidagicha aniqlanadi:

$$d = t / \sin(\pi/z).$$

Yulduzchalar markazlararo masofasi quyidagicha aniqlanadi:

$$a_{\min} = (d_{a1} + d_{a2}) / 2 + (30 \dots 50) \text{ mm},$$

bu yerda d_{a1} va d_{a2} - yulduzchalarning sirtqi diametrlari.

Zanjirning chidamliligi yetarli darajada bo'lishini ta'minlash maqsadida $a = (30 \dots 50) t$ mm qilib olish tavsiya etiladi.

Odatda, zanjirning uzunligi qadamlar soni bilan belgilanadi:

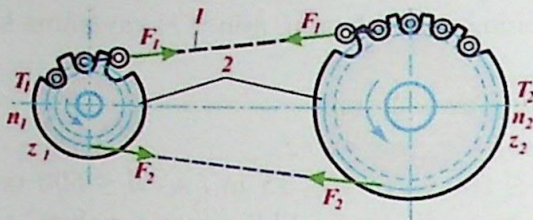
$$L_t \approx 2a/t + (z_1 + z_2)/2 + ((z_2 - z_1)/2\pi)^2 (t/a).$$

Aniqlangan L_t qiymatni butun juft congacha yaxlitlanadi va bunga ko'ra a qayta aniqlanadi:

$$a = \frac{t}{4} \left[L_t - \frac{z_1 + z_2}{2} \sqrt{\left(L_t - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right]$$

Uzatmaning normal ishlashi uchun zanjir ma'lum darajada salqi bo'lishi kerak. Buning uchun a -ning qiymati taxminan (0,001...0,002) a ga qadar kamaytiriladi.

3. Uzatmadagi kuchlar



Zanjirli uzatmalarda quyidagi kuchlar xosil bo'ladi:

2.7- rasm. Zanjirli uzatmaga tushadigan kuchlar

F_1 va F_2 -zanjirning yetaklovchi va yetaklanuvchi tarmoqlaridagi kuchlar; F_t -aylanma kuch; F_0 - dastlabki taranglik kuchi; F_v -markazdan qochma kuch ta'sirida hosil bo'ladigan kuch.

Kuchlar orasidagi munosabat quyidagicha:

$$F_1 - F_2 = F_t, \quad F_v = m \cdot V^2, \quad F_0 = K_f \cdot a \cdot m \cdot g,$$

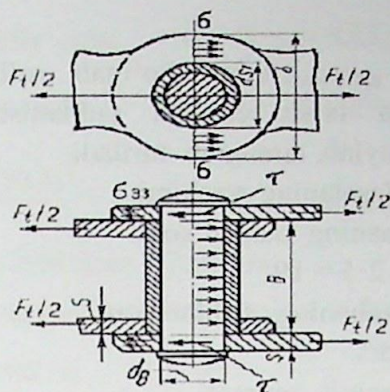
bu yerda a -zanjirning salqilik hosil qiladigan qismining uzunligi; m - bir metr zanjirning massasi kG/m); g -og'irlik kuchining tezlanishi, m/sek²; K_f - salqilik koeffitsienti (uzatmaning gorizantal tekislikka nisbatan joylashuviga va f - zanjirning salqilik qiymatiga bog'liq). Odatda, $f \approx (0,01 \dots 0,02) a$ tavsiya etiladi.

Odatda, uzatmaning yaxshi ishlashi uchun $F_2 = F_0 - F_v > 0$ bo'lishi kerak, ya'ni zanjir elementlarining yeyilish me'yorida bo'lishi uchun $F_0 > F_v$ shart bajarilishi kerak.

Amaliy hisoblarda odatdagi uzatmalar uchun $F_1 \approx F_t$, $F_2 \approx 0$ qilib olish mumkin.

4.Zanjirdagi kuchlanishlar.

Zanjir elementlarida asosan quyidagi kuchlanishlar hosil bo'ladi (2.8 - rasm):



12.3 – rasm.

a) ichki plastinkalarning vtulka oʻrnatiladigan qismidagi choʻzuvchi

kuchlanish:
$$\sigma = \frac{F_t}{2(b - d_{BT})S} \leq [\sigma];$$

b) sirtqi plastinkalarning valik oʻrnatiladigan qismidagi ezuvchi

kuchlanish:
$$\sigma = \frac{F_t}{2b_B S} \leq [\sigma_{zz}];$$

v) valiklardagi kesuvchi kuchlanish:
$$\tau = \frac{2F_t}{\pi d_B^2} \leq [\tau].$$

Bu kuchlanishlar zanjirning standart oʻlchamlarini belgilashda eʼtiborga olingan.

Mashinasozlikda koʻp ishlatiladigan vtulka rolikli zanjirlar uchun yuqorida keltirilgan kuchlanishdan sharnirda hosil boʻladigan bosim eng asosiysidir. Chunki zanjirning ishlash muddati uning sharnirlarining ishlash muddati bilan belgilanadi. Shuning uchun zanjir sharnirlarining yeyilishga chidamliligini aniqlanadi, bunda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$q = F_t / (B \cdot d_v) \leq [q],$$

bu yerda q - sharnirdagi (valik bilan vtulka oʻrtasidagi) bosim;

F_t - aylanma kuch, N; d_v - valikning diametri; V - zanjirning eni;

$[q]$ - joiz bosim, uning qiymati zanjirning qadamiga va yetakchi yulduzchaning aylanish soniga koʻra jadvalda beriladi.

Masala №1.

$R_1 = 4 \text{ kVt}$, $n_1 = 720 \text{ ayl/min}$, $u = 5$ bo'lgan rolikli zanjirli uzatma hisoblansin. Uzatmaga ta'sir etuvchi yuklanish o'zgarimas. Zanjir vaqti – vaqti bilan moylab, taranglab turiladi.

Masalaning yechimi.

1. Etaklovchi yulduzchaning tishlar soni.

$$Z_1 = 29 - 2u = 29 - 2 \cdot 5 = 19.$$

2. Etaklanuvchi yulduzchaning tishlar soni.

$$Z_2 = Z_1 \cdot u = 19 \cdot 5 = 85.$$

3. Uzatish sonining haqiqiy qiymati.

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{85}{19} = 5.$$

4. Uzatma zanjirining qadami.

$$t = 2,8 \sqrt{T_1 \cdot K_s / [\rho]} \cdot Z_1 \text{ mm. bunda.}$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{4}{720} = 53 H \cdot m$$

$$K_s = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 1,875$$

Uzatma zanjirining tezligini taxminan $v = 4 \text{ m/c}$ qilib olib, () formuladan bosimning joiz qiymatini tanlaymiz, ya'ni

$$[\rho] = 17 \text{ MPa. } t = 2,8 \sqrt{\frac{53 \cdot 10^3 \cdot 1,875}{24,2 \cdot 19}} = 16,8 \text{ mm}$$

jadvaldan $t = 19,05 \text{ mm}$ qilib qabul qilamiz.

5. Uzatma zanjirining tezligi

$$v = Z_1 \cdot n_1 \cdot t = \frac{19 \cdot 720 \cdot 19,05}{60 \cdot 10^3} = 4,34 \text{ m/c}$$

6. Uzatma zanjiri sharnirlaridagi bosimning haqiqiy qiymati.

$$p = (2,8)^3 \frac{T_1 \cdot K_s}{Z_1 \cdot t^3} = (2,8)^3 \frac{53 \cdot 10^3 \cdot 1,875}{19 \cdot (19,05)^3} = 16,6 \text{ MPa}$$

Demak, $p = 16,6 < [\rho] = 24,2 \text{ MPa}$

7. Uzatmaning geometrik o'lchamlari.

a) o'qlararo masofa

$$a = 40 \cdot t = 40 \cdot 19,05 = 762 \text{ mm}$$

b) zanjirdagi bo'g'inlar soni $L_t = 2 \cdot a_t + 0,5 Z_{y2} + \Delta^2 / a_t$,

$$Z_{y2} = Z_1 + Z_2 = 19 + 85 = 104, \quad \Delta = (Z_2 - Z_1) / 2\pi = \frac{85 - 19}{2 \cdot 3,14} = 10,5,$$

$$L_t = 2 \cdot 40 + 0,5 \cdot 104 + \frac{(10,5)^2}{40} = 134 \quad \text{zanjirning uzunligi}$$

$$L = L_t \cdot t = 134 \cdot 19,05 = 2560,3 \text{ mm} = 2,5603 \text{ m.}$$

8. Zanjir bo'g'inlarining yulduzcha tishlariga urilish chastotasi.

$$W = 4 \cdot Z_1 \cdot n_1 / 60 \cdot L_t \leq 508 / t; \quad W = \frac{4 \cdot 19 \cdot 720}{60 \cdot 134} = 6,5 \text{ c}^{-1}$$

$$508 / t = 508 / 19,05 = 26,6 \text{ c}^{-1} \quad 6,5 < 26,6.$$

9. Uzatma zanjiri uchun mustahkamlik bo'yicha xavfsizlik koeffitsienti.

$$S = \frac{F_{y2}}{F_t \cdot K_1 + F_m + F_f};$$

$$F_{y2} = 31,8 \text{ kH (jadval); } F_m = m \cdot v^2 = 1,9 \cdot (4,34)^2 = 35,78 \text{ H;}$$

$$F_f = g \cdot K_f \cdot m \cdot a_t = 9,81 \cdot 1,0 \cdot 1,9 \cdot 0,762 = 14,2 \text{ H;}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_{\sigma 1}} = \frac{2 \cdot 53 \cdot 10^3}{115,27} = 919,6 \text{ H; } d_{\sigma 1} = \frac{Z_1 \cdot t}{\pi} = \frac{19 \cdot 19,05}{3,14} = 115,27 \text{ mm.}$$

$$S = \frac{31,8 \cdot 10^3}{919,6 \cdot 1,0 + 35,78 + 14,2} = 32. \quad [S] = 10,8 \quad \text{(jadval)}$$

$S > [S]$ shart bajariladi.

Mustaqil ish variantlari

Vari- ant	P_1	n_1	U	Vari- ant	P_1	n_1	U	Vari- ant	P_1	n_1	U
1	6	750	5	11	14	250	3,5	21	10	1000	3,0
2	6	800	3,0	12	10	350	3,5	22	12	1050	3,5
3	5	850	3,5	13	6	300	5,0	23	12	1350	3,0
4	5	900	5,0	14	5	350	5,5	24	14	1200	4,0
5	4	950	4,0	15	13	400	4,5	25	14	1400	2,5
6	3	600	4,5	16	17	600	4,0	26	16	600	2,5
7	3	800	4,5	17	7	650	3,0	27	16	650	2,0
8	2	700	6,5	18	8	700	3,0	28	12	700	3,0
9	2	1000	5,0	19	9	750	2,5	29	13	750	2,5
10	2	1100	3,0	20	10	1300	1,5	30	11	800	5,0

Masala №1.

$R_1 = 4 \text{ kVt}$, $n_1 = 720 \text{ ayl /min}$, $u = 5$ bo'lgan rolikli zanjirli uzatma hisoblansin. Uzatmaga ta'sir etuvchi yuklanish o'zgarmas. Zanjir vaqti – vaqti bilan moylab, taranglab turiladi.

Masalaning yechimi.

1. Etaklovchi yulduzchaning tishlar soni.

$$Z_1 = 29 - 2u = 29 - 2 \cdot 5 = 19.$$

2. Etaklanuvchi yulduzchaning tishlar soni.

$$Z_2 = Z_1 \cdot u = 19 \cdot 5 = 85.$$

3. Uzatish sonining haqiqiy qiymati.

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{85}{19} = 5.$$

4. Uzatma zanjirining qadami.

$$t = 2,8 \sqrt{T_1 \cdot K_3 / [\rho]} \cdot Z_1 \text{ mm.} \quad \text{bunda.}$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{4}{720} = 53 \text{ H} \cdot \text{m}$$

$$K_3 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 1,875$$

Uzatma zanjirining tezligini taxminan $v = 4 \text{ m/c}$ qilib olib,

() formuladan bosimning joiz qiymatini tanlaymiz, ya'ni

$$[\rho] = 17 \text{ MPa.} \quad t = 2,8 \sqrt{\frac{53 \cdot 10^3 \cdot 1,875}{24,2 \cdot 19}} = 16,8 \text{ mm}$$

jadvaldan $t = 19,05 \text{ mm}$ qilib qabul qilamiz.

5. Uzatma zanjirining tezligi

$$v = Z_1 \cdot n_1 \cdot t = \frac{19 \cdot 720 \cdot 19,05}{60 \cdot 10^3} = 4,34 \text{ m/c}$$

6. Uzatma zanjiri sharnirlaridagi bosimning haqiqiy qiymati.

$$p = (2,8)^3 \frac{T_1 \cdot K_3}{Z_1 \cdot t^3} = (2,8)^3 \frac{53 \cdot 10^3 \cdot 1,875}{19 \cdot (19,05)^3} = 16,6 \text{ MPa}$$

Demak, $\rho = 16,6 < [\rho] = 24,2 \text{ MPa}$

7. Uzatmaning geometrik o'lchamlari.

a) o'qlararo masofa

$$a = 40 \cdot t = 40 \cdot 19,05 = 762 \text{ mm}$$

b) zanjirdagi bo'g'inlar soni $L_t = 2 \cdot a_t + 0,5Z_{ym} + \Delta^2 / a_t,$

$$Z_{ym} = Z_1 + Z_2 = 19 + 85 = 104, \quad \Delta = (Z_2 - Z_1) / 2\pi = \frac{85 - 19}{2 \cdot 3,14} = 10,5,$$

$$L_t = 2 \cdot 40 + 0,5 \cdot 104 + \frac{(10,5)^2}{40} = 134 \quad \text{)zanjirning} \quad \text{uzunligi}$$

$$L = L_t \cdot t = 134 \cdot 19,05 = 2560,3 \text{ mm} = 2,5603 \text{ m}.$$

8.Zanjir bo'g'inlarining yulduzcha tishlariga urilish chastotasi.

$$W = 4 \cdot Z_1 \cdot n_1 / 60 \cdot L_t \leq 508 / t; \quad W = \frac{4 \cdot 19 \cdot 720}{60 \cdot 134} = 6,5 \text{ c}^{-1}$$

$$508 / t = 508 / 19,05 = 26,6 \text{ c}^{-1} \quad 6,5 < 26,6.$$

9.Uzatma zanjiri uchun mustahkamlik bo'yicha xavfsizlik koeffitsienti.

$$S = \frac{F_{yz}}{F_t \cdot K_1 + F_m + F_f};$$

$$F_{yz} = 31,8 \text{ kH} \quad (\text{jadval}); \quad F_m = m \cdot v^2 = 1,9 \cdot (4,34)^2 = 35,78 \text{ H};$$

$$F_f = g \cdot K_f \cdot m \cdot a_t = 9,81 \cdot 1,0 \cdot 1,9 \cdot 0,762 = 14,2 \text{ H};$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_{\sigma 1}} = \frac{2 \cdot 53 \cdot 10^3}{115,27} = 919,6 \text{ H}; \quad d_{\sigma 1} = \frac{Z_1 \cdot t}{\pi} = \frac{19 \cdot 19,05}{3,14} = 115,27 \text{ mm}.$$

$$S = \frac{31,8 \cdot 10^3}{919,6 \cdot 1,0 + 35,78 + 14,2} = 32. \quad [S] = 10,8 \quad (\text{jadval})$$

$S > [S]$ shart bajariladi.

Mustaqil ish variantlari

Vari- -ant	P_1	n_1	U	Vari- -ant	P_1	n_1	U	Vari- -ant	P_1	n_1	U
1	6	750	5	11	14	250	3,5	21	10	1000	3,0
2	6	800	3,0	12	10	350	3,5	22	12	1050	3,5
3	5	850	3,5	13	6	300	5,0	23	12	1350	3,0
4	5	900	5,0	14	5	350	5,5	24	14	1200	4,0
5	4	950	4,0	15	13	400	4,5	25	14	1400	2,5
6	3	600	4,5	16	17	600	4,0	26	16	600	2,5
7	3	800	4,5	17	7	650	3,0	27	16	650	2,0
8	2	700	6,5	18	8	700	3,0	28	12	700	3,0
9	2	1000	5,0	19	9	750	2,5	29	13	750	2,5
10	2	1100	3,0	20	10	1300	1,5	30	11	800	5,0

Masala №2

$R_1 = 4 \text{ kVt}$, $n_1 = 720 \text{ ayl/min}$, $u = 5$ bo'lgan tishli zanjirli uzatma hisoblanсин. Uzatmaga ta'sir etuvchi yuklanish o'zgarmas. Zanjir vaqti – vaqti bilan moylab, taranglab turiladi.

Masalaning yechimi.

1. Etaklovchi yulduzchanning tishlari soni.

$$Z_1 = 35 - 2 \cdot u = 35 - 2 \cdot 5 = 25$$

2. Etaklanuvchi yulduzchanning tishlari soni.

$$Z_2 = Z_1 \cdot u = 25 \cdot 5 = 125.$$

3. Uzatish sonining haqiqiy qiymati.

$$u = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{125}{25} = 5.$$

4. – jadvaldan zanjir qadamini tanlab, uzatma zanjirining tezligi aniqlanadi. $t = 12,7 \text{ mm}$. qilib olinadi. Uzatma zanjirining tezligi.

$$v = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{25 \cdot 12,7 \cdot 720}{60 \cdot 10^3} = 3,048 \text{ m/c}$$

5. Zanjirning eni aniqlanadi.

$$b \geq 10 \cdot \frac{P_1 K_3}{[\rho_{10}]} \text{ mm}, \quad [\rho_{10}] \text{ ning qiymati} \quad - \text{jadvaldan } t \text{ hamda } v$$

ning qiymatiga nisbatan tanlanadi. $t = 12,7 \text{ mm}$, $v = 3,048 \text{ m/c}$

bo'lganda $[\rho_{10}] = 1,6$.

$$K_3 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 1,875$$

$$b = 10 \cdot \frac{4 \cdot 1,875}{1,6} = 46,875 \text{ mm} \quad - \text{jadval bo'yicha qadami } 19,05 \text{ mm, eni}$$

45,0 mm bo'lgan zanjir tanlanadi.

6. Uzatmaning geometrik o'lchamlari.

$$a) \text{ o'qlararo masofa } a = 40 \cdot t = 40 \cdot 19,05 = 762 \text{ mm}$$

$$b) \text{ zanjirdagi bo'g'inlar soni } L_t = 2 \cdot a_t + 0,5 Z_{ym} + \Delta^2 / a_t$$

$$Z_{ym} = Z_1 + Z_2 = 25 + 125 = 150, \quad \Delta = (Z_2 - Z_1) / 2\pi = \frac{125 - 25}{2 \cdot 3,14} = 15,92,$$

$$L_t = 2 \cdot 40 + 0,5 \cdot 150 + \frac{(15,92)^2}{40} = 162$$

$$v) \text{ zanjirning uzunligi } L = L_t \cdot t = 162 \cdot 19,05 = 3086,1 \text{ mm} = 3,0861 \text{ m}$$

7. Zanjir bo'g'inlarining yulduzcha tishlariga urilish chastotasi.

$$W = 4 \cdot Z_1 \cdot n_1 / 60 \cdot L_t \leq 800 / t - 0,2 \cdot t \quad W = \frac{4 \cdot 25 \cdot 720}{60 \cdot 162} = 6,66 \cdot c^{-1};$$

$$\frac{800}{19,05} - 0,2 \cdot 19,05 = 38,08 c^{-1} \quad 6,66 < 38,08$$

8. Uzatma zanjiri uchun mustahkamlik bo'yicha xavfsizlik koeffitsienti.

$$S = \frac{F_{ys}}{F_t \cdot K_f + F_m + F_f};$$

$$F_{ys} = 74 \kappa H \quad (- \text{jadval}); \quad F_m = m \cdot v^2 = 3,9 \cdot (3,058)^2 = 36,47 H;$$

$$m = 3,9 \quad (- \text{jadval});$$

$$F_f = g \cdot K_f \cdot m \cdot a = 9,81 \cdot 6,0 \cdot 3,9 \cdot 0,762 = 174,92 H; \quad K_f = 6,0$$

[formulaga qarang];

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_{\sigma 1}} = \frac{2 \cdot 53 \cdot 10^3}{151,33} = 873,65 H; \quad d_{\sigma 1} = \frac{Z_1 \cdot t}{\pi} = \frac{25 \cdot 19,05}{3,14} = 151,33 mm;$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{4,0}{720} = 53 H \cdot m$$

$$S = \frac{74 \cdot 10^3}{873,65 \cdot 1,875 + 36,47 + 174,92} = 40$$

[S] = 32 (jadval) $S < [S]$ shart bajariladi.

Mustaqil ish variantlari

Vari- -ant	P_1	n_1	U	Vari- -ant	P_1	n_1	U	Vari- -ant	P_1	n_1	U
1	8	1200	5	11	6	1250	3,5	21	10	1200	2
2	8	1250	5	12	6	1350	3,5	22	12	1250	2
3	8	1300	5	13	6	1300	5,0	23	12	1300	2
4	6	1350	5	14	5	1350	5,5	24	14	1350	2
5	6	1400	5	15	5	1400	4,5	25	14	1400	4
6	6	600	4	16	8	600	4,0	26	16	600	4
7	2	650	4	17	8	650	3,0	27	16	650	4
8	2	700	4	18	9	700	3,0	28	12	700	3
9	2	750	4	19	9	750	2,5	29	13	750	3
10	2	800	4	20	10	1300	1,5	30	11	800	3

Amaliy mashg'ulot № 6
Vallarning loyiha va tekshiruv hisobi.

Vallarni mustahkamlikka hisoblash.

Vallar eguvchi moment M va burovchi moment T ta'siriga chidamliligi, bikrligi hamda titrashga chidamliligi bo'yicha hisoblanadi. O'qlarni hisoblash vallarni hisoblashning Tq_0 bo'lgandagi xususiy holdir. Odatda, vallarning mustahkamligini hisoblash asosida loyihalash ishi quyidagi tartibda bajariladi.

Valning eskizini chizib, taxminan hisoblash uchun empirik formula yordamida yoki burovchi moment ta'sirini hisobga olgan holda uning diametri aniqlanadi. Masalan, yopiq uzatma yetaklovchi vallarning $d = (0,35 - 0,4) a$ formula yordamida aniqlash mumkin. Val uchining diametri faqat burovchi moment ta'sirida quyidagicha aniqlanadi.

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}} \text{ mm}, \quad T = 9550 \frac{P}{n} \approx 0,2 d^3 [\tau]$$

bu yerda: T -burovchi moment, N.m; R - quvvat, kVt; n -valning aylanish soni, min^{-1} , d -valning diametri; $[\tau] = 15 - 25 \text{ MPa}$ burilishdagi kuchlanishning joiz qiymati.

Topilgan taxminiy diametrغا asoslanib, valning tuzilishi chamalab chizib olinadi. Bunda valning istalgan kesimidagi kuchlanish iloji boricha bir xil bo'lishiga erishish lozim. Buning uchun valning aylanuvchi detal o'rnatilgan o'rta qismini yo'g'onroq qilib, tayanchlarga yaqinlashgan sari ingichkalashtirib borish tavsiya etiladi. Valning chetki qismi diametrini tanlashda uni elektrodvigatel valiga mos, ya'ni $d = (0,8 \div 1,2) d_{os}$ ga keltirish kerakligini nazarda tutish lozim.

Valning tuzilishi qo'yilgan talabga to'la javob berishiga ishonch hosil qilingach, uning mustahkamligi tekshirib ko'riladi. Buni ikki xil usul bilan amalga oshirish mumkin:

1. Joiz kuchlanishlar hamda keltirilgan moment bo'yicha tekshirish usuli (taqribiy usul).
2. Havfli kesimdagi kuchlanishlar to'planishini e'tiborga oluvchi va xavfsizlik koeffitsientini topish asosida tekshirish usuli (aniqlashtirilgan usul).

Vallarni mustahkamlikka hisoblashning taqribiy usuli.

Vallarni hisoblashning bu usuli materiallar qarshiligi fanida o'tilgan materiallarga asoslangan bo'lib, val havfli kesimining diametri keltirilgan moment asosida keltirilgan moment esa eguvchi va burovchi momentlar qiymati asosida aniqlanadi.

Xisoblash sxemasini tanlashda, val tayanchlari uch xil ko'rinishda bo'lishi mumkin: qo'zg'almas sharnir, qo'zg'aluvchi sharnir hamda bir tomonlama siqilgan xolatda bo'lishi mumkin. Bunda podshipnikka radial hamda bo'ylama kuchlar ta'siri bo'lganda qo'zg'almas sharnirli tayanch, faqat radial kuchlar ta'siri bo'lganda qo'zg'aluvchan sharnirli tayanchlar olish tavsiya etiladi.

Valga o'rnatilgan tishli g'ildiraklar o'zaro ilashganda yuklanish g'ildirakning butun eni bo'ylab ta'sir etadi, lekin hisoblashda bu kuchlar bir nuqtaga ta'sir qiladi, deb qabul qilinadi. Agar valga ta'sir qiluvchi kuchlar o'rtasidagi burchak 30^0 gacha bo'lsa, bunda bitta tekislik deb qaraladi. 15.2-rasmda valga **F_t (aylanma kuch)** F_r , F_a kuchlar hamda uzatma vali dvigatel bilan mufta yordamida birlashtirilgan bo'lsa, muftalarning o'qdoshmasligi evaziga valga qo'shimcha ravishda F_m kuch ta'sir etadi. F_m kuchning yo'nalishi har xil bo'lishi mumkin. Hisoblash uchun uning yo'nalishini F_t kuch yo'nalgan tomonga yo'naltiriladi.

Vallarni hisoblashda F_m ning taxminiy qiymati quyidagicha aniqlanadi.

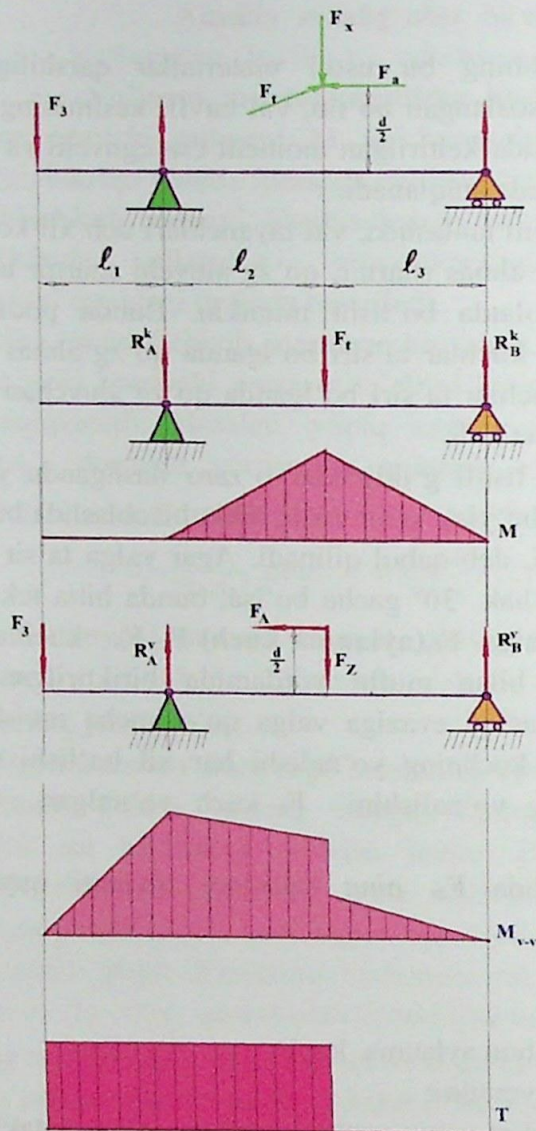
$$F_m = (0,2 \div 0,5) F_{tm}$$

Bu yerda: F_{tm} -mufta uchun aylanma kuch.

Hisoblashda F_m qiymatini:

Bir pog'onali standart yopiq uzatma yetaklovchi va yetaklanuvchi vallar uchun

$$F_m \approx 125 \sqrt{T_1}$$



15.2-rasm

Ko'p pog'onali yopiq uzatmalar uchun

$$F_m = 250\sqrt{T_1}$$

deb olish tavsiya etiladi. (T- Nm hisobida).

15.2-rasmda valga ta'sir qiluvchi kuchlar gorizontal hamda vertikal tekisliklarga bo'linib, shu tekisliklar uchun eguvchi moment (M_{H-H}, M_{V-V}) epyurasi tasvirlangan. Bu eguvchi moment qiymatlari asosida valning eng xavfli kesimi uchun eguvchi momentning qiymati aniqlanadi, ya'ni

$$M_y = \sqrt{(M_{H-H})^2 + (M_{V-V})^2}.$$

(M_{H-H}, M_{V-V}) -gorizontal hamda vertikal tekisliklar uchun eguvchi moment qiymatlari.

Burovchi moment T epyurasi ko'rib, valga ta'sir qiluvchi momentlarning ekvivalent qiymati aniqlanadi:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_y^2 + T^2}$$

bu asosida val havfli kesimining diametri aniqlanadi:

$$d = \frac{M_{\text{экв}}}{0,1 \cdot [\sigma]_{\text{с}}} \quad \text{MLM} \quad (15.1)$$

bu yerda: $[\sigma]_{\text{с}} = 50 - 60$ MPa egilishdagi kuchlanishning joiz qiymati.

Vallarni mustahkamlikka hisoblashning aniqlashtirilgan usuli.

Vallar ishlash jarayonida asosan statik kuchlar ta'sirida emas, balki toliqish natijasida ishga yaroqsiz holatga keladi (statik kuchlar ta'sirida ishdan chiqishi kamdan-kam uchraydi). Vallarning toliqishi ularning yuklanish xarakteriga bog'liq bo'ladi.

Yuklanish xarakterini ko'pincha aniq bilish qiyin bo'lganligi uchun egilishdagi kuchlanishning qiymatini aniqlashda yuklanish xarakteri simmetrik deb, burovchi moment ta'siri o'zgaruvchan bo'lganligi uchun buralishdagi kuchlanish qiymatini aniqlashda esa yuklanish xarakteri nolik deb qabul qilingan.

Vallarni mustahkamlikka hisoblashning aniqlashtirilgan usulida ta'sir etuvchi momentlardan tashqari, xavfli kesimlardagi kuchlanishlar to'planishini, valning geometrik o'lchamlari hamda sirt tozaligining kuchlanishlar qiymatiga ta'siri xam e'tiborga olingan holda xavfli kesim uchun, (taqribiy usulda xavfli kesim uchun diametr aniqlangan) xavfsizlik koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi.

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq [S] = 1,5 \div 2,5 \quad (15.2)$$

$$\text{bu yerda: } S_y = \frac{\sigma_{\sigma}}{k_{\sigma} \cdot k_F \cdot \sigma_{\sigma} + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}$$

ekvival kuchlanishlar bo'yicha xavfsizlik koeffitsienti.

$$S = \frac{\sigma_{\sigma}}{k_{\sigma} \cdot k_F \cdot \sigma_{\sigma} + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} = \text{urijma kuchlanishlar bo'yicha xavfsizlik koeffitsienti.}$$

Bu yerda: $\sigma_{\sigma}, \tau_{\sigma}$ - kuchlanish siklining o'zgaruvchan qismi.

$$\sigma_m = 0, \sigma_{\sigma} = \sigma_{\sigma} = M / (0,1 d^3), \tau_m = \tau_{\sigma} = 0,5 \tau = 0,5 T / (0,2 d^3)$$

$\psi_{\sigma}, \psi_{\tau}$ - kuchlanishlar siklining o'zgarmas qismini mustahkamlikka ta'sirini e'tiborga oluvchi koeffitsientlar.

Bu koeffitsient qiymatlari val materialining xarakteristikasiga bog'liq bo'lib, quyidagicha olinadi:

kam uglerodli materiallar $\psi_{\sigma} = 0,05, \psi_{\tau} = 0$.

o'rtacha uglerodli materiallar $\psi_{\sigma} = 0,10, \psi_{\tau} = 0,05$.

Legirlangan po'lat materiallar $\psi_{\sigma} = 0,15, \psi_{\tau} = 0,1$.

$\sigma_{-1} = 0,45 \sigma_{\sigma}, \tau_{-1} = 0,58 \sigma_{\tau}$ - val materialining chidamlilik chegarasi.

$K_{d\sigma}, k_F$ - val diametrini hamda sirt tozaligini hisobga oluvchi koeffitsientlarning qiymatlari grafik ravishda berilgan.

k_{σ}, k_{τ} - vallarni egilish va buralishida kuchlanishlarning to'planishini hisobga oluvchi koeffitsient.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, valning mustahkamligini uning sirtini azot bilan to'yintirish, chidamliligini esa yu.ch.t. yordamida toblash yo'llari bilan 50% gacha oshirish mumkin.

Ishlash jarayonida deformatsiya bo'lishiga yo'l qo'ymaslik uchun statik kuchlarga mustahkamligi tekshiriladi. Bunda ekvivalent kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_{\sigma}^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \quad (15.3)$$

bu yerda: $\sigma_{\sigma} = M / (0,1 d^3), \tau = T / 0,2 d^3$

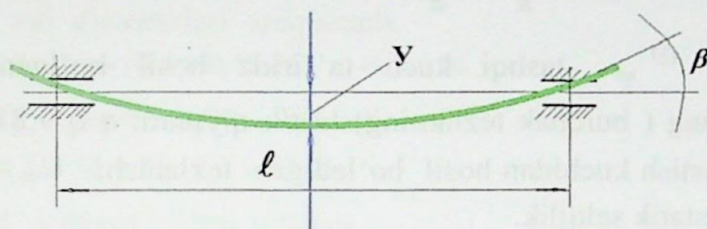
M, T - val havfli kesimidagi eguvchi va burovchi momentlar.

Joiz kuchlanishning eng katta qiymati val materialining oqish chegarasiga yaqin qilib olinadi, ya'ni:

$$\sigma \approx 0,8 \sigma_{oq} \text{ MPa}$$

Vallarni bikiqlikka hisoblash.

Vallarning ish jarayonida egilishi ularning hamda ular bilan bog'liq bo'lgan detallarning ishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli vallarning egilishidan hosil bo'ladigan salqilikning hamda tayanchga nisbatan qiyalik burchagining qiymati ma'lum chegaradan ortib ketmasligi lozim (15.3-rasm). Masalan, dumalash elementlari xalqalarda siqilmasligi, rolikli podshipnik o'rnatilgan valda yuklanish rolik uzunligi bo'yicha bir tekis taqsimlanishi lozim.



15.3-rasm.

Salqilikning joiz qiymati valning tuzilishi, ishlash sharoiti hamda qo'yilgan talablarga ko'ra, har bir xol uchun alohida belgilanadi. Masalan, tishli g'ildirak o'rnatilgan vallar uchun salqilikning eng katta qiymati $(0,0002-0,0003)L$ dan oshmasligi kerak, bu yerda L – tayanchlar o'rtasidagi masofa. Silindrsimon tishli g'ildirak uchun salqilik qiymati $[y] = 0,01 \text{ m}$; konussimon tishli g'ildiraklar uchun $[y] = 0,005 \text{ m}$;

Podshipnik o'rnatilgan kesimlar uchun vallarning qiyalik burchagi rad. Hisobida bir qatorli zoldirli podshipniklar uchun 0,065; zoldirli sferik podshipniklar uchun 0,05; silindrsimon rolikli podshipniklar uchun 0,0025; konussimon rolikli podshipniklar uchun 0,0016; Sirpanish podshipnigi uchun 0,001-0,002 bo'lishi kerak.

Vallar uchun qiyalik burchagi uning uzunligiga bog'liq bo'lib har metr uzunligiga 0,20- ... 10^0 gacha bo'lishi mumkin.

Vallarning titrashga chidamliligini hisoblash.

Bundan asosiy maqsad vallarning sinishiga sabab bo'ladigan rezonans hodisasiga yo'l qo'ymaslikdir. Vallarda rezonans hodisasi boshlanadigan aylanish tezligi aylanish chastotasining kritik qiymati

bilan belgilanadi. Har bir valning tuzilishi hamda ishlash sharoitiga qarab, aylanishlar chastotasining kritik qiymati har xil bo'ladi.

Vallarning haqiqiy aylanish chastotasi kritik qiymatga yetganda tashqi kuchlarning ta'sir etish chastotasi xususiy tebranish chastotasiga mos kelib qoladi. Bunday hollarda tebranish amplitudasi keskin kattalashadi va oqibatda val sinadi. Demak, rezonans hodisasi sodir bo'lmasligi uchun vallarning mazkur sharoitdagi aylanish tezligining qiymati aylanishlar chastotasining kritik qiymatiga teng bo'lib qolmasligi kerak. Aylanish chastotasining kritik qiymati quyidagicha topiladi:

$$\Pi_{kp} = \frac{30\omega_{kp}}{\pi} = \frac{30}{\pi} \sqrt{q/Y_{CT}} \quad (15.4)$$

bu yerda: ω_{kp} - tashqi kuch ta'sirida hosil bo'lgan tebranish chastotasining (burchak tezlikning) kritik qiymati; $q = 9,81 Y_{CT} - M/c^2$, yerning tortish kuchidan hosil bo'ladigan tezlanish; U_{sr} - valda hosil bo'ladigan statik salqilik.

Demak, statik usul bilan aniqlangan salqilik qiymatidan foydalanilsa, kiritik aylanish chastotasi kiritik qiymatga yetgan vallar to'satdan sinib ketmaydi. Shu sababli, talab qilingan hollarda vallarning (masalan, tish davolashda ishlatiladigan mashinalar egiluvchan vallari) hisobiy aylanish chastotasi kritik qiymatidan katta bo'lishi ham mumkin. Bunday hollarning uzoq davom etmasligini ta'minlash lozim. Bundan tashqari, rezonans hodisasi kritik aylanish chastotasining karrali qiymatlarida ($2P_{kr}$, $3P_{kr}$ va h.k.) takrorlanib turadi, buni ham esdan chiqarmaslik kerak.

Odatda, rezonans hodisasi ro'y bermasligi uchun biki vallarda $\Pi \leq 0,7\Pi_{kp}$, egiluvchan vallarda esa $\Pi \leq 1,3\Pi_{kp}$ bo'lishini ta'minlash darkor.

Masala № 1

1. Ikki pog'onali uch o'qli silindrik uzatma vallarining mustahkamligi

hisoblansin. Bunda $T_1 = 54,42 \text{ H} \cdot \text{m}$, $T_2 = 213,5 \text{ H} \cdot \text{m}$, $T_3 = 534,29 \text{ H} \cdot \text{m}$, $a_c = 112 \text{ mm}$.

Masalaning yechimi.

1.Uzatma vallarini hisoblashning taxminiy usuli.

a) Birinchi val uchining diametrini aniqlanadi.

$$d = \sqrt[3]{\frac{T_1}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{54,42 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 26 \text{ mm}$$

Valning qolgan qismlari chamalab chizib olinadi (rasm);

$$d = (0,8 \div 1,2) \cdot d_{oe}; \quad d_n = d + 2 \cdot t \text{ mm}, \quad t = 2,2 \quad (\text{jadval});$$

$$d_n = 26 + 2 \cdot 2,2 = 30,4, \quad d_n = d + 2 \cdot t \text{ mm}, \quad d_n = 30 \text{ mm};$$

$$d_1 = d_n + 3,2 \cdot r = 30 + 3,2 \cdot 2,5 = 38 \text{ mm}, \quad r = 2,5 \quad (\text{jadval})$$

$$d_1 = 38 \text{ mm} \quad \text{qilib olamiz.}$$

b) Oraliq val diametrlari aniqlanadi.

$$d_2 = (0,4 \div 0,5) \cdot a_c = (0,4 \div 0,5) \cdot 112 = 44,8 \div 56.$$

yaxlitlab, $d_2 = 50 \text{ mm}$ qilib olinadi.

$$d_n = d_2 - 3,2 \cdot t = 50 - 3,2 \cdot 2,2 = 42,96.$$

yaxlitlab, $d_n = 40 \text{ mm}$ qilib olinadi.

v) Uchinchi val diametrlari aniqlanadi:

$$\text{val uchining diametri} \quad d = \sqrt[3]{\frac{T_3}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{543,29 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 50,76 \text{ mm}$$

yaxlitlab, $d_3 = 50 \text{ mm}$ qilib olinadi;

$$d_n = d_3 + 2 \cdot t = 50 + 2 \cdot 3 = 56,0 \text{ mm}, \text{ yaxlitlab } d_n = 55 \text{ mm} \text{ qilib olinadi.}$$

$$d_4 = d_n + 3,2 \cdot r = 55 + 3,2 \cdot 3 = 64,5 \text{ mm}, \quad r = 3,0 \quad (\text{jadval});$$

yaxlitlab, $d_4 = 65 \text{ mm}$ qilib olinadi.

2.Uzatma vallarini hisoblashning taqribiy usuli.

Vallarni mazkur usul bo'yicha hisoblash uchun tayanchlar orasidagi masofa

hamda valga ta'sir etayotgan kuchlarning qiymati va yo'nalishi ma'lum

bo'lishi kerak. Tayanchlar orasidagi masofa quyidagicha aniqlanadi.

Val uchun zoldirli radial podshipnik (№ 208) tanlanadi.

$$x = 10, b_2 = 28, y = 10, b_3 = 45$$

$$l_1 = \frac{b_n}{2} + x + \frac{b_2}{2} = \frac{18}{2} + 10 + \frac{28}{2} = 33 \text{ mm}$$

$$l_2 = \frac{b_2}{2} + y + \frac{b_3}{2} = \frac{28}{2} + 10 + \frac{45}{2} = 46 \text{ mm}$$

$$l_3 = \frac{b_3}{2} + y + \frac{b_n}{2} = \frac{45}{2} + 10 + \frac{18}{2} = 41 \text{ mm}$$

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = 33 + 46 + 41 = 120 \text{ mm}$$

Uzatmadagi oraliq valning mustahkamligi hisoblanadi (rasm).

$$F_{r2} = 3344 \text{ H}; F_{a2} = 762 \text{ H}; F_{r2} = 1187 \text{ H};$$

$$F_{r3} = 6511 \text{ H}; F_{r3} = 2381 \text{ H}; d_2 = 128 \text{ mm};$$

Tayanchlardagi reaksiya kuchlarining qiymatlari aniqlanadi.

a) gorizontal tekislikda $\sum M_A = 0 \Leftrightarrow -R_B^H \cdot 120 + F_{r2} \cdot 79 + F_{r3} \cdot 33 = 0$

$$R_B^H = \frac{6511 \cdot 76 + 3344 \cdot 33}{120} = 5206 \text{ H}$$

$$\sum M_B = 0 \Leftrightarrow R_A^H \cdot 120 - F_{r2} \cdot 87 - F_{r3} \cdot 41 = 0$$

$$R_A^H = \frac{(3344 \cdot 87 + 6511 \cdot 41)}{120} = 4649 \text{ H}.$$

$$\sum Y = 0 \Leftrightarrow R_A^V - F_{r2} - F_{r3} + R_B^V = 4649 - 3344 - 6511 + 5206 = 0$$

Eguvchi moment qiymatlari.

I - qismda; $0 < X_1 < 33$.

$$M_{x1} = R_A^H \cdot x_1, x_1 = 0 \text{ бўлганда } M_{x1} = 0; x_1 = 33 \text{ бўлганда}$$

$$M_{x1} = 4649 \cdot 33 = 153417 \text{ H} \cdot \text{mm}$$

$$0 < M_{x1} < 153417 \text{ H} \cdot \text{mm}.$$

II - qismda; $0 < X_2 < 42$.

$$M_{x2} = R_B^H \cdot x_2, x_2 = 0 \text{ бўлганда } M_{x2} = 0; x_2 = 41 \text{ бўлганда}$$

$$M_{x2} = 5206 \cdot 41 = 213446 \text{ H} \cdot \text{mm}.$$

b) vertikal tekislikda

$$\sum M_A^V = 0 \Leftrightarrow -R_B^V \cdot 120 - F_{r3} \cdot 79 + F_{r2} \cdot 33 - F_a \cdot \frac{d_2}{2} = 0$$

$$R_B^V = \frac{-2381 \cdot 79 + 1187 \cdot 33 - 762 \cdot 64}{120} = -1647,46 \text{ H}.$$

$$\sum M_B^V = 0 \Leftrightarrow -R_A^V \cdot 120 - F_{r2} \cdot 87 + F_{r3} \cdot 41 - F_a \cdot \frac{d_2}{2} = 0$$

$$R_A^V = \frac{1187 \cdot 87 - 2381 \cdot 41 + 762 \cdot 64}{120} = 453,46 H.$$

$$\sum Y = 0 \Leftrightarrow R_A^V - F_{r2} - F_{r3} + R_B^V = 453,46 - 1187 + 2381 - 1647,46 = 0$$

Eguvchi momentning qiymatlari.

I- qismda; $0 < X_1 < 33$.

$$M_{x1} = R_A^V \cdot x_1, x_1 = 0 \text{ бўлганда } M_{x1} = 0; x_1 = 33 \text{ бўлганда}$$

$$M_{x1} = 453,46 \cdot 33 = 14976 H \cdot mm.$$

II-qismda; $33 < X_2 < 79$.

$$M_{x2} = -F_{r2} \cdot (x_2 - 33) + F_a \cdot \frac{d_2}{2} + R_A^V \cdot x_2 = 0; x_2 = 33 \text{ бўлганда}$$

$$M_{x2} = 48768 + 14964 = 63732 H \cdot mm.$$

$$x_2 = 79 \text{ бўлганда}$$

$$M_{x2} = -1187 \cdot (79 - 33) + 762 \cdot 64 + 453,46 \cdot 79 = 28889 H \cdot mm.$$

III - qismda $0 < X_3 < 41$.

$$M_{x3} = -R_B^V \cdot x_3; x_3 = 0 \text{ бўлганда } M_{x3} = 0; x_3 = 41 \text{ бўлганда}$$

$$M_{x3} = -1647,46 \cdot 41 = -67545,86 H \cdot mm.$$

Valning eng xavfli kesimdagi diametri aniqlanadi.

$$M_{ym} = \sqrt{M_{H-H}^2 + M_{V-V}^2} = \sqrt{(213,5)^2 + (67,5)^2} = 223,9 H \cdot mm$$

$$M_{\text{экс}} = \sqrt{M_{ym}^2 + T_2^2} = \sqrt{(223,9)^2 + (213,5)^2} = 309,4 H \cdot mm.$$

$$d_3 = \sqrt[3]{M_{\text{экс}} / 0,1[\sigma_{\text{эс}}]} = \sqrt[3]{309,4 \cdot 10^3 / 0,1 \cdot 50} = 39,5 mm.$$

Valning taqribiy hisob bilan topilgan diametri taxminiy hisob bilan aniqlangan diametrdan kichik. Shuning uchun chamalab chizilgan

o'lchamning o'zi qoldiriladi.

3. Uzatma vallarini hisoblashning nisbatan aniq usuli.

Val uchun material tanlanadi. Val 35 markali po'lat materialdan tayyorlanadi (jadval).

Xavfsizlik koeffitsientining normal kuchlanish bo'yicha qiymati.

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{(K_{\sigma} / \varepsilon_{\sigma}) \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} = \frac{232}{1,4 / 0,7 \cdot 18,25 + 0,1 \cdot 0,38} = 5,95$$

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_M = 0,43 \cdot 540 = 232 \text{ MPa} \quad (\text{jadval});$$

$$K_{\sigma} = 1,4; \quad \varepsilon_{\sigma} = 0,7 \quad (\text{jadval}); \quad \psi_{\sigma} = 0,1 \quad (\text{jadval});$$

$$\sigma_m = \frac{F_a}{\pi \cdot d^2 / 4} = \frac{762 \cdot 4}{3,14 \cdot 50^2} = 0,38 \text{ H/mm}^2; \quad \sigma_a = 18,25 \text{ H/mm}^2.$$

Xavfsizlik koeffitsientining urinma kuchlanish bo'yicha qiymati.

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{(K_{\tau} / \varepsilon_{\tau}) \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} = \frac{134}{(1,4 / 0,7) \cdot 4,35} = 15,4$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 232 = 134 \text{ MPa}; \quad \tau_a = T / 2 W_k$$

$$= 213,5 \cdot 10^3 \cdot 10^6 / 2 \cdot 3,14 \cdot 50^3 =$$

$$= 4,35 \text{ H/mm}^2. \quad K_{\tau} = 1,4; \quad \varepsilon_{\tau} = 0,7; \quad \psi_{\tau} = 0.$$

Xavfsizlik koeffitsiuntining umumlashgan qiymati.

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{5,95 \cdot 15,4}{\sqrt{(5,95)^2 + (15,4)^2}} = 5,68.$$

Tavsiya etilgan usul bilan birinchi hamda uchinchi vallarning mustahkamligini aniqlash mumkin

Mustaqil ish variantlari

V ar i- an t	T_1	T_2	T_3	a_c	Va ri- an t	T_1	T_2	T_3	a_c	Va ri- an t	T_1	T_2	T_3	a_c
1	50	75	150	110	11	25	75	150	110	21	18	54	135	100
2	30	60	150	118	12	35	105	315	120	22	20	60	180	200
3	40	100	250	120	13	38	114	285	100	23	84	210	840	220
4	40	130	520	134	14	42	105	315	120	24	52	156	408	210
5	60	90	270	128	15	34	102	454	100	25	54	135	675	212
6	80	120	360	130	16	24	60	240	112	26	56	196	980	214
7	10	200	450	150	17	22	66	198	100	27	58	174	435	260
8	65	130	390	110	18	32	80	240	112	28	62	155	465	220
9	70	210	630	160	19	28	56	280	120	29	64	100	480	240
10	45	180	360	140	20	26	65	195	90	30	66	105	660	224

Amaliy mashg'ulot № 8.

Podshipniklarning xizmat muddatini aniqlash.

Dumalash podshipniklaridagi kuchlar va kinematikasi.

Radial kuchlar ta'sirida DP dumalash elementlari notekis, ya'ni yarmi yuklanishli yarmi yuklanishsiz bo'ladi (25.2-rasm). Muvozanat shartidan foydalanib, ta'sir etuvchi kuchni sharchalar orasida taqsimlanishini aniqlash mumkin:

$$F_r = F_0 + 2F_1 \cos \gamma + 2F_2 \cos (2\gamma) + \dots + 2F_n \cos(n\gamma), \quad (25.1)$$

bu yerda $\gamma = 360 / z$ — sharchalar orasidagi burchak; z — sharchalar soni. Har bir sharchaga ta'sir etuvchi kuch quyidagicha aniqlash mumkin:

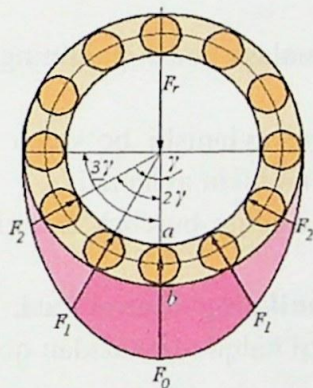
$$F_1 = F_0 \cos^{3/2} \gamma, F_2 = F_0 \cos^{3/2} 2\gamma \dots F_n = F_0 \cos^{3/2} n\gamma. \quad (25.2)$$

Topilgan qiymatlarni muvozanat shartiga qo'yib

$$F_r = F_0 (1 + 2) \sum \cos^{3/2} n\gamma \quad (25.3)$$

ifodani olamiz. Bundan eng katta kuchni qiymatini aniqlaymiz:

$$F_0 = k F_r / z; \quad k = z / (1 + 2) \sum \cos^{3/2} n\gamma. \quad (25.4)$$



25.2-rasm. Dumalash elementiga ta'sir etuvchi eng katta yuklamani aniqlash sxemasi

Bunda kontakt kuchlanish o'zga-ruvchan sikl bilan ta'sir qilishni erishish kerak.

Ta'sir etuvchi kuchlar qiymatlari aniqlangach, podshipnik detallarini uvalanib ishdan chiqishiga asosiy sabablardan biri bo'lgan kontakt kuchlanish- larni topish mumkin (bu yerda keltirilmaydi). DP yahshi ishlashi uchun ichki xalqani aylani-shini ta'minlash tavsiya etilidi.

Dumalash podshipnik kinematikasini o'rganish uchun ichki halqasi aylanadigan qilib o'rnatilgan podshipnik detallari uchun tuzilgan tezliklar planidan foydalanamiz (25.3-rasm). Bunga ko'ra:

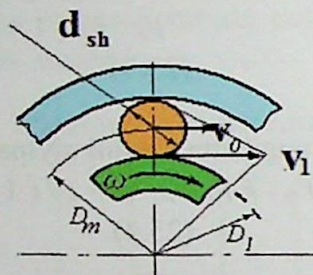
$$V_0 = V_1 / 2, V_1 = \omega D / 2. \quad (25.5)$$

Sharchaning (yoki rolikning) o'z o'qi atrofida aylanish chastotasi:

$$\omega_{sh} = 2 (V_1 - V_2) / d_{sh} = 0,5 \omega D_1 / d_{sh}. \quad (25.6)$$

Separatorning aylanish chastotasi sharchaning val o'qi atrofida aylanish chastotatasiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\omega_c = 2 V_0 / d_{sh} = 0,5 \omega D_1 / (D_1 + d_{sh}) \approx 0,5 \omega. \quad (25.7)$$

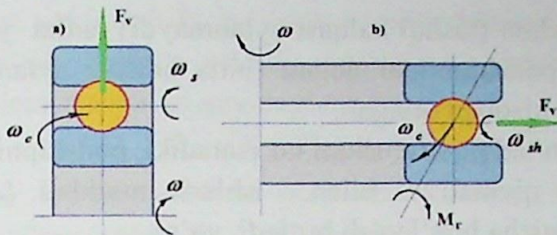


25.3-rasm. Dumalash podshipnigining kinematikasi.

Demak, ajratgich val aylanishi bo'yicha valning yarim burchak tezligiga teng burchak tezlik bilan aylanadi.

(25.7)- formuladan ajratgichning burchak tezligi sharcha o'lchamlariga bog'liqligi ko'rinadi.

Dumalash podshipnikning dinamikasi. Podshipnikning har bir sharchasi yoki roligi tashqi halqa markazidan qochma kuch bilan (25.4 - rasm)siqiladi.



25.4- rasm. Dumalash podshipnigi dinamikasiga doir sxema.

$$F_v = 0.5m\omega_c^2 D_m \quad (25.8)$$

Bu yerda: m- sharcha va rolikning massasi.

Podshipniklarni dinamik va statik yuk ko'taruvchanlik bo'yicha tanlash.

O'zgaruvchan kuchlanish ta'sirida kontaktdagi yuzalar toliqadi va yemirilishiga asosiy sabab bo'ladi. Xozirda DP mustahkamlikka hisoblash ikki usulga asoslangan:

- qoldiq deformatsiya bo'lmashligi uchun statik yuk ko'taruvchanlik bo'yicha;

-toliqishdan yemirilish bo'lmashligi uchun, dinamik yuk ko'taruvchanlik bo'yicha.

Amalda mashinalarni loyihalashda dumalash podshisniklari hisoblanmaydi, balki tayanchga ta'sir etuvchi kuch va boshqa zarur omillarni e'tiborga olish asosida standart bo'yicha jadvaldan tanlab olinadi. Chunki har qanday podshipnik uchun yuk ko'taruvchanlik hisoblangan.

1.Podshipniklarni dinamik yuk ko'taruvchanlik bo'yicha hisoblash.

Podshipnik o'rnatilgan valning aylanish soni $n > 10 \text{ min}^{-1}$ bo'lganda dinamik yuk ko'taruvchanlik S bo'yicha hisoblanib kerakli podshipnik jadvaldan tanlab olinadi, ya'ni $C_x \leq C$ shart bajarilishi kerak. S_x – hisobiy dinamik yuk ko'taruvchanlik; S- har bir podshipniklar uchun jadvaldan olinadi. Bu shunday bir doimiy yuklanishki, bunda podshipnik 1 mln.marta aylanganda ham 90% tekshirilgan podshipnik elementlarida uvalanish hodisasi bo'lmaydi. Bunda radial va radial-tirak zoldirli

podshipniklar uchun (tashqi halqasi aylanmaydi) radial yuklanish, tirak va tirak radial podshipniklar uchun (bitta halqasi aylanadi) bo'ylama yuklanish ta'siri hisobga olingan.

O'tqazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, podshipnik dinamik yuk ko'taruvchanlik qiymati S bilan ishlash muddati (aylanish soni) o'rtasida quyidagicha bog'lanish bo'ladi, ya'ni:

$$L = a \cdot a_2 \left(\frac{C}{R_s} \right)^8 \text{ mln.min}^{-1}; \quad C_x = R_s \sqrt[8]{\frac{L}{a_1 \cdot a_2} kH}.$$

bu yerda: L – ishlash muddati mln.min⁻¹ hisobida; R_s – ta'sir etuvchi kuchlarning ekvivalent qiymati: g-daraja ko'rsatkichi, zoldirli podshipniklar uchun 3,0; rolikli podshipniklar uchun 3,33; S_x – hisobiy dinamik yuk ko'taruvchanlik, α_1 – podshipnikning ishonchli ishlashini hisobga oluvchi koeffitsient:

Umumiy mashinasozlik sanoati uchun loyihalalanayotgan, ishlatiladigan podshipniklar $\alpha_1 = 1,0$. a_2 – podshipnik materiallarini hamda uning ishlash sharoitini hisobga oluvchi koeffitsient.

Agar podshipnikning aylanish soni o'zgaras bo'lsa, uning ishlash muddatini (soat hisobida) quyidagicha aniqlash tavsiya etiladi.

$$L_h = \frac{a_1 \cdot a_2 (C/R_s)^8 \cdot 10^6}{60 \cdot n} \quad \text{yoki} \quad L_h = \frac{L \cdot 10^5}{6 \cdot n} \geq [L_h] \quad \text{soat}$$

Bunda: $[L_h]$ ning qiymatlari chervyakli podshipniklar uchun ≥ 5000 soat (GOST 16162-85), tishli uzatmalar uchun ≥ 10000 soat.

Ekvivalent yuklanish qiymatini aniqlash hamda podshipniklarni tanlash.

Podshipniklarga bir vaqtning o'zida radial hamda bo'ylama kuchlar ta'sir etib, bu kuchlar o'zgaras, o'zgaruvchan yoki zarb bilan ta'sir qilishi mumkin. Shuningdek ish jarayonida podshipnikning tashqi yoki ichki xalqasi aylanishi mumkin. Shu yuqorida ko'rsatilgan hamma hollar podshipnik ishlash sifatiga ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun podshipnikka ta'sir qiluvchi yuklanishlarni ekvivalent yuklanish qiymatini aniqlashda hisobga olish kerak.

Ichki halqasi aylanib, tashqi halqasi aylanmaydigan podshipniklarning ish jarayonida radial kuch ta'sirida ishlash muddati

bilan ekvivalent yuklanish R_e ta'sirida ishlash muddati bir xil. Zoldirli radial, radial-tirak hamda rolikli radial-tirak podshipniklar uchun ekvivalent yuklanish qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$R_s = (X \sqrt{F_r} + Y F_a) k_1 \cdot k_2$$

bu yerda: F_r, F_a - radial va bo'ylama kuchlar; V - halqalarning aylanishini hisobga oluvchi koeffitsient, ichki halqa aylanganda $V=1,0$ tashqi halqa aylanganda $V=1,2$, k_1 - havfsizlik koeffitsientli bo'lib, yuklanish xarakterini hisobga oladi, yuklanish bir tekis bo'lsa $k_1=1,0$; yuklanish nisbatan notekis bo'lsa $k_1=1,3 \dots 1,5$; yuklanish zarb bilan bo'lganda $k_1=2,5 \dots 3,0$; ga teng qilib olinadi. k_2 - podshipnikning qizishni hisobga oluvchi koeffitsient. $^0t < 100^0C$ bo'lganda $k_2=1,0$ $^0t = 125 \dots 250^0C$ bo'lganda $k_2=1,5 \dots 1,4$. X, U - radial va bo'ylama kuchlar koeffitsientining qiymati.

R_e ning hisobiy qiymati podshipnik dumalash elementlarining kontakt burchagi α qiymatining o'zgarishini va ularning tashqi kuchni qabul qilib olishini ko'rsatadi. Agarda podshipnikka bo'ylama kuchning ta'siri bo'lmasa, unda radial bo'shliq bo'lganligi uchun dumalash elementlari notekis yuklanadi. Radial kuchning ta'siri o'zgarmas bo'lib, bo'ylama kuch ta'sirining qiymati ortishi bilan radial bo'shliq kamayib, yuklanadigan dumalash elementlarining soni ko'payib, yuklanish bir tekis taqsimlana boshlaydi. $F_a / IF_t = e$ - bo'ylama kuch ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient. F_a ning qiymati ortishi bilan podshipnik dumalash elementlarining yuklanishi ortadi. Shuning uchun, $F_a / VF_r < e$, $F_a / VF_r > e$, bo'lganda X, U ning qiymatlari ham har xil bo'ladi. Podshipniklar $F_a / VF_r \leq e$ bo'lganda, faqat radial kuch ta'sirida ishlaydi, deb qabul qilinadi, bunda $X=1$, $U=0$.

Silindrsimon kalta rolikli podshipniklar uchun ekvivalent yuklanishning qiymati: $R_s = \sqrt{F_r} \cdot k_1 \cdot k_2$. Tirak podshipniklar uchun $R_s = F_a \cdot k_1 \cdot k_2$. Val tayanchlariga o'rnatilgan radial-tirak podshipniklarda tashqi kuch ta'sirida qo'shimcha bo'ylama kuch hosil bo'ladi. Bu kuchning qiymati zoldirli radial-tirak podshipniklar uchun $F_s = e F_r$, konussimon rolikli radial-tirak podshipniklar uchun $F_s = 0,83 e F_r$, formulalar yordamida aniqlanadi.

ye- bo'ylama kuchlarni ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient, uning qiymatlarini zoldirli radial, radial-tirak hamda konussimon radial-tirak podshipnik uchun jadvaldan tanlash mumkin.

Bo'ylama kuchlarning umumiy qiymati. Podshipniklarga ta'sir qiluvchi kuch F_s qiymati aniqlangangach, ta'sir qiluvchi kuchlarning muvozanatda bo'lishini hisobga olgan holda tenglama tuzilib, tenglamadan bo'ylama kuchlarning umumiy qiymatlari F_{aA}, F_{aB} aniqlanadi. Bunda $F_{aA} > F_{sa}, F_{aB} > F_{SB}$ shart bajarilishi kerak. Bu bo'ylama kuchlarning umumiy qiymati aniqlangach tayanchlarga Rekv qiymati aniqlanadi.

Zoldirli radial, radial-tirak hamda konussimon rolikli radial-tirak podshipniklar uchun.

$$F_a / VF_r > e \text{ bo'lganda.}$$

$$R_{ekv} = (XVF_r + YF_a)k_1 \cdot k_2$$

$$F_a / VF_r < e \text{ bo'lganda}$$

$$R_{\text{max}} = XVF_r \cdot k_1 \cdot k_2$$

bu yerda: F_a – bo'ylama kuchlarning umumiy qiymati.

F_r – tayanchdagi radial kuchlarning umumiy qiymati.

Podshipniklarga ta'sir qiluvchi yuklanish o'zgaruvchan bo'lgan hollarda ham ekvivalent yuklanishni aniqlash kerak. bunda har xil rejimlardagi yuklanishlar yig'indisi olinadi, ya'ni:

$$R_{\text{max}} = \sqrt{\frac{R_1^3 \cdot L_1 + R_2^3 \cdot L_2 + \dots + R_n^3 \cdot L_n}{L}};$$

bunda ; $L_1, L_2, \dots, L_n$ ishlash jarayoniga (mln.min⁻¹) to'g'ri kelgan $R_1, R_2, \dots, R_n$ yuklanishlar; L – podshipnikning ishlash muddati, mln.min⁻¹.

Dumalash podshipniklarining statik yuk ko'taruvchanligi

Kran ilmoqlarida, o'z o'qi atrofida aylanma harakat qiluvchi kranlarda, domkrat va shunga o'xshash mashina va mexanizmlarda ishlatiladigan dumalash podshipniklari ish jarayonida o'z o'qi atrofida $P < 1 \text{ min}^{-1}$ bilan harakatlanadi. Bunday podshipniklar statik yuk ko'taruvchanlik bo'yicha hisoblanadi.

Zoldirli radial, zoldirli hamda rolikli radial-tirak podshipniklari uchun statik ekvivalent yuklanishning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$R_0 = X_0 F_r + Y_0 F_0$$

bunda X_0 , Y_0 –radial hamda bo'ylama kuchlarni hisobga oluvchi koeffitsientlar.

Podshipniklarni val va korpuslarga o'rnatish

Val va korpuslarga podshipnik o'tqazishda podshipnikning tashqi va ichki halqalari asosiy detal bo'lib hisoblanadi. O'lchamlarga kiritiladigan barcha o'zgarishlar val yoki korpus o'lchamlarini o'zgartirish hisobiga bajariladi. Podshipnikning tashqi halqasi uchun val sistemasi ichki halqasi uchun teshik sistemasi qabul qilingan.

Podshipniklarni val yoki korpusga o'tqazishda uning ish rejimi, turi katta ahamiyatga ega. Bunda yuklanish qancha katta bo'lsa, val hamda korpus o'lchamining chekli chegarasi nisbatan kamroq bo'lib, katta jipslik bilan o'tqazilishi kerak, (aylanish soni katta bo'lgan uzellarda bu jipslik kam podshipniklarga nisbatan, radial-tirak podshipniklar esa radial podshipniklarga nisbatan jips o'rnatiladi.)

Masala № 1: Tayanch nuqtalaridagi reaksiya kuchlari $R_A = R_B = 1300$ H bo'lgan to'g'ri

Tishli silindrik uzatma yetaklovchi valining aylanish chastotasi $\omega = 30$ rad/c. Val 204 markali zoldirli radial podshipnikka o'rnatilgan. $L_h = 8000$ soat. Podshipnikning dinamik yuk ko'taruvchanligi aniqlansin.

Masalaning yechimi.

$$C_x = F_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{573 \cdot \omega \cdot L_h}{10^6}}$$

Zoldirli radial podshipniklar uchun $F_a = 0$ bo'lganda

$$F_0 = \nu \cdot x \cdot F_r \cdot K_1 \cdot K_2 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1500 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1800 \text{ H};$$

$$C_x = 1800 \cdot \sqrt[3]{\frac{573 \cdot 30 \cdot 8000}{10^6}} = 9290 = 9,29 \text{ kH}.$$

$$C_x < [C] \Leftrightarrow 9,29 < 10.$$

Mustaqil ish variantlari

Va ri- ant	$R_A = R_B$	ω	L_h	Var i- ant	$R_A = R_B$	ω	L_h	Vari- ant	$R_A = R_B$	ω	L_h
1	1280	15	8000	11	1320	5π	1400	21	1100	$1,5\pi$	800
2	1250	17	7500	12	1350	6π	1450	22	1120	$1,8\pi$	820
3	1230	20	7800	13	1380	10	1460	23	1140	25	840
4	1220	22	7000	14	1400	12	1470	24	1160	27	860
5	1200	24	7400	15	1420	14	1490	25	1180	29	880
6	1180	26	7200	16	1450	16	1510	26	1200	21	900
7	1160	28	7300	17	1480	18	1520	27	1080	23	810
8	1140	30	5800	18	1500	20	1540	28	1100	15	830
9	1120	3π	6000	19	1530	22	1560	29	1120	17	850
10	1100	4π	6200	20	1550	24	1180	30	1150	19	870

Masala №2.

Qiya tishli silindrsimon yopiq va konussimon ochiq uzatmaning oraliq

validagi quvvat $P_2 = 4 \text{ kVt}$ bo'lib, uning podshipnikka o'rnatilgan joyining diametri $d = 40 \text{ mm}$. Shipga $\alpha = 26^\circ$ bo'lgan o'rtacha seriyali

radial- tirak podshipnik o'rnatilgan (rasm).

Podshipnikning ishlash muddati aniqlansin. Uzatmada $d_2 = 200 \text{ mm}$; $\beta = 8^\circ 30'$, $d_{0r} = 80 \text{ mm}$, $\varphi_1 = 18^\circ$, $\omega_2 = 25 \text{ rad/c}$, $L_h = 10000 \text{ soat}$.

Masalaning yechimi.

1. Qiya tishli silindrsimon g'ildiraklarning ilashishida hosil bo'ladigan kuchlar.

$$F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2}; T_2 = 9550 \cdot \frac{P_2}{n_2} = 9550 \cdot \frac{4}{238} = 160 \text{ H} \cdot \text{m}$$

$$n_2 = \frac{30 \cdot \omega_2}{\pi} = \frac{30 \cdot 25}{3,14} = 238 \text{ aйл/мин}; \quad F_{t2} = \frac{2 \cdot 160 \cdot 10^3}{200} = 1600 \text{ H}.$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} = 1600 \cdot \frac{\tan 20^\circ}{\cos 8^\circ 30'} = 1600 \cdot \frac{0,364}{0,9890} = 589 \text{ H}.$$

$$F_{a2} = F_{t2} \cdot \tan \beta = 1600 \cdot \tan 8^\circ 30' = 1600 \cdot 0,1485 = 239 \text{ H}.$$

2. Konussimon g'ildiraklarning ilashishida hosil bo'ladigan kuchlar.

$$F_{t3} = \frac{2T_2}{d_{yp}} = \frac{2 \cdot 160 \cdot 10^3}{80} = 4000H.$$

$$F_{r3} = F_{t3} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi_1 = 4000 \cdot 0,364 \cdot 0,9811 = 1428H.$$

$$F_{a3} = F_{t3} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi_1 = 4000 \cdot 0,364 \cdot 0,090 = 340H.$$

3. Tayanchlarga ta'sir qiluvchi kuchlar.

a) vertikal tekislikda (rasm)

$$\sum M_A = 0 \Leftrightarrow -R_B^V \cdot 200 - F_{r3} \cdot 260 + F_{r2} \cdot 100 + F_{a2} \cdot \frac{d_1}{d_2} + F_{a3} \cdot \frac{d_{yp}}{2} = 0$$

$$R_B^V = \frac{-1428 \cdot 260 + 589 \cdot 100 + 239 \cdot 200 / 2 + 340 \cdot 80 / 2}{200} = -1352,4H.$$

$$\sum M_B = 0 \Leftrightarrow R_A^V \cdot 200 + F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2} - F_{r2} \cdot 100 - F_{r3} \cdot 60 + F_{a3} \cdot \frac{d_{yp}}{2} = 0$$

$$R_A^V = \frac{-239 \cdot 200 / 2 + 589 \cdot 100 + 1428 \cdot 60 - 340 \cdot 80 / 2}{200} = 513,4H.$$

$$\sum Y = 0 \Leftrightarrow R_A^V - F_{r2} + R_B^V + F_{r3} = 513,4 - 589 - 1352,4 + 1428 = 0.$$

b) gorizontallikda (rasm)

$$\sum M_A = 0 \Leftrightarrow -R_B^H \cdot 200 + F_{t3} \cdot 260 + F_{t2} \cdot 100 = 0.$$

$$R_B^H = \frac{4000 \cdot 260 + 1600 \cdot 100}{200} = 6000H.$$

$$\sum M_B = 0 \Leftrightarrow R_A^H \cdot 200 - F_{t2} \cdot 100 + F_{t3} \cdot 60 = 0.$$

$$R_A^H = \frac{1600 \cdot 100 - 400 \cdot 60}{200} = -400H.$$

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_A^H - F_{t2} + R_B^H - F_{t3} = 400 - 1600 + 6000 - 4000 = 0.$$

Tayanch nuqtalariga ta'sir qiluvchi umumiy kuchlar.

$$R_A = \sqrt{(R_A^H)^2 + (R_A^V)^2} = \sqrt{(-400)^2 + (513,4)^2} = 650,8H.$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^H)^2 + (R_B^V)^2} = \sqrt{(6000)^2 + (-1352,4)^2} = 6150H.$$

V nuqtadagi yuklanish nisbatan katta bo'lganligi uchun shu tayanchga

o'rnatilgan podshipnik tekshiriladi.

$F_a / F_r \approx 0,35 \div 0,76$ *нормальный* $\alpha > 12^\circ$ bo'lgan bir qatorli zoldirli radial-tirak podshipnik tanlanadi;

№ 36208, $C = 35,69 \text{ kN}$, $C_0 = 21,3$.

Tayanch nuqtalarida reaksiya kuchlari ta'sirida hosil bo'ladigan qo'shimcha bo'ylama kuch.

$$F_{s1} = e^1 \cdot R_A = 0,3 \cdot 650 = 195H. \quad F_{s2} = e^1 \cdot R_B = 0,41 \cdot 6150 = 2521,5H.$$

$$R_A / C_0 = \frac{650,8}{21300} = 0,03 \text{ бўлганда } e^1 = 0,3;$$

$$R_B / C_0 = \frac{6150}{21300} = 0,29 \text{ бўлганда } e^1 = 0,41.$$

Bo'ylama kuchning umumiy hisobiy qiymati aniqlanadi.

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_{A1} + F_{a2} - R_{A2} - F_{a3} = 0. \text{ bunda } R_{A2} = F_{s2} \text{ deb qabul qilib,}$$

R_{A1} ning qiymati aniqlanadi.

$$R_{A1} = -F_{a2} + R_{A2} + F_{a3} = -239 + 2521,5 + 450 = 2734,5H.$$

$R_{A1} = F_{s1}$, demak, bo'ylama kuchlarning qiymati to'g'ri topilgan.

$$F_{s2} / \nu \cdot R_B = 2521,5 / 6150 = 0,42 > e^1, x = 0,45, y = 1,03.$$

Ekivalent dinamik yuklanish qiymati aniqlanadi.

$$F_y = (x \cdot \nu \cdot F_r + y R_{A2} / K_1 \cdot K_2) = (0,45 \cdot 1 \cdot 6150 + 1,03 \cdot 2521,5) \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 5364,6H.$$

Dinamik yuklanishning hisobiy qiymati.

$$C_x = F_y \cdot \sqrt[3]{573 \cdot \omega \cdot L_n / 10^6} = 5364,6 \cdot \sqrt[3]{573 \cdot 25 \cdot 10000 / 10^6} = 28,06 \kappa H.$$

$$C_h < S$$

Mustaqil ish variantlari

Vari-ant	P_2	d	α	Vari-ant	P_2	d	α	Vari-ant	P_2	d	α
1	4	20	26	11	6	21	25	21	10	36	29
2	4	22	26	12	6	23	25	22	12	38	29
3	4	24	26	13	6	25	25	23	12	40	30
4	4	26	26	14	5	27	28	24	14	42	30
5	4	28	24	15	5	29	28	25	14	44	30
6	2	30	24	16	8	31	28	26	16	46	24
7	2	32	24	17	8	33	29	27	16	50	24
8	2	54	30	18	9	25	23	28	12	34	28
9	2	56	30	19	9	24	23	29	13	35	28
10	2	58	30	20	10	27	23	30	11	46	30

Amaliy mashg'ulot № 7

Reduktor detallarini joylashtirishning birinchi eskiz
chizmasi.

Sanoat tarmoqlarida ishlab chiqariladigan har bir detal uchun alohida ishchi chizmalari GOST asosida tuziladi. Detallarning ishchi chizmalari ularning asliga qarab tuzilgan eskizga yoki yig'ma chizmalar asosida bajariladi. Bu chizmalar asosida detal tayyorlanadi, yig'ish yo'li bilan uzul, mexanizm va mashinalar yig'iladi.

Ishchi chizmalari GOSTlarda belgilangan barcha qoidalar, shartli belgilar va ko'rsatmalarga muvofiq bajariladi. Bu chizmalar eskizdan farq qilib, chizma asboblari yordamida, belgilangan masshtablarda kattalashtirib haqiqiy o'lchamda yoki kichiklashtirilib chizilgan bo'lib, o'lchamlar jadvali, texnik talablar va asosiy yozuv bo'lishi shart. O'lchamlar jadvali chizmaning yuqorigi o'ng burchagida joylashgan bo'lib, u uch qismdan iborat bo'ladi (rasm).

Birinchi qismda - detailni yasash uchun berilgan asosiy ma'lumotlar keltiriladi.

Ikkinchi qismda — nazorat qilish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar keltiriladi.

Uchinchi qismda - spravka ma'lumotlari keltiriladi. O'quv chizmalarini bajarishda o'lchamlar jadvalining birinchi qismi to'ldiriladi.

Texnik talablar o'lchamlar tagiga yozilgan ma'lumotlardan iborat bo'ladi.

ST SEV — 302 — 76 asosida o'rtacha aniqlik bo'yicha o'lchamlarning ko'rsatilmagan chetli chetga chiqishlari (

qoplaydigan yuza uchun + qoplanadigan yuza uchun -, boshqa o'lehamlar uchun $\pm$).

Uzatma detallari butun hajmi bilan yoki alohida qismlari termik

qayta ishlansa, chizmada chiziq tokchalarida termik qayta ishlangan joylarning qattiqligi hamda uning h chuqurligi ko'rsatiladi, maslan, h 0,5...0,8; 45...50 HRC. Agarda detalning butun hajmi termik qayta ishlansa, texnik talablarda quyidagicha yoziladi: 235...262 HB, 56...63

HRC. Agarda detalning ayrim joylari termik qayta ishlanishi boshqacha bo'lsa chizmada shu termik qayta ishlangan joy shtrix chiziq

bilan belgilanadi.

Chizmada chiziqlarning tepasiga h , HRC ning qiymatlari qo'yiladi.

Silindrsimon tishli g'ildirak.

O'lehamlar jadvali GOST-3.403-75 asosida to'ldiriladi (rasmlar).

Birinchi qismda modul – m ; tishlar soni – Z ; qiyalik burchagi – β ; tishning yo'nalishi chap ; o'ng ; GOST 13755 – 81 asosida boshlang'ich kontur; siljish koeffitsienti $-\chi$; tutashish turi hamda GOST 1643-81

bo'yicha aniqlik darajasi.

Konussimon tishli g'ildirak.

O'lehamlar jadvali GOST 2.405 -75 asosida to'ldiriladi (rasmlar).

Birinchi qismda to'g'ri tishli konussimon g'ildiraklar uchun tashqi yon

modul – m_e ; tishlar soni – Z ; tishlarning turi – to'g'ri, aylanasion; tishning yo'nalishi – chap, o'ng; boshlang'ich kontur to'g'ri tishli konussimon g'ildiraklari uchun GOST 13754 -81 asosida, GOST 15202 -81

asosida aylanasion tishli konussimon g'ildiraklar uchun; siljish koeffitsienti χ , o'z ishoralari bilan to'g'ri tishli konussimon g'ildiraklar uchun X_e ; aylanasion tishli konussimon g'ildiraklar uchun

X_p ; bo'luvchi diametr bo'yicha ilashish burchagi φ ; tutashish turi hamda

GOST 1758 – 81 bo'yicha aniqlik darajasi.

Uchinchi qismida, o'qlar orasidagi burchak φ ; to'g'ri tishli konussimon

g'ildiraklar uchun o'rtacha modul - m_m , aylanasiimon tishli konussimon

g'ildiraklar uchun tashqi yon modul - m_{te} , R_e – konus uzunligi: o'rtacha tish

bo'luvchi aylanasiining diametri - d_e ; tutash tishli g'ildirakning shartli

belgisi.

Chervyak.

O'lchamlar jadvali GOST 2.406 – 76 asosida to'ldiriladi (rasm).

Birinchi qismda: modul - m ; Z_1 – chervyakning kirimlar soni; chervyakning

turi, ZA – Arximed chervyak; $Z1$ – evolventa chervyak; γ - o'ramning ko'tari-

lish burchagi; o'ramning yo'nalishi (loyihalanayotgan uzatmalarda o'ng);

boshlang'ich kontur GOST 19036 – 81 asosida; aniqlik darjasi hamda GOST 3675 – 81 asosida tutashish turi.

Uchinchi qismi: d_1 – chervyak o'ram bo'luvchisining diametri, tutashuvchi

tishli g'ildiraklarning shartli belgisi.

Chervyakli g'ildirak.

Parametrlar jadvali GOST 2.406 – 76 asosida to'ldiriladi (rasm).

Birinchi qismda: modul - m ; Z_2 – tishlar soni; tishning yo'nalishi (loyi-

halanayotgan uzatmalarda - o'ng); chervyakning siljish koeffitsienti χ ; chervyakning boshlang'ich konturi GOST 19036 – 81 asosida; aniqlik dara-

jasi hamda GOST 3675 – 81 asosida tutashish turi.

Uchinchi qismida; α_w – o'qlararo masofa; tish bo'luvchi aylanasiining

diametri d_2 ; chervyakning turi; chervyakning kirimlar soni Z_1 ; chervyakli
g'ildirakning shartli belgisi.

Podshipniklarni val va korpusga o'tqazish.

Podshipnik xalqalarining yuklanishiga nisbatan ularni val yoki

korpusga o'rnatish ham turli xil bo'ladi. Bu o'tqazish ST SEV 773 – 77

asosida A (teshik) sistemasi, V (val) sistemasiga asoslangan. Podship-

nikning tashqi xalqasi korpusga V- sistema bilan o'tqazilsa, ichki xalqasi esa A- sistema bilan o'tqaziladi. Bu o'tqazish jarayonida pod-

shipnik xalqalari qayta ishlanmaydi, kerak bo'lsa val yoki korpusning o'lchamlari o'zgartiriladi.

Podshipniklarni val yoki korpusga o'tqazishda xalqalarning yuklanish xarakteri hisobga olinadi. Yuklanishni esa quyidagilarga ajratish mumkin.

a) radial kuchga nisbatan xalqa harakatlanmaydi yoki ta'sir qiluvchi

kuch ham xalqa bilan birga harakatlanadi, bunda podshipnik xalqalari

joyli kuchlanish bo'ladi (rasm).

b) podshipnik xalqasi radial kuchga nisbatan aylanma harakat qiladi

natijada xalqalarning butun yuzasi birin- ketin yuklanadi bunday yuklanish sirkulyatsiya yuklanish deyiladi (rasm).

v) xalqa radial kuchga nisbatan tebranma harakat qiladi, natijada tebranma yuklanish bo'ladi (rasm).

Kuzatishlar shuni ko'rsatsdiki, podshipnik valga o'tqazilganda tashqi xalqasi aylanganda korpusga tig'izlik (natyag) bilan o'tqazilishi

kerak, natijada xalqa o'tqazilgan joydan siljimaydi. Aylanmaydigan

xalqa esa muayyan holatda mahkamlanmasdan o'rnatiladi. Bunda xalqa o'z

o'qi atrofida yoki o'q bo'yicha siljishi mumkin. Bu esa xalqalarning bir

tekisda yuklanishiga yordam beradi.

Dumalash podshipniklarining xalqasi o'lchamlari chekli chegarasi

ST SEV 77 – 77 asosida olinadi. Mashinasozlik sanoatida ko'p ishlatiladigan «0» klass podshipnik xalqalarini val va korpusga ularning yuklanishiga nisbatan qanday o'tqazish kerakligi jadvallarda keltirilgan.

Uzatma detallarining ishlash jarayonida qizish natijasida valda cho'zilish deformatsiyasi sodir bo'ladi. Natijada podshipnik dumalash

elementlari xalqalar o'rtasida siqilishi mumkin. Bunday holat ro'y bermasligi uchun podshipnik xalqalarini val tayanchlariga muayyan

holatda mahkamlab yoki mahkamlamasdan o'rnatiladi.

Tayanchga muayyan holatda mahkamlanmagan podshipnik rasm,

xalqalari ikki tomonlama siljishi mumkin, bunday tayanchlar faqat

radial kuchlar ta'sirida ishlaydi.

Podshipnik uzellarini mahkamlashda val tayanchlarga podshipniklar

muayyan holatda mahkamlanib o'rnatilishi yoki bir tayanchga mahkamlanib, ikkinchisiga mahkamlanmasdan o'rnatilishi mumkin.

Masalan:

a) Uzatmada tayanchlar orasidagi masofa chegaralanmasa, podshipnik bir

tayanchga muayyan holatda mahkamlanib, ikkinchi tayanchga mahkamlanmasdan o'rnatiladi (rasm).

b) Tayanchlar orasidagi masofa nisbatan kichik bo'lganda podshipnik

xalqalari muayyan holatda mahkamlanmasdan o'rnatiladi.

Bunda podshipnik xalqalarini faqat bir tomonlama siljiydigan

qilib o'rnatish tavsiya etiladi (rasm).

Uzatmalarni loyihalash tajribasi shuni ko'rsatadiki, konussimon Uzatmaning yetaklovchi vali tayanchlariga aylanish soni $n = 3000$ ayl/min

bo'lganda zoldirli radial – tirak podshipnik o'tqazish tavsiya etiladi. Lekin ko'pincha valning bikrligini oshirish uchun konussimon

rolikli radial – tirak podshipniklar o'rnatiladi. Podshipniklar valga, asosan enli tomonlari bir – biriga qaratib o'rnatiladi (rasm).

Ensiz tomonlarini bir- biriga qaratib o'rnatish tavsiya etilmaydi. Chervyakli uzatma valning tayanchlariga, tayanchlar orasidagi masofa

$e/d < 8$ bo'lganida zoldirli, $e/d < 6$ bo'lganida konussimon rolikli podshipniklar o'rnatish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Ferdinand P.Beer., E. Russell Johnston, Jr., John T. DeWolf., David F. Mazurek. Mechanics of materials – USA 2017. – 897 p.
2. Richard G. Budynas., J. Keith Nisbett. Shigley's mechanical engineering design. Published by McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York,
3. Karimov K.A va boshqalar Mexanika (NM,MQ,MMN,MD) Toshkent 2020 “fan va texnologiya ” nashriyoti 220 bet.
4. Kurganbekov M.M., Moydinov A. Mashina detallari: O'quv qo'llanma I va II qismlar-Toshkent “O'zbekiston ensiklopediyasi”2018 – 384 bet.
5. B.K.Muxamedsaidov Sh.Alimuxamedov R.B.Daminova M.Eshpula-tova.Texnik Mexanika. Darslik. Nizomiy nomidagi T.D.P.U. 2018.-300bet.
4. R.B.Daminova. Texnik mexanika fanidan amaliy mashg'ulot buyicha o'quv qo'llanma. T.D.P.U.2018-181bet.
5. B.K.Muxamedsaidov. Texnik mexanika. (Mashina detallari). O'quv qo'llanma T.D.P.U. 2018-136.
6. I.Bibutov “Amaliy mexanika”//T.”yangi yo'l poligrafiya servizi” 2008
7. R.Tojiboyev,A.Jo'rayev , R.Maqsudov “Mashina detallari” T. ”O'qituvchi” 2010.
11. A.V.Pyatayev, B.K.Muxamedjanov “Mashina detallari” T.”Moliya iqtisodiyot” 2007.

Axborot manbaalari

1. www.tdpi.uz
2. www.ziyonet.uz
3. www.edu.uz

ISBN: 978-9943-9525-3-9



9 789943 952539