

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

A. MOYDINOV

SILINDRSIMON TISHLI UZATMALARNI MUSTAHKAMLIKKA HISOBLASH

«Mashina detallari» fanidan o‘quv-uslubiy qo‘llanma

Toshkent – 2012

УДК 621.81

Moydinov A. **Silindrsimon tishli uzatmalarni mustahkamlikka hisoblash.** «Mashina detallari» fanidan o'quv-uslubiy qo'llanma. – Toshkent: ToshDTU, 2012. 72-b.

Ushbu o'quv-uslubiy qo'llanma tishli uzatmalarni hisoblashni 21354-87 DSt tavsiya etgan usulda talabalar o'zlashtirib olishi uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Undan «Mashina detallari» fanidan amaliy mashg'ulotlar hamda kurs loyihalarini bajarishda foydalanish mumkin. Ilovada kurs loyihasining hisoblash ishlarini bajarishga misollar keltirilgan.

Mexanika-muhandislik fakulteti talabalari uchun mo'ljallangan.

*Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga
muvofiq nashrga tavsiya etildi*

Taqrizchilar: Rizayev A. A. – t.f.d. professor, M.T. O'rozboyev nomi-
dagi Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamlik instituti direktori;

Kurganbekov M.M. – t.f.n. dotsent, Toshkent davlat texnika universiteti.

KIRISH

Mashina detallarisiz birorta ham mashinani tasavvur etib bo'lmaydi. Mashina detallari fanidan kurs loyihasi talabalarning ilk bor bajaradigan jiddiy hisob-konstruktorlik tajribasi hisoblanadi.

Mashina detallari yuritmalarida eng ko'p tarqalgan uzatmalar silindrsimon tishli uzatmalar hisoblanadi. Silindrsimon tishli uzatmalarni hisoblash tartibi ГOCT 21354–87 da keltirilgan. Bu DSt dan foydalanish ma'lum amaliy ko'nikmani talab qiladi. Ushbu o'quv-uslubiy qo'llanma talablarda mana shu ko'nikmalarni hosil qilishga yordam berish maqsadida yozilgan.

Kattaliklarning birliklari

Barcha hisob ishlarida ushbu birliklar qabul qilingan:

- o‘lchamlar – mm ;
- kuchlar – N ;
- momentlar – $N \cdot m$;
- kuchlanishlar – MPa ;
- tezlik – m/s ;
- aylanishlar chastotasi – min^{-1} .

Indekslash

- 1 – shesternaga tegishli kattaliklar;
- 2 – g‘ildirakka tegishli kattaliklar;
- H – kontakt kuchlanishlarni hisoblashdagi kattaliklar;
- F – egilishni hisoblashdagi kattaliklar;
- T – tezyurar bosqich;
- S – sekinyurar bosqich.

1. HISOBLASH UCHUN DASTLABKI MA'LUMOTLAR

T_1 – shesterna validagi moment, N·m;

T_2 – g'ildirak validagi moment, N·m;

n_1 – shesterna valining aylanishlar chastotasi, min⁻¹;

n_2 – g'ildirak valining aylanish chastotasi, min⁻¹;

i – tishli uzatmaning uzatishlar soni;

L_h – xizmat muddati soatlarda.

2. KONTAKT KUCHLANISHLAR BO'YICHA LOYIHALASH HISOBI

2.1. Tishli g'ildiraklar materialini tanlash va ularga termik ishlov berish

G'ildiraklar materiali va termik ishlov berish turini uzatma o'lchamlari hamda tayyorlash texnologiyasiga qo'yilgan talablarga bog'liq holda tanlanadi. Ko'proq tishning ishchi yuzalari mustahkamlangan po'latlar ishlatiladi. O'lchamlarga talablar yuqori qo'yilmaganda va kichik quvvatlarda yaxshilangan yoki normallashtirilgan po'latlardan foydalaniladi.

Yaxshilangan g'ildirakli uzatmalarda, shesternaning yuklanish takroriyliigi ko'p bo'lgani uchun, uning qattiqligini g'ildirak qattiqligidan katta olish kerak $H_1 \approx H_2 + (25-30)HB$. Bu turli navli po'latlarni tanlash yoki po'latning bitta navida termik ishlov berish farqlanishi bilan erishiladi. Yuzasi mustahkamlanadigan g'ildiraklarda g'ildirak va shesterna tishlar yuzasining qattiqligini bir xil qilinadi. Shuningdek, tish yuzalari mustahkamlangan shesterna bilan yaxshilangan g'ildirak kombinatsiyasi ham qo'llaniladi.

Po'lat navini tanlash 1-jadval bo'yicha amalga oshiriladi. G'ildirak (shesterna) chizmasining texnik talablarida qattiqlik o'zgarishining yo'l qo'yiladigan chegaralari $\pm 15HB^*$ birlik hisobidan ko'rsatilishi kerak.

**Po‘lat navlari, chidamlilik $\sigma_{H\lim}, \sigma_{F\lim}^0$, mustahkamlik $[\sigma]_{H\max}, \sigma_{FSt}^0$ chegaralari
va S_F, Y_R, Y koefitsientlar**

Termik ishlov berish	Qattiqlik		Po'lat navi	$\sigma_{H\lim}$, MPa	$[\sigma]_{H\max}$, MPa	$\sigma^{\circ}_{F\lim}$, MPa	σ°_{FSt} , MPa	S_F	Y_g	Y_d	
	Yuza sirti	O'zagi									
Normallashtirish va yaxshilash	180–350HB		40, 45, 40X, 40XH, 40XΦA, 40XH2MA	2HB + 70	2,8 · σ _{oq}	1,75 HB	6,5 HB	1,7	1,10	1,3	
Hajmiy va YuChTda toblash	45-55HRC _E		40X, 40XH, 40XH2MA	17 HRC _E + 200		580	2500		2500	0,9	1,1
			40XΦA				2250				
YuChT bilan qizdirib toblash	48-55HRC _E		40X, 35XM, 40XH, 40XH2MA		44HRC	480	2250	1,0	1,35		
Kontur bo‘ylab YuChT bilan chuqurlikni qo‘shib toblash	48-58 HRC _E		40X, 35XM, 40XH, 40XH2MA	580		2500	1,1				
			25...35 HRC _E	1800		2200					
Jarayonni avtomatik rostlash bilan sementatsiyalash	52-63 HRC _E		18XIT, 30XIT, 20X	23 HRC _E	44HRC	820	2000	1,55	0,75	1,1	
Sementatsiyalash	30...45 HRC _E		20XH, 20XH2M, 20XH3A, 12XH3A			950	2800				1,05
			Barcha markalar			800	2000				
Nitrosegmentatsiyalash	56-63 HRC _E	25XIT, 30XIT, 25XIM	25XIT, 30XIT	750	2200	1,55	0,75	1,1			
	57-63 HRC _E		1000	2500	0,7				1,0		
Azotlash	700-950HB*		38X2IO, 38X2MIOA	1050		3HB*	290 + 12HRC	1800		1,7	–
	550-750 HB*		40X, 40XΦA								

Izoh. Avtotraktorsozlikda eng ko‘p qo‘llaniladigan po‘lat markalarining tagiga chizilgan.

**HRC_E, HB va HV qattiqliklar orasidagi nisbat 1-ilovadagi 1-rasm bo‘yicha aniqlanadi.*

Misol. Agar hisobiy qattqlik $H=300HB$ bo'lsa, chizmada $285...315HB$ qattqlik qo'yiladi.

Izoh.* HRC_E , HB va HV qattqliklar orasidagi nisbatni 1-ilogaga ko'ra aniqlanadi.

2.2. G'ildiraklarni tayyorlash aniqligini tanlash

G'ildiraklarning ravonlik va tutashuvi bo'yicha aniqlik darajasi reduktorning **tezyurar juftligi** ilashmasidagi kutilayotgan aylanma tezlikka bog'liq holda 2-jadval bo'yicha belgilanadi:

$$v \approx \frac{n_1 \cdot \sqrt[3]{T_1}}{2000} \text{ m/s ,} \quad (1)$$

bunda: n_1 – shesternaning aylanishlar chastotasi; T_1 – shesterna validagi burovchi moment.

2-jadval

Tavsiya etilgan aniqlik darajalari

Tishli g'ildiraklar uchun	v m/s tezlikdagi aniqlik darajasi				
	$v < 2$	$2 < v < 4$	$4 < v < 6$	$6 < v < 10$	$10 < v < 16$
To'g'ri tishli	8 (9)	8	7	6	–
Shevron va qiya tishli	8 (9)	8 (9)	8	7	6

Izoh. Qavslarda mas'uliyati kam reduktorlar uchun yo'l qo'yiladigan aniqlik darajalari ko'rsatilgan.

2.3. Tishli gardishning nisbiy kenglik koeffitsientini tanlash

Tishli gardishning nisbiy kenglik koeffitsientini 3-jadvalda ko'rsatilgan chegaralarda tanlash tavsiya etiladi.

Tishli gardishning nisbiy kenglik koeffitsienti

$$\psi_{bd} = \frac{b_w}{d_w}.$$

3-jadval

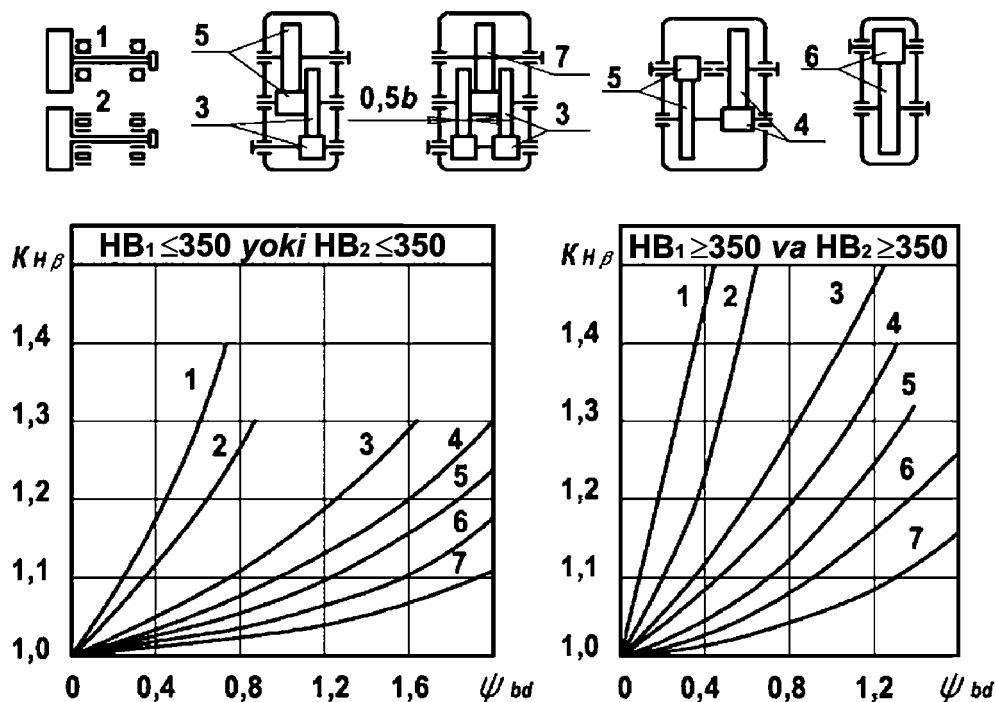
Aniqlik darajasi		5,6	7	8	9,10
$\psi_{bd} = \frac{b_w}{d_w}$	H ₂ < 350HB bo'lganda	1,5-2	1-1.5	0,75-1	0,75
	H ₂ > 40 HRC _e bo'lganda	1-1,5	0,7-1	0,5-0,7	0,5

Qiya tishli g'ildiraklar uchun katta qiymatlar tayanchlarga nisbatan simmetrik joylashganda va doimiy yuklanishda, yuklamaning g'ildirak eni bo'yicha ko'proq bir tekis taqsimlanishi ta'minlanganda va sayqallanish mumkin bo'lganda olinadi. Uzatmalar qutisi uchun $\psi_{bd} = 0,15-0,4$. G'ildiraklardan loaqal bittasi konsol joylashganda $\psi_{bd} = 0,5-0,8$.

2.4. Kontakt chiziqlar uzunligi bo'yicha yuklanish taqsimlanishining notekisligini hisobga oluvchi koeffitsient

$K_{H\beta}$ koeffitsient – tishlar yuzasi qattiqligi, tishli gardishning nisbiy kengligi koeffitsienti ψ_{bd} va g'ildiraklarning vallar tayanchiga nisbatan joylashishiga bog'liq holda 1-rasm bo'yicha aniqlanadi.

Aniqlashtirilgan hisoblashda $K_{H\beta}$ valning elastiklik modulini, podshipniklardagi tirqishlarni va tishlar bikirligini hisobga olgan holda GOST 21354-87 bo'yicha topiladi.



1-rasm

2.5. Toliqishga qarshilikni hisoblashda ruxsat etilgan kontakt kuchlanishlar

Shesterna va g'ildirak uchun kontakt kuchlanish quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H \lim} \cdot Z_N}{S_H} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X. \quad (2)$$

Izoh. Umumiy vazifadagi uzatmalarni loyihalash hisoblarida $Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X = 0,9$ qabul qilinadi.

Ruxsat etilgan hisobiy kontakt kuchlanishlar sifatida mos ravishda ikkitasidan kichikrog'i qabul qilinadi:

- to'g'ri tishli uzatmalar uchun $[\sigma_H]_1$ yoki $[\sigma_H]_2$;
- qiya tishli va shevron uzatmalar uchun

$$[\sigma]_H = 0,45 \cdot ([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2), \text{ yoki } [\sigma]_H = 1,25 \cdot [\sigma_H]_{\min}. \quad (3)$$

2.5.1. Kontakt chidamlilik chegarasi σ_{Hlim} ni 1-jadvaldagi formulalar bo'yicha topiladi. Bunda hisoblar o'rtacha HB yoki HRC_e qattqlik bo'yicha olib boriladi. Yaxshilangan g'ildiraklar uchun jadvalda ko'rsatilgan (180-350) HB qattqlik intervalida talab etilgan o'lchamlarga bog'liq holda hisoblash uchun istalgan qattqlik olinishi mumkin.

2.5.2. Mustahkamlik zaxirasi koefitsienti: yaxshilangan va hajmiy toblangan g'ildiraklar uchun $S_H=1,1$ (1,25); yuza sirti mustahkamlangan g'ildiraklar uchun $S_H=1,2$ (1,35). Qavs ichidagi qiymatlar alohida mas'uliyatli uzatmalar uchun berilgan.

2.5.3. Umrboqiylik koefitsientlari

$$N_{HE} \leq N_{HO} \text{ bo'lganda } Z_{N1} = \sqrt[6]{\frac{N_{HG}}{N_{HE}}}, N_{HE} > N_{HG}; \quad (4)$$

$$\text{bo'lganda esa } Z_{N2} = \sqrt[20]{\frac{N_{HG}}{N_{HE}}} \geq 0,75; \quad (4a)$$

yaxshilangan va hajmiy toblangan g'ildiraklar uchun $Z_N \leq 2,6$; yuza sirti mustahkamlangan g'ildiraklar uchun $Z_N \leq 1,8$.

2.5.3.1. Sikllarning asos soni ushbu formula bo'yicha olinadi:

$$N_{HG} = 30 \cdot HB^{2,4} \approx 340 \cdot HRC_e^{3,15} + 8 \cdot 10^6 \leq 120 \cdot 10^6. \quad (5)$$

2.5.3.2. Xizmat muddati ichida yig'ilgan yuklanish sikllari soni shesterna uchun N_{H1} va g'ildirak uchun N_{H2} quyidagicha aniqlanadi:

o'zgaruvchan aylanishlar chastotasida

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n_i \cdot (\Sigma n_i \cdot t_i) \cdot d \cdot l; \quad (6)$$

o'zgarmas aylanishlar chastotasida

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n_{ilash} \cdot n \cdot t_c \cdot d \cdot l, \quad (6a)$$

yoki

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n_{ilash} \cdot n \cdot L_h. \quad (6b)$$

bunda: n_{ilash} — shesterna yoki g'ildirakning bitta aylanishidagi tishning bir tomonidagi ilashishlar soni; t_i — sutka davomida n_i tezlik tartibidagi

ish vaqti, soatlarda; n – ko‘rilayotgan tishli g‘ildirakning aylanishlar chastotasi; d – yildagi ishchi kunlar soni; l – uzatmaning xizmat muddati, yillarda; t_c – sutka davomidagi ish vaqti, soatlarda; $L_h = t_c \cdot d \cdot l$ – uzatmaning ish resursi, soatlarda.

Izoh. Agar shesterna va g‘ildirak uchun $n_{ilashma} = 1$ bo‘lsa, u holda $N_{\Sigma 2} = N_{\Sigma 1} / u$, bunda u – uzatmaning uzatishlar soni.

2.5.3.3. Ish tartibi koeffitsienti. Berilgan yuklanish siklogrammasi va turli aylanishlar chastotasida yuklanishning har bir bosqichida ish tartibi koeffitsienti quyidagi formula bo‘yicha topiladi:

$$\mu_H = \mu_3 = \frac{\sum n_i \cdot t_i \cdot (T_i / T_{\max})^3}{\sum n_i \cdot t_i}, \quad (7)$$

$n = \text{const}$ bo‘lganda

$$\mu_H = \mu_3 = \sum \frac{t_i}{t_{\Sigma}} \cdot \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3, \quad (7a)$$

bunda: n_i , t_i , T_i – yuklanishning i -bosqichidagi aylanishlar chastotasi, ishlash vaqti va burovchi moment; $T_{\max}$ – eng katta uzoq vaqtda ta’sir etuvchi moment, uning ta’sir davomiyligi xizmat muddati ichida kamida $0,03 \cdot N_{HG}$ sikl; t_i / t_{Σ} – yuklanishning i – bosqichida nisbiy ishlash vaqti; t_{Σ} – jami ish vaqti.

$0,03 \cdot N_{HG}$ sikldan kam xizmat muddati ichida ta’sir ko‘rsatuvchi payt (moment)lar toliqishga qarshilikni hisoblashda e’tiborga olinmaydi.

Agar yuklanish siklogrammasi namunaviy yuklanish tartibiga mos kelsa, unda μ_H (μ_3) koeffitsient 2-ilovaga muvofiq olinadi.

2.5.3.4. Xizmat muddati ichidagi ekvivalent sikllar soni

$$N_{HE} = N_{\Sigma} \cdot \mu_3, \quad (8)$$

Izoh. Agar shesterna va g‘ildirak uchun b‘olsa,

$$n_{zats} = 1, \text{ unda } N_{HE2} = N_{HE1} / u.$$

2.5.4. Tish yuzalarining dastlabki g'adir-budurliqi ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient Z_R quyidagicha qabul qilinadi:

G'adir-budurlik, <i>mm</i>	$R_a = 1,25 \dots 0,63$	$R_a = 2,5 \dots 1,25$	$R_z = 40 \dots 10$
Z_R	1,0	0,95	0,9

2.5.5. Aylanma tezlik Z_v ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient – 2-rasm bo'yicha.

2.5.6. Tishli g'ildirak o'lchamlarini hisobga oluvchi koeffitsient Z_x 3-rasm bo'yicha g'ildirak diametri d ga bog'liq holda olinadi.

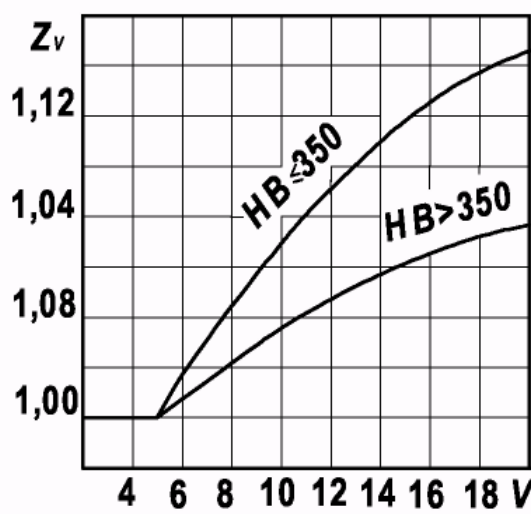
2.6. Tishli juftlik o'lchamlarini aniqlash

2.6.1. Shesternaning boshlang'ich diametri quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$d_{w1} = K_d \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta}}{\Psi_{bd} \cdot [\sigma_H]^2} \cdot \frac{u \pm 1}{u^2}}, \quad (9)$$

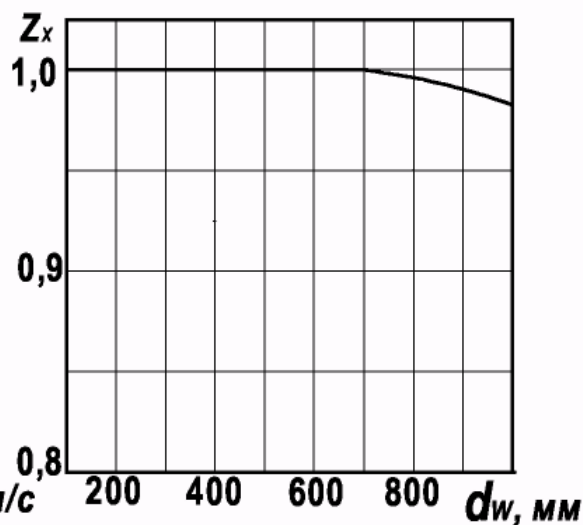
bunda: $K_d = 770$ – to'g'ri tishli va $K_d = 675$ – qiya hamda shevron tishli g'ildiraklar uchun; T_2 – g'ildirakdagi eng katta moment, uning xizmat muddati ichida ta'sir davomiyligi 50000 sikldan kam bo'lmaydi; Ψ_{bd} 2.3-band bo'yicha; $K_{H\beta}$ – 2.4-band bo'yicha, $[\sigma_H]$ ni aniqlash 2.5-bandga mos ravishda belgilanadi. «+» ishora g'ildiraklarning tashqi ilashishiga, «–» esa ichkiga mos keladi.

Koeffitsient Z_x



2-rasm

Koeffitsient Z_v



3-rasm

2.6.2. Topilgan d_{w1} diametr bo'yicha quyidagilar aniqlanadi:

g'ildirakning hisobiy eni (kengligi)

$$b_w^{his.} = \psi_{bd} \cdot d_{w1}; \quad (10)$$

hisobiy o'qlararo masofa

$$a_w^{his.} = \frac{d_{w1} \cdot (u + 1)}{2}, \quad (11)$$

bu natija 4-jadval bo'yicha standart o'lchamgacha yaxlitlanadi. Bunda 1-qatordagi qiymatlar 2-qatorga nisbatan maqsadga muvofiq bo'ladi.

Izoh. Asoslangan hollarda o'qlararo masofa nostandart bo'lishi mumkin.

Standart o'qlararo masofalar a_w , mm da

4-jadval

1-qator	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
2-qator	–	–	71	90	112	140	180	225	280	355	450	

a_w sezilarli o'zgarganda g'ildirak eni tuzatiladi

$$b_w^{talab} = b_w^{his.} \cdot \left(\frac{a_w^{his.}}{a_w} \right)^2. \quad (12)$$

shesterna eni

$$b_{w2} = b_w^{talab}.$$

G'ildirak eni $b_{w1} = b_{w2} + (5...8) \text{ mm}$; butun songacha yaxlitlanadi.

2.6.3. Ilashma geometriyasini aniqlash.

2.6.3.1. Tishlarining yuza qattiqligi $HB_2 \leq 350$ bo'lgan g'ildiraklarda 5-jadval bo'yicha $m \approx (0,01-0,02) \cdot a_w \geq 1,5 \text{ mm}$ oraliqda olinadi.

Shesterna tishlari qattiqligi katta bo'lganda – modul yuqori chegara bo'yicha olinadi. Kuch uzatmalari uchun 1,5 mm dan kam bo'lmagan modulni olish kerak. 1-qator 2-sidan afzalroq.

5-jadval

ГОСТ 9563-80 bo'yicha m modullar, mm

1-qator	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
2-qator	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11

Mo'ljallab tish qiyaligi burchagi β beriladi: reduktorlarning qiya tishli g'ildiraklari uchun $8^\circ-20^\circ$ chegarasida, uzatmalar qutisining qiya tishli g'ildiraklari uchun $-20^\circ-30^\circ$, shevron uzatmalar uchun $-25^\circ-40^\circ$.

z_1 va z_2 tishlar soni aniqlanadi:

$$z_1 = \frac{2 \cdot a_w \cdot \cos \beta}{m \cdot (u \pm 1)}, \quad (13)$$

$$z_2 = z_1 \cdot u. \quad (14)$$

Olingan qiymatlar butun songacha yaxlitlanadi.

Izoh. Agar tishlar soni $z_1 < 17$ bo'lsa, unda tishni tayyorlash imkoniyatini (15) formula bo'yicha tekshirish lozim:

$$z_{\min} = 2 \cdot (\cos^2 \beta / \operatorname{tg}^2 a_w + 1) \cdot \cos \beta. \quad (15)$$

bunda: $a_w = 20^\circ$ – ilashish burchagi.

2.6.3.2. Tish yuzalari mustahkamlangan shesterna va g'ildirakda ($H > 45HRC_E$) kontakt hamda egilishdagi kuchlanish bo'yicha teng mustahkamlik shartidan eng katta yo'l qo'yiladigan qiymat aniqlanadi:

$$(z_{V1} \cdot Y_{FS})_{\max} = A \cdot 10^3 \cdot \frac{[\sigma]_F}{[\sigma_H]^2} \cdot \frac{u \pm 1}{u}, \quad (16)$$

bunda: Z_{V1} – shesterna tishlarining ekvivalent soni; Y_{FS} – tishlar shakli va kuchlanishlar konsentratsiyasini hisobga oluvchi koeffitsient.

Bunda kontakt kuchlanishni ruxsat etilgan qiymati 2.5-band bo'yicha aniqlanadi. To'g'ri tishli g'ildiraklar uchun – $A = 190$, qiya tishli va shevron g'ildiraklarda – $A = 220$.

Topilgan $(z_1 \cdot Y_{FS})$ ko'paytma bo'yicha 4-rasmdan mumkin bo'lgan Z_{V1} va siljish koeffitsienti x_1 topiladi. Bunda hisoblashni bir necha Z_{V1} va x_1 variantlari uchun olib borish lozim, modulni 2.6.4-band bo'yicha, tishning qiyalik burchagi β ni 2.6.5-band bo'yicha va o'q bo'yicha qoplash koeffitsienti ε_v ni 2.6.6-band bo'yicha uzil-kesil aniqlagandan so'ng, eng maqsadga muvofiq variantni tanlash kerak.

Izohlar:

1. Agar berilgan z_{v1} da (16) formula bo'yicha aniqlangan ($z_1 \cdot Y_{FS}$) ko'paytma 4-rasmdagi $a - a$ chiziqqa mos keluvchi qiymatlar-dan katta bo'lsa, unday holda kontakt kuchlanishlar chegaralovchi bo'ladi va siljish faqat qirqish yo'qligi sharti bilan aniqlanadi.

2. 4-rasmda berilgan z_{v1} da, kontakt kuchlanishlar bo'yicha va d_{w1} diametrda kontakt kuchlanishlar bo'yicha aniqlangan egilishning teng mustahkamlik shartidan kelib chiqib siljish koeffitsienti x_1 qiymatini ber-ishni nazarda tutish kerak. Shuning uchun tishlar soni z_{v1} ni oshishi bi-lan modul kamayadi va kattaroq x_1 siljishni talab qiladi.

Mo'ljallab tishlarning qiyalik burchagi β beriladi va 2.6.3.1-bandga muvofiq tishlar soni aniqlanadi: $z_1 = z_{v1} \cdot \cos^3 \beta$ va $z_2 = z_1 \cdot u$. z_1 va z_2 butun songacha yaxlitlanadi hamda ekvivalent tishlar soni topiladi.

$$z_{v1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} \quad \text{va} \quad z_{v2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} \quad (17)$$

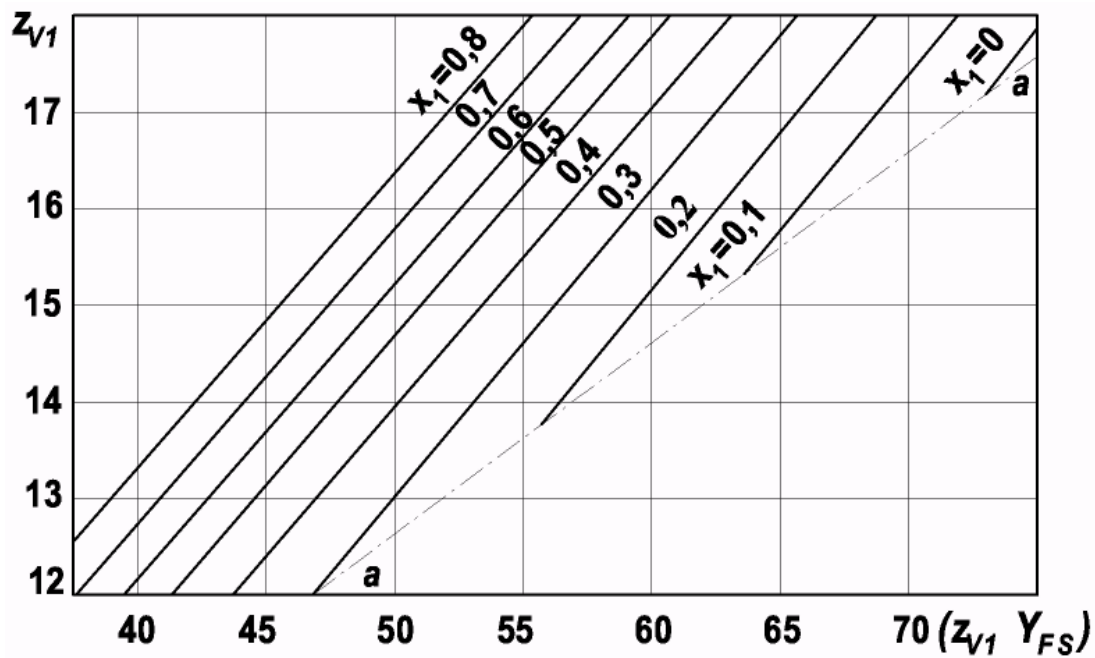
va ГОСТ 16532-70 ning 3-ilovasidagi blokirovkalovchi kontur bo'yicha x_1 siljishga yo'l qo'yish tekshiriladi va x_2 siljish topiladi. $z_1 + z_2 < 60$ bo'lganda teng siljishli uzatma tavsiya etiladi, ya'ni $x_2 = -x_1$.

2.6.4. Modul aniqlanadi:

$$m = \frac{2 \cdot d_{w1} \cdot \cos \beta}{z_1 + z_2}, \quad (18)$$

va uni 2.6.3.1. banddagi 5-jadval bo'yicha standartgacha yaxlitlanadi.

Uzatish soni $u = \frac{z_2}{z_1}$ uzil-kesil topiladi. (19)



4-rasm

2.6.5. Tishning qiyalik burchagi β ($\cos \beta$) hisoblanadi:

$$\beta = \arccos \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2 \cdot a_w}; \quad (20)$$

$$\cos \beta = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2 \cdot a_w}; \quad (20 a)$$

(β minutlargacha yoki verguldan keyin to'rtinchi songacha; $\cos \beta$ esa oltinchi raqamgacha yoziladi); o'q bo'yicha qadam

$$p_x = \frac{\pi \cdot m}{\sin \beta}. \quad (21)$$

2.6.6. O'q bo'yicha qoplanish koefitsienti aniqlanadi:

$$\varepsilon_{\beta} = b_{w2} / p_x, \quad (22)$$

(22) $\varepsilon_{\beta} > 1$ bo'lishi tasiya etiladi. Juda bo'lmasa $\varepsilon_{\beta} \geq 0,9$.

2.6.3. – 2.6.6. bandlar bo'yicha o'lchamlar hisobini bir nechta variantda olib borish maqsadga muvofiq, qaysi variantda i berilganga yaqin va $\varepsilon_{\beta} \geq 1$ bo'lsa, o'sha variant tanlanadi.

2.6.7. Tishli g'ildirak diametrlari

2.6.7.1. Bo'luvchi diametr

$$d_1 = \frac{m \cdot z_1}{\cos \beta}; \quad d_2 = \frac{m \cdot z_2}{\cos \beta}. \quad (23)$$

2.6.7.2. Tish uchidan o'tuvchi aylana diametri: tashqi ilashmali g'ildiraklar uchun

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m \cdot (1 + x_1 - y); \quad d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot (1 + x_1 - y); \quad (24)$$

ichki ilashma g'ildiraklar uchun

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m \cdot (1 + x_1); \quad d_{a2} = d_2 - 2 \cdot m \cdot (1 - x_1 - 0,2); \quad (24 a)$$

bunda: x_1 va x_2 – shesterna hamda g'ildirakning siljish koeffitsientlari; $y = -(a_w - a)/m$ qabul qilinadigan siljish koeffitsienti; $a = 0,5 \cdot m \cdot (z_2 \pm z_1)$ – uzatmaning o'qlararo masofa.

2.6.7.3. Tish tubidan o'tuvchi aylana diametrlari: tashqi ilashma g'ildiraklari uchun

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m \cdot (1,25 - x_1); \quad d_{f2} = d_2 - 2 \cdot m \cdot (1,25 - x_2); \quad (25)$$

ichki ilashma g'ildiraklari uchun

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m \cdot (1,25 - x_1); \quad d_{f2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot (1,25 - x_2); \quad (25a)$$

2.6.7.4. Boshlang'ich aylana diametrlari

$$d_{w1} = \frac{2 \cdot a_w}{u \pm 1}; \quad d_{w2} = \frac{2 \cdot a_w \cdot u}{u \pm 1}. \quad (26)$$

Izoh. G'ildiraklarning diametrlari va nazorat o'lchamlari mm ning yuzdan bir bo'lagigacha aniqlikda topiladi, tekshirish $d_1 + d_2 = 2 \cdot a_w$ formula bo'yicha bajariladi.

2.6.7.5. Tishli gardish nisbiy kenglik koefitsientini aniqlashtirish quyidagi formula bo'yicha olib boriladi:

$$\psi_{bd} = \frac{b_{w2}}{d_{w1}}. \quad (27)$$

Agar uning qiymati 3-jadval bo'yicha tavsiya etilgan chegaralardan tashqariga chiqsa, u holda g'ildiraklarning aniqlik darajasiga tuzatish kiritiladi.

2.6.8. Siljishsiz uzatmadagi yonbosh qoplanish koefitsientini quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$\varepsilon_{\alpha} = \varepsilon_{\alpha1} + \varepsilon_{\alpha2}, \quad (28)$$

bunda: $\varepsilon_{\alpha1}$ va $\varepsilon_{\alpha2}$ – mos ravishda 5-rasm bo'yicha shesterna va g'ildirakning yonbosh qoplanish koefitsientini tashkil etuvchilari.

Misol. Berilgan: $z_1=27$, $z_2=55$, $\beta=15^\circ$. ε_{α} larni hisoblaymiz (punktir chiziqqa qarang).

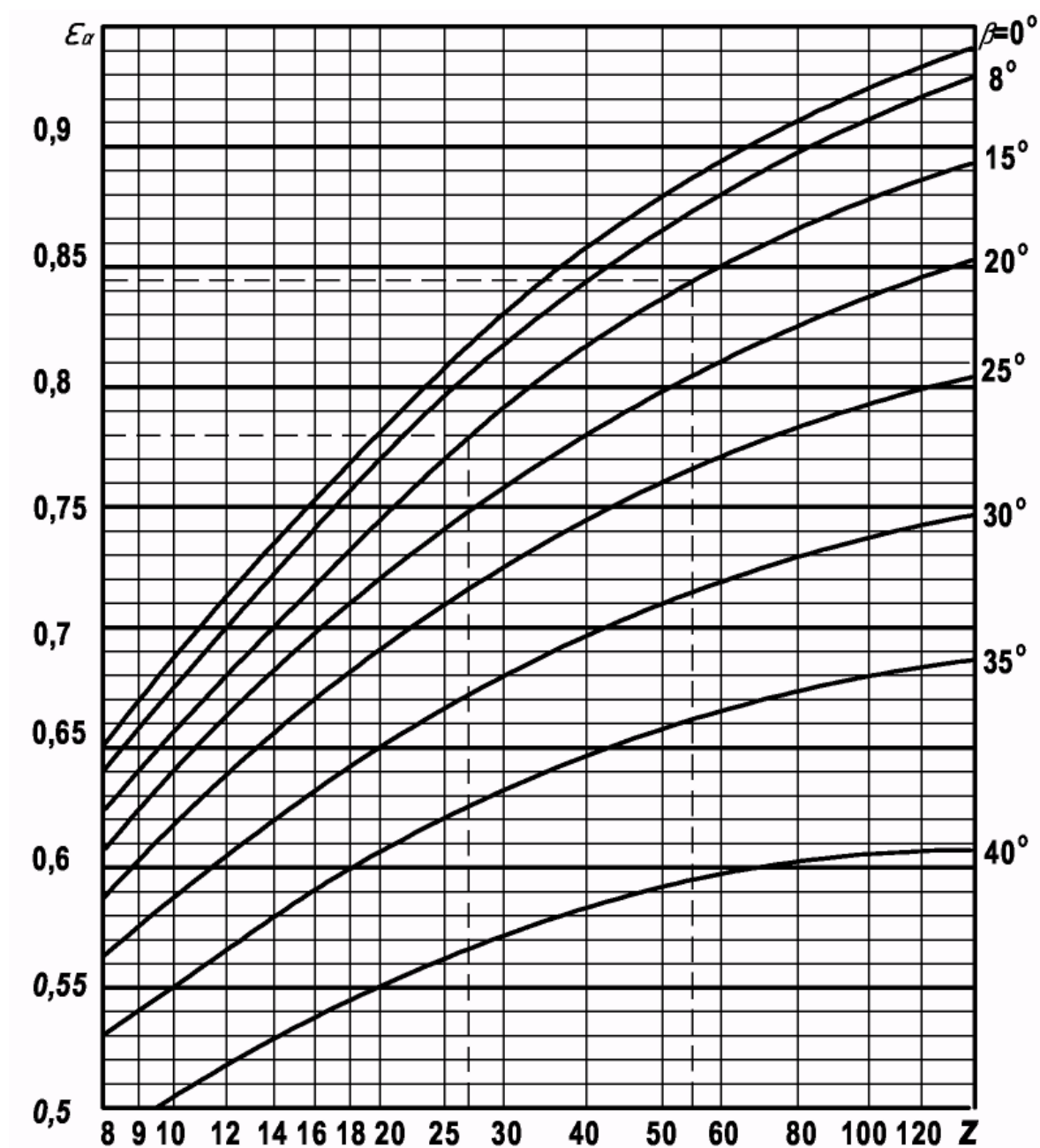
$$\varepsilon_{\alpha1} = 0,78, \quad \varepsilon_{\alpha2} = 0,845.$$

$\beta < 20^\circ$ bo'lganda yonbosh qoplanish koefitsientini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin

$$\varepsilon_a = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta. \quad (28a)$$

Izoh. Siljish bilan tayyorlangan uzatmalar uchun yonbosh qoplanish koefitsienti *ГОСТ 21354-87* ning 2- ilovasi bo'yicha topiladi.

$\varepsilon_{\alpha 1}$ va $\varepsilon_{\alpha 2}$ ni aniqlash uchun grafik



5-rasm

2.6.9. Jami qoplanish koefitsienti quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$\varepsilon_{\gamma} = \varepsilon_{\alpha} + \varepsilon_{\beta}. \quad (29)$$

2.7. Turli profillarning o‘zaro joylashuvini nazorat qilish uchun o‘lchamlar

2.7.1. Modul ulushlarida ifodalangan doimiy vatar

$$\bar{s}_c^* = \frac{\pi}{2} \cdot \cos^2 a + x \cdot \sin a. \quad (30)$$

2.7.2. Doimiy vatar:

$$\bar{s}_c = \bar{s}_c^* \cdot m. \quad (31)$$

2.7.3. Doimiy vatargacha bo‘lgan balandlik:

$$\bar{h}_c = 0,5 \cdot \left[(d_a - d) - m \cdot \bar{s}_c^* \cdot \operatorname{tg} \alpha \right]. \quad (32)$$

2.8. Ilashmadagi tezlik va kuchlar

2.8.1. Aylanma tezlik:

$$V = \frac{\pi \cdot d_{w1} \cdot n_1}{60000} \cdot \quad (33)$$

2.8.2. Aylanma kuch:

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_2}{d_{w2}} \cdot \quad (34)$$

2.8.3. Radial kuch:

$$F_r = F_t \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_w}{\cos \beta} \cdot \quad (35)$$

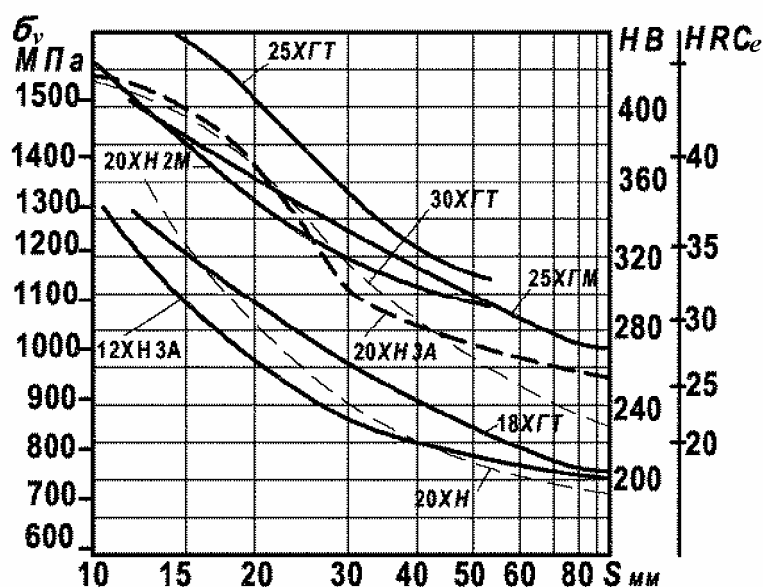
2.8.4. O‘q bo‘ylab yo‘nalgan kuch:

$$F_x = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (36)$$

2.9. G'ildirak zagotovkalarini toblanuvchanlikka tekshirish

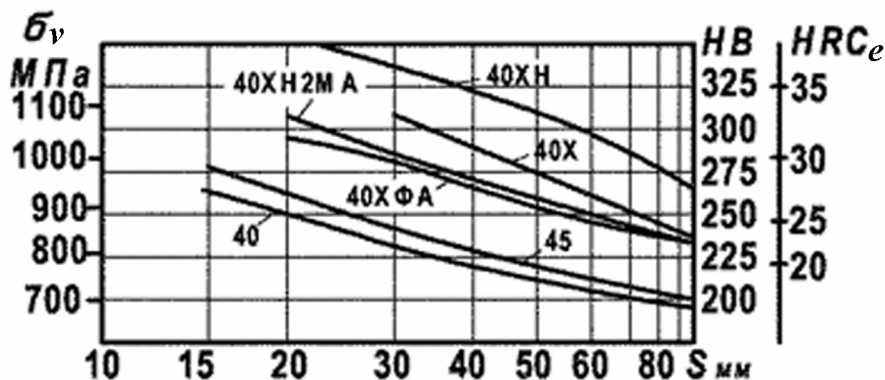
Mustahkamlangan yuzali g'ildiraklarda po'lat navini uzil-kesil tanlash mustahkamlik chegarasi σ_v yoki o'zagining qattiqligi HB (HRC_e) ga bog'liq holda 6-rasm bo'yicha, yaxshilangan g'ildiraklar uchun 7-rasm bo'yicha, toblanuvchanlikni hisobga olib o'tkazilishi kerak. Toblanuvchanlikni aniqlovchi o'lchamlar 8-rasm bo'yicha belgilanadi.

Yuzasi mustahkamlangan po'lat o'zagi uchun σ_v , HB va HRC_e



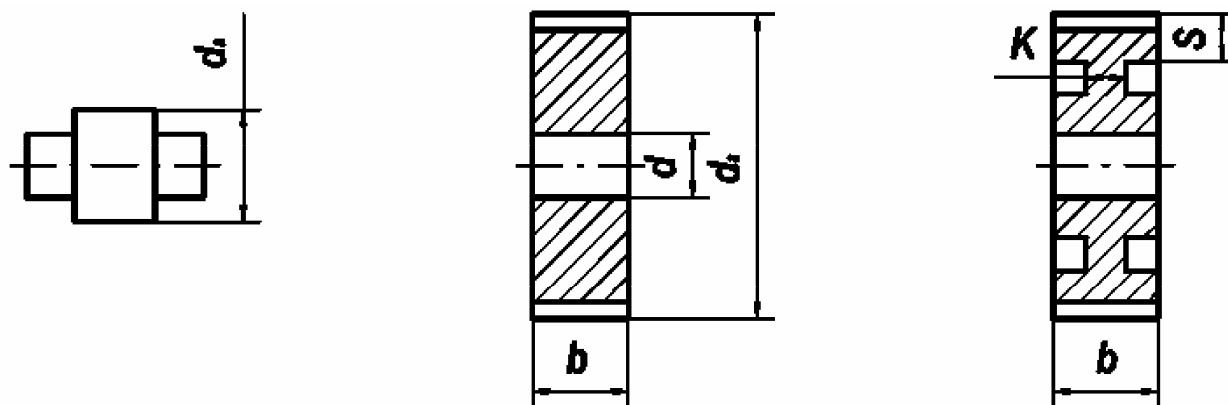
6-rasm

Yaxshilangan po'latlar uchun σ_v , HB va HRC_e



7-rasm

Toblanuvchanlikni aniqlovchi o'lchamlar



$$S = \frac{d_a}{2} + 3mm;$$

$$S = \frac{d_a - d}{2} \text{ yoki } S = b;$$

(kichigi olinadi)

$$K = (0,4 \dots 0,5) \cdot b.$$

$$S = (5 \dots 6) \cdot m \text{ yoki } S = K.$$

(kattasi olinadi)

8-rasm

3. KONTAKT KUCHLANISHLAR BO'YICHA TEKSHIRUV HISOBI

3.1. Toliqishga qarshilikni hisoblash

Po'lat g'ildiraklar uchun toliqishga qarshilikni hisoblash ushbu formula bo'yicha bajariladi:

$$\sigma_H = 190 \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_H}{b_{w2} \cdot d_{w1}} \cdot \frac{u \pm 1}{u}} \leq [\sigma]_H. \quad (37)$$

Uzatishlar soni u , g'ildirakning eni b_w va shesternaning boshlang'ich diametri d_w 2.6.3–2.6.7-bandlardagi geometrik hisoblardan olinadi.

3.1.1. Tishlarning ilashish qutbida tutashgan yuzalari shaklini hisobga oluvchi koeffitsient

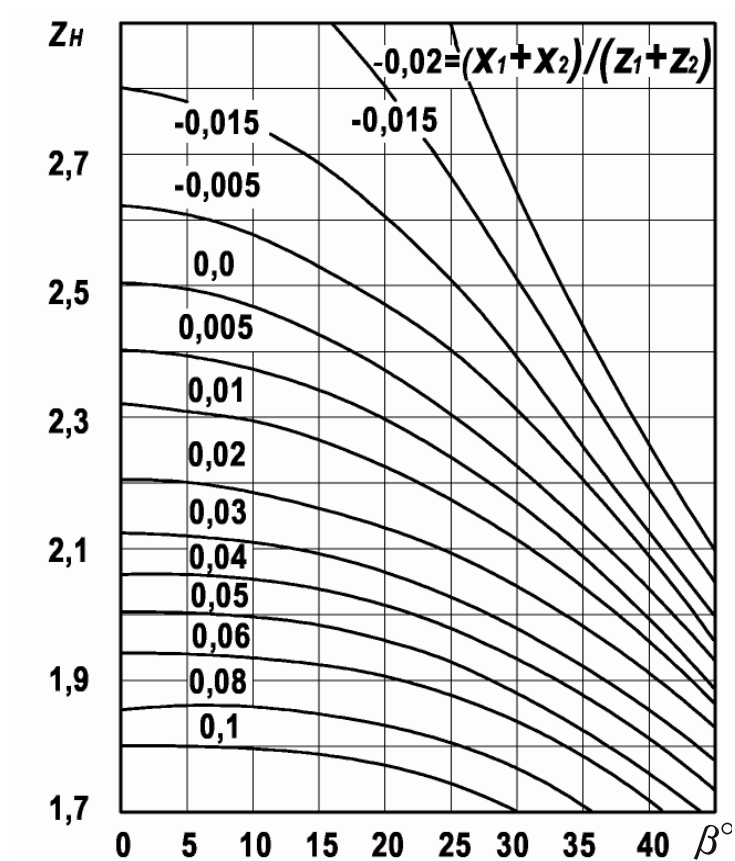
$$x_1 \neq 0 \text{ va } x_2 \neq 0 \text{ bo'lganda } Z_H = \frac{1}{\cos \alpha_t} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \cos \beta_\epsilon}{\operatorname{tg} \alpha_{tw}}}; \quad (38)$$

$$x_1 = x_2 = 0 \quad \text{bo'lganda} \quad z_H = \sqrt{\frac{4 \cos \beta_g}{\sin 2 \cdot \alpha_{tw}}}, \quad (38a)$$

yoki 9-rasm bo'yicha topiladi.

bunda: α_w – ilashish burchagi; β – tish qiyalik burchagi.

z_H koeffitsienti



9-rasm

3.1.2. Kontakt chiziqlari yig'ma uzunligini hisobga oluvchi koeffitsient.

To'g'ri tishli g'ildiraklar uchun:

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}}. \quad (39)$$

Qiya tishli va shevron g'ildiraklar uchun:

$$\varepsilon_\beta < 1 \text{ bo'lganda } z_\varepsilon = \sqrt{\frac{(4 - \varepsilon_\alpha) \cdot (1 - \varepsilon_\beta)}{3}} + \frac{\varepsilon_\beta}{\varepsilon_\alpha}; \quad (40)$$

$$\varepsilon_\beta \geq 1 \text{ bo'lganda } z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}}. \quad (40a)$$

Izoh. Siljishsiz to'g'ri tishli g'ildiraklar uchun $\alpha = 20^\circ$ bo'lganda $z_H \cdot z_\varepsilon = 2,25$.

3.1.3. Yuklanish koeffitsienti

$$K_H = K_A \cdot K_{HV} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}. \quad (41)$$

3.1.3.1. Tashqi dinamik yuklanishni hisobga oluvchi koeffitsient K_A .

Agar yuklanish siklogrammasi tashqi dinamik yuklamani o'z ichiga olsa, u holda $K_A = 1$. Boshqa holatlarda toliqishga qarshilikni hisoblashlarda K_A 6-jadval bo'yicha qabul qilinadi.

6-jadval

Tashqi dinamik yuklanish koeffitsienti K_A

Motor turi	Ishchi mashina turi*			
	I	II	III	IV
Elektromotor; bug' va gaz turbinalari barqaror foydalanish tartiblarida va kichik ishga tushish momentlarida.	1,00	1,25	1,5	1,75
Gidromotorlar, bug' va gaz turbinalari tez-tez paydo bo'ladigan katta ishga tushish momentlarida.	1,10	1,35	1,60	1,85
Ko'p silindrli ichki yonuv motori.	1,25	1,50	1,75	2,00 va ortiq
Bir silindrli ichki yonuv motori.	1,50	1,75	2,00	2,25 va ortiq

* *Ishchi mashina turlari:*

I. Elektr generatori; bir maromda ishlaydigan lentali, plastinkali konveyerlar; yengil yuk ko'targichlar; ventilatorlar; bir tekis zichlikdagi moddalar uchun aralashtirgichlar; turbokompressorlar; yengil sentrifugal; aylanuvchi detallari bo'lgan mexanizmlar.

II. Notekis ishlaydigan lentali, plastinkali konveyerlar; shesternali va rotatsion nasoslar; dastgohlarning yuritmalari; og'ir yuk ko'targichlar;

sentrifugal; kranlarning mexanizmlari; zichligi o'zgaruvchan moddalar uchun aralashtirgichlar; porshenli ko'p silindrli nasoslar; ekstruderlar; kalandrlar; aylanuvchi pechlar; sovuq prokatlash stanlari.

III. Rezina va plastmassalar uchun ekstruderlar va aralashtirgichlar; sharli yengil tegirmonlar; yog'ochga ishlov beruvchi dastgohlar; bir silindrli porshenli nasoslar; reversiv bo'lmagan issiq prokatlash stanlari; yuk ko'tarish mashinalari.

IV. Ekskavatorlar; to'ldirib olgichlar; sharli og'ir tegirmonlar; rezina aralashtirgichlar; maydalagichlar; temirchilik mashinalari; og'ir nasoslar; burg'ulash mashinalari; presslar; reversiv issiq prokatlash stanlari.

3.1.3.2. Ilashmada paydo bo'ladigan dinamik yuklamalarni hisobga oluvchi koeffitsient 7-jadval bo'yicha tanlanadi.

7-jadval

K_{HV} koeffitsienti

Aniqlik darajasi	G'ildirak tishlarining qattiqligi	v m/s tezlikdagi K_{HV} koeffitsienti					
		1	2	4	6	8	10
6	$H_2 < 350HB$	—	—	—	$\frac{1.18}{1.06}$	$\frac{1.25}{1.09}$	$\frac{1.32}{1.13}$
	$H_2 > 45HRC_e$	—	—	—	$\frac{1.12}{1.04}$	$\frac{1.16}{1.06}$	$\frac{1.20}{1.08}$
7	$H_2 < 350HB$	—	—	$\frac{1.16}{1.07}$	$\frac{1.24}{1.10}$	$\frac{1.32}{1.13}$	$\frac{1.40}{1.16}$
	$H_2 > 45HRC_e$	—	—	$\frac{1.09}{1.04}$	$\frac{1.14}{1.06}$	$\frac{1.19}{1.08}$	$\frac{1.25}{1.10}$
8	$H_2 < 350HB$	$\frac{1.05}{1.02}$	$\frac{1.10}{1.04}$	$\frac{1.20}{1.08}$	$\frac{1.28}{1.12}$	$\frac{1.38}{1.15}$	$\frac{1.48}{1.19}$
	$H_2 > 45HRC_e$	$\frac{1.03}{1.01}$	$\frac{1.06}{1.02}$	$\frac{1.12}{1.05}$	$\frac{1.18}{1.07}$	$\frac{1.24}{1.09}$	$\frac{1.30}{1.12}$
9	$H_2 < 350HB$	$\frac{1.06}{1.02}$	$\frac{1.11}{1.04}$	$\frac{1.22}{1.08}$	—	—	—
	$H_2 > 45HRC_e$	$\frac{1.03}{1.01}$	$\frac{1.06}{1.02}$	$\frac{1.13}{1.05}$	—	—	—

Izoh. Suratda to'g'ri tishli, maxrajda qiya tishli va shevron g'ildiraklar uchun qiymatlar keltirilgan.

3.1.3.3. Kontakt chiziqlari uzunligi bo'yicha yuklanish taqsimlanishining notekisligini hisobga oluvchi koeffitsient $K_{H\beta}$, 1-rasm va loy-

iha hisobi natijalari bo'yicha tuzatish kiritilgan tishli gardish nisbiy kengligi koeffitsienti ψ_{bd} bo'yicha aniqlanadi.

Izoh. Tishli juftlikni aniqlashgan hisoblarida $K_{H\beta}$, ΓOCT 21354-87 bo'yicha valning elastik moduli, podshipniklardagi tirqishlar va tishlar birkirligini inobatga olib topiladi.

3.1.3.4. Tish juftligi bo'yicha yuklamaning notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koeffitsient:

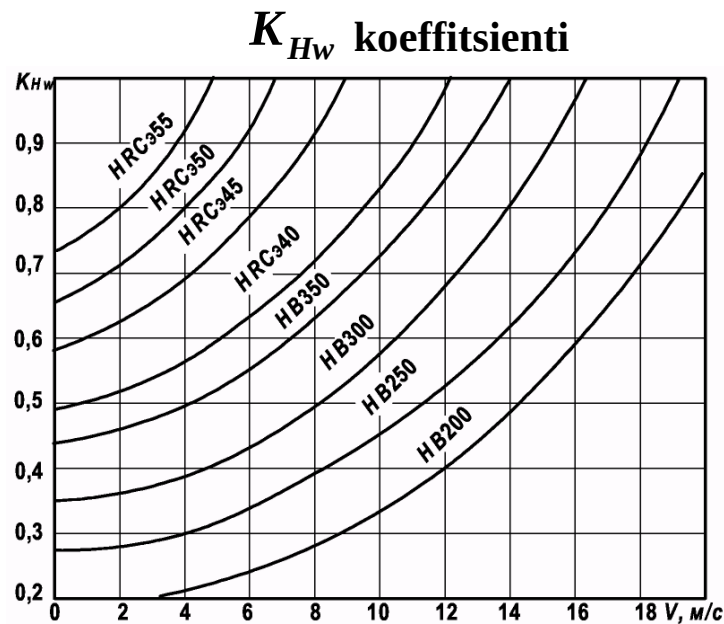
$$K_{H\alpha} = 1 + (K_{H\alpha}^0 - 1) \cdot K_{Hw}, \quad (42)$$

bunda: K_{Hw} – tishlar moslashuvchanligini hisobga oluvchi koeffitsient 10-rasm bo'yicha topiladi.

Taqribiy hisoblarda aniq tishli g'ildiraklar uchun, 5-aniqlik darajasidan boshlab, g'ildirak va shesternaning qattiqligi 350 HB dan ortiq bo'lganda $K_{H\alpha}=1$ olinadi. $n_{an}=6-9$ da aniqlik darajasi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$K_{H\alpha}^0 = 1 + 0,25 \cdot (n_{an} - 5) \cdot (1/Z_{\varepsilon}^2 - 1). \quad (43)$$

Shesterna yoki g'ildirakning qattiqligi 350 HB dan kam yoki teng bo'lsa, ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:



10-rasm

$$K_{H\alpha}^0 = 1 + 0,5 \cdot (n_{an} - 5) \cdot (1/Z_\varepsilon^2 - 1). \quad (43a)$$

Koeffitsient quyidagi oraliqda bo'lishi kerak:

to'g'ri tishli g'ildiraklar uchun $1 \leq K_{H\alpha} \leq 1/Z_\varepsilon^2$;

qiya va shevron tishli uchun $1 < K_{H\alpha} < K_{Hw}$.

Aniqlashgan hisoblashlarda K_{Hv} ГОСТ 21354-87 bo'yicha topiladi.

3.1.4. Ruxsat etilgan kontakt kuchlanishni aniqlash 2.5-band bo'yicha Z_R , Z_V va Z_X koeffitsientlarning qiymatlarini aniqlanib o'tkaziladi.

3.2. Maksimal kuchlanish ta'sirida kontakt mustahkamlikka hisoblash

Maksimal yuklanish ta'sir etganda kontakt mustahkamlikka hisoblash quyidagi formula bo'yicha olib boriladi:

$$\sigma_{H\max} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{\max}}{T_{nm}}} < [\sigma]_{H\max}. \quad (44)$$

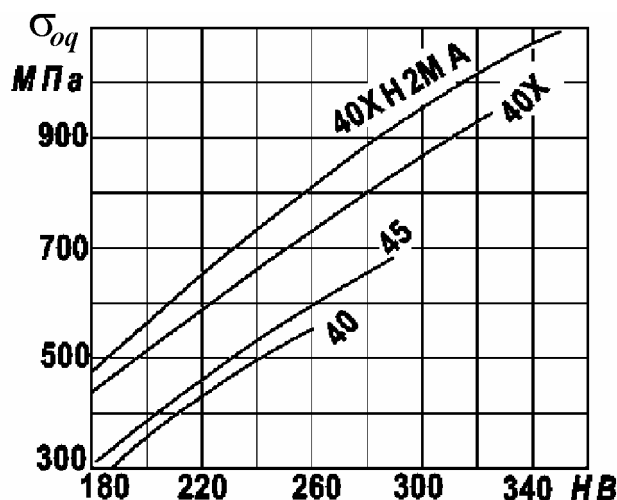
bunda: σ_H – (37) formula bo'yicha kontakt kuchlanish; $T_{\max}/T_{nom}$ mos ravishda eng katta, qisqa vaqt ta'sir etuvchi moment va nominal moment.

Maksimal yuklanishdagi ruxsat etilgan kontakt kuchlanish $[\sigma]_{H\max}$ 1-jadvalda keltirilgan formulalar bo'yicha topiladi.

Normallashtirilgan va yaxshilangan po'latlar uchun oquvchanlik chegarasi σ_{oq} qiymati qattqlik HB ga bog'liq holda 11-rasm bo'yicha olinadi.

Izoh. Agar eng katta, qisqa vaqt ta'sir etuvchi moment noma'lum bo'lsa, u holda foydalanilgan elektromotorning katalogda keltirilgan $T_{\max}/T_{nom}$ nisbatini ildiz ostiga qo'yish lozim.

Oquvchanlik chegarasi σ_{oq}



11-rasm

4. EGUVCHI KUCHLANISHLAR BO‘YICHA TEKSHIRUV HISOBI

4.1. Toliqishga qarshilik hisobi

4.1. Toliqishga qarshilik hisobi (45) formula bo‘yicha, (shesterna yoki g‘ildirakning) $[\sigma_F]/Y_{FS}$ nisbati kam bo‘lgan, eng zaif elementi uchun o‘tkaziladi:

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_F}{b_w \cdot m} \cdot Y_{FS} \cdot Y_\beta \cdot Y_\epsilon < [\sigma_F]. \quad (45)$$

Maksimal uzoq vaqt ta’sir etuvchi momentdagi aylanma kuch F_t , g‘ildirak eni b_w va normal modul m loyiha hisobidan (ochiq uzatma uchun 5-band) yoki boshlang‘ich ma’lumotlar bo‘yicha olinadi.

4.1.1. Yuklanish koefitsienti

$$K_F = K_A \cdot K_{FV} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha}. \quad (46)$$

4.1.1.1. Tashqi dinamik yuklamani hisobga oluvchi koefitsient K_A 3.1.3.1-band bo‘yicha.

4.1.1.2. Ilashmada paydo bo‘ladigan dinamik yuklamani hisobga oladigan K_{FV} koefitsient 8-jadval bo‘yicha belgilanadi.

K_{FV} koefitsient

Aniqlik darajasi	G'ildirak tishi qattiqligi	v, m/s tezlikda K_{FV} koefitsienti					
		1	2	4	6	8	10
6	$H_2 < 350HB$	–	–	–	$\frac{1.38}{1.15}$	$\frac{1.50}{1.20}$	$\frac{1.64}{1.26}$
	$H_2 > 45HRC_e$	–	–	–	$\frac{1.12}{1.04}$	$\frac{1.16}{1.06}$	$\frac{1.20}{1.08}$
7	$H_2 < 350HB$	–	–	$\frac{1.32}{1.13}$	$\frac{1.48}{1.19}$	$\frac{1.64}{1.25}$	$\frac{1.80}{1.32}$
	$H_2 > 45HRC_e$	–	–	$\frac{1.09}{1.04}$	$\frac{1.14}{1.06}$	$\frac{1.19}{1.08}$	$\frac{1.25}{1.10}$
8	$H_2 < 350HB$	$\frac{1.10}{1.04}$	$\frac{1.20}{1.08}$	$\frac{1.40}{1.16}$	$\frac{1.58}{1.23}$	$\frac{1.77}{1.30}$	$\frac{1.96}{1.38}$
	$H_2 > 45HRC_e$	$\frac{1.03}{1.01}$	$\frac{1.06}{1.02}$	$\frac{1.12}{1.05}$	$\frac{1.18}{1.07}$	$\frac{1.24}{1.09}$	$\frac{1.30}{1.12}$
9	$H_2 < 350HB$	$\frac{1.11}{1.04}$	$\frac{1.22}{1.08}$	$\frac{1.45}{1.17}$	–	–	–
	$H_2 > 45HRC_e$	$\frac{1.03}{1.01}$	$\frac{1.06}{1.02}$	$\frac{1.13}{1.05}$	–	–	–

Izoh. Suratda to'g'ri tishli uchun, maxrajda qiya tishli va shevron g'ildiraklar uchun qiymatlar keltirilgan.

4.1.1.3. Kontakt chizig'i uzunligi bo'yicha yuklama taqsimlanishining notekisligini hisobga oluvchi koefitsient $K_{F\beta}$ 12-rasm bo'yicha tish yuzasi qattiqligiga, g'ildiraklarning vallar tayanchiga nisbatan joylashishiga va tishli gardish nisbiy kengligi koefitsienti ψ_{bd} ga (2.6.7.5-bandga qarang) bog'liq holda aniqlanadi, uni loyihalash hisobi natijalari bo'yicha aniqlanadi.

Eslatma. Tishli juftlikning aniqlangan hisobida $K_{H\beta}$, FOCT 21354-87 bo'yicha valning elastik chizig'i, podshipniklardagi tirqishlar va tishlar bikirligini hisobga olib topiladi.

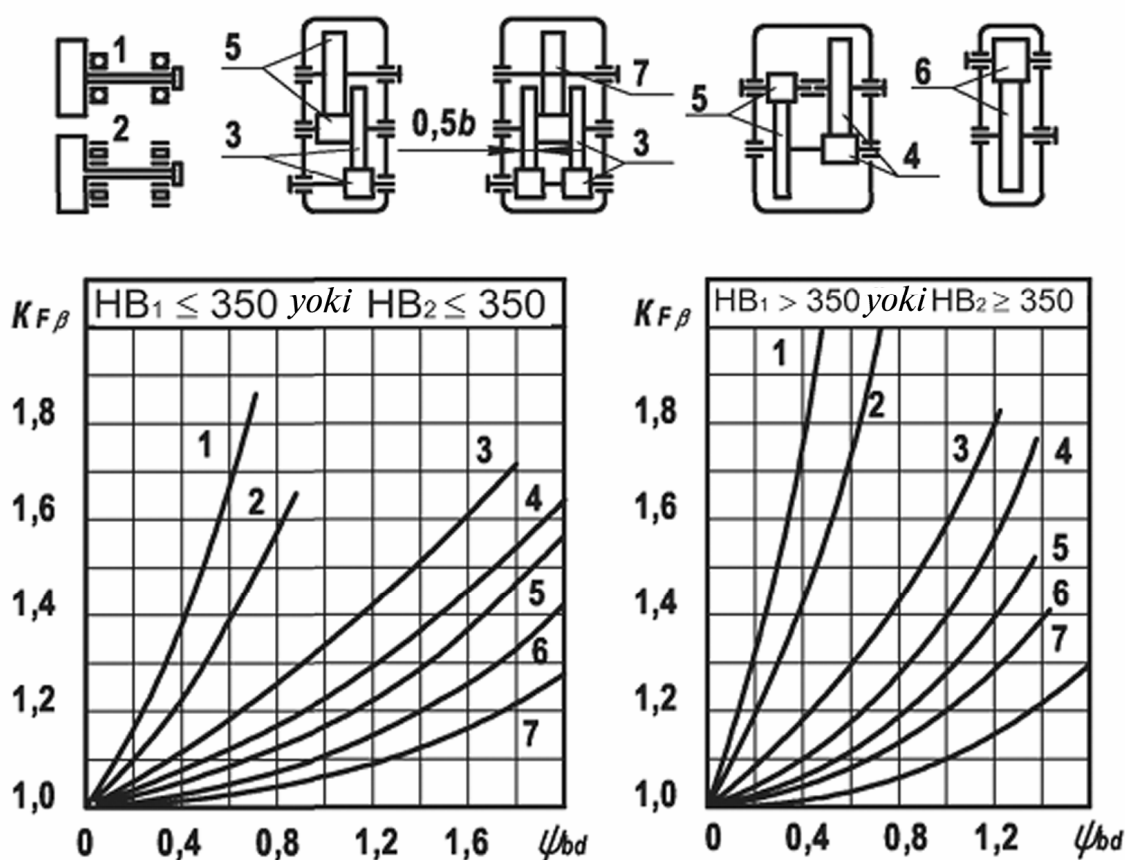
4.1.1.4. Yuklamaning tishlar juftligi bo'yicha taqsimlanish notekisligini hisobga oluvchi koefitsient:

$$K_{Fa} = K_{Ha}^0. \quad (47)$$

Aniqlangan hisoblarda K_{Fa} , ГОСТ 21354-87 bo'yicha topiladi.

4.1.2. Tish shaklini va kuchlanishlar konsentratsiyasini hisobga oluvchi koefitsientlar, tashqi ilashmali g'ildiraklar uchun ekvivalent tishlar soni z_v (17) va siljish koefitsienti x ga bog'liq holda 13-rasm bo'yicha olinadi. Ichki ilashmali g'ildiraklar uchun g'ildirak tishlar soni z va ke-skich tishlar soni z_0 ga bog'liq holda 14-rasm bo'yicha aniqlanadi.

$K_{F\beta}$ koefitsient



12-rasm

4.1.3. Tishning qiyalik burchagini hisobga oluvchi koefitsient:

$$Y_{\beta} = 1 - \varepsilon_{\beta} \cdot \frac{\beta}{120^0} \geq 0,7. \quad (48)$$

4.1.4. Tishlarning qoplanishini hisobga oluvchi koeffitsient to'g'ri tishli uzatmalar uchun $Y_{ve}=1$. Qiya tishli va shevron uzatmalar uchun:

$$\varepsilon_{\beta} < 1 \text{ bo'lganda } Y_{\varepsilon} = 0,2 + \frac{0,8}{\varepsilon_{\alpha}} ; \quad (49)$$

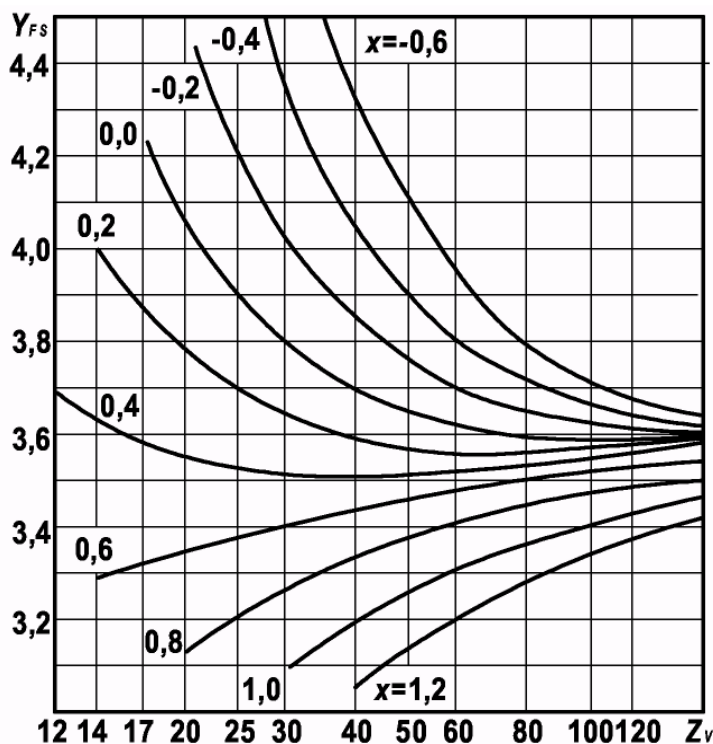
$$\varepsilon_{\beta} \geq 1 \text{ bo'lganda } Y_{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon_{\alpha}} . \quad (49a)$$

4.1.5. Egilishda toliqishga qarshilikni hisoblashda ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash.

Egilishda toliqishga qarshilikni hisoblashda ruxsat etilgan kuchlanish shesterna va g'ildirak uchun alohida quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F \lim} \cdot Y_N}{S_F} \cdot Y_{\delta} \cdot Y_R \cdot Y_X . \quad (50)$$

Tashqi ilashmali g'ildiraklar uchun Y_{FS} koeffitsient



13-rasm

4.1.5.1. Egilishdagi chidamlilik chegarasi:

$$\sigma_{F \lim} = \sigma_{F \lim}^0 \cdot Y_Z \cdot Y_g \cdot Y_d \cdot Y_A. \quad (51)$$

4.1.5.2. Bazaviy sikllar soni $N_{FG} = 4 \cdot 10^6$ ga mos keladigan egilishga chidamlilik chegarasi $\sigma_{F \lim}^0$ 1-jadvaldan olinadi.

4.1.5.3. Zagotovka olish usulini hisobga oladigan koeffitsient Y_Z : bolg'alangan va shtamlangan uchun – $Y_Z = 1$; prokat uchun – $Y_Z = 0,9$; quyma zagotovka uchun – $Y_Z = 0,8$.

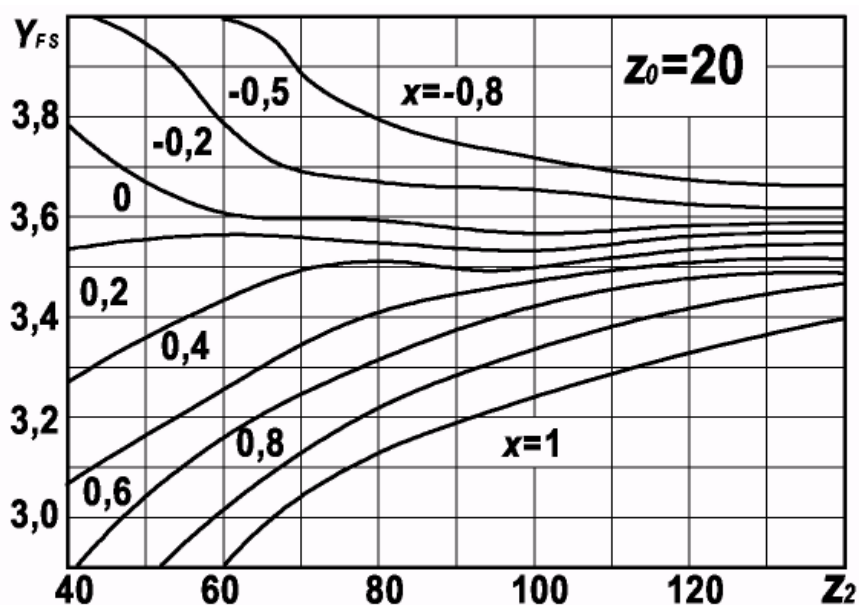
4.1.5.4. Tishlarning o'tish yuzasini silliqlash ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient Y_g : silliqlash yuzalar 1-jadval bo'yicha, aks holda $Y_g = 1$.

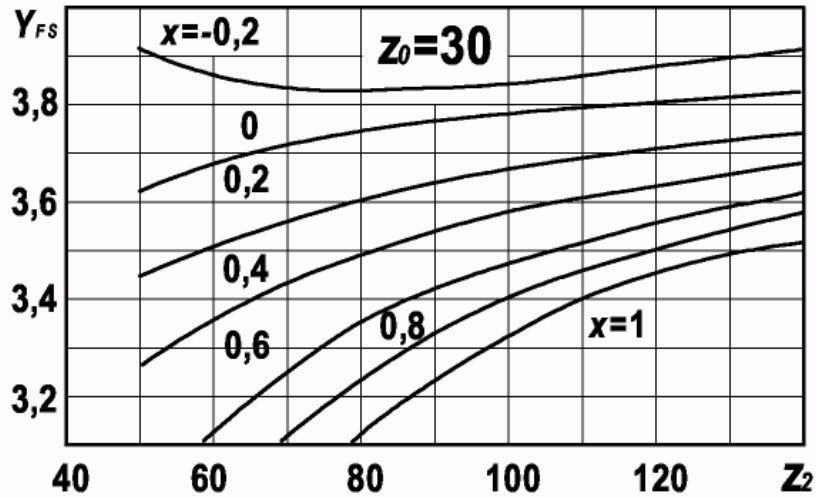
4.1.5.5. Deformatsion mustahkamlanish yoki 1-jadval bo'yicha elektrokimyoviy ishlov berish ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient Y_d . Ular bo'lmaganda $Y_d = 1$.

4.1.5.6. Yuklamaning ikki tomonlama qo'yilishi ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient:

Yuklanish bir tomonlama qo'yilganda $Y_A = 1$; ikki tomonlama qo'yilganda $Y_A = 1 - \gamma_A$, bu yerda: $\gamma_A = 0,35$ qattiqligi $H \leq 350HB$ bo'lgan normallangan va yaxshilangan po'latlar uchun; $\gamma_A = 0,25$ $H > 350HB$ ($H > 45HRC_e$) bo'lganda; azotlangan tishli g'ildiraklar uchun $\gamma_A = 1$.

Ichki ilashmali g'ildiraklar uchun Y_{FS} koeffitsienti





14-rasm

4.1.6. Egilishdagi zaxira koeffitsienti S_F 1-jadval bo'yicha qabul qilinadi.

4.1.7. Umrboqiylik koeffitsienti

$$Y_N = q_F \sqrt{\frac{4 \cdot 10^6}{N_{FE}}} \geq 1. \quad (52)$$

Uning maksimal qiymatlari: $q_F = 6$ bo'lganda $Y_N \leq 4$; $q_F = 9$ bo'lsa, $Y_N \leq 2,5$. Bunda daraja ko'rsatkichi q_F materialining strukturasi bir jinsli bo'lgan g'ildiraklar uchun, YuChT bilan qizdirib toblangan va butkul toblangan, shuningdek, silliqlangan o'tish yuzasi bo'lgan tishli g'ildiraklarni ham qo'shib, tishlarining qattiqligi va termik ishlovidan qat'i nazar, $q_F = 6$. Yuzasi mustahkamlangan va o'tish yuzasi silliqlangan tishli g'ildiraklar uchun – $q_F = 9$.

Agar $N_{FE} \geq N_{FG} = 4 \cdot 10^6$ bo'lsa, u holda $Y_N = 1$.

Xizmat muddati mobaynida egilishdagi ekvivalent sikllar soni

$$N_{FE} = N_{\Sigma} \cdot \mu_F. \quad (53)$$

Bu yerda ish tartibi koeffitsientlari 2.5.3.3-band kabitdagi aniqlanadi.

$$\mu_F = \mu_{6(9)} = \frac{\sum n_i \cdot t_i \cdot (T_i / T_{\max})^{q_F}}{\sum n_i \cdot t_i}, \quad (54)$$

$n = \text{const}$ bo'lganda

$$\mu_F = \mu_{6(9)} = \sum \frac{t_i}{t_\Sigma} \cdot \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^{q_F} . \quad (54a)$$

Xizmat muddati mobaynida egilishdagi ekvivalent sikllar soni esa shesterna uchun $N_{\Sigma 1}$ va g'ildirak uchun $N_{\Sigma 2}$ (6) yoki (6a) formulalar bo'yicha aniqlanadi.

4.1.8. Kuchlanishlar gradientini hisobga oluvchi koeffitsient

$$Y_\delta = 1,082 - 0,172 \cdot \lg m. \quad (55)$$

4.1.9. O'tish yuzasi g'adir-budurlikni hisobga oluvchi Y_R koeffitsient: tishni frezerlash va silliqlash bilan olingan g'adir-budurlik $R_a = 40$ mkm dan ko'p bo'lmaganda $Y_R = 1$. Jilvirlangan g'ildiraklar uchun: sementlangan, nitrotsementatsiyalangan, azotlangan va chuqurlikni qamrab olib, kontur bo'yicha YuChT bilan toblanganda $Y_R = 1,05$; yaxshilangan, normallangan va butunlay YuChT bilan toblanganda $Y_R = 1,2$.

4.1.10. Tishli g'ildirak o'lchamlarini hisobga oluvchi koeffitsient:

$$Y_X = 1,05 - 0,000125 \cdot d_w. \quad (56)$$

4.2. Maksimal yuklama ta'sir etganda mustahkamlikka hisoblash

Quyidagi formula bo'yicha olib boriladi:

$$\sigma_{F \max} = \sigma_F \cdot \frac{K_{AS}}{K_A} \leq [\sigma_F]_{\max} . \quad (57)$$

bunda σ_F – (45) formula bo'yicha, K_A koeffitsient 4.1.1.1-band bo'yicha aniqlanadi.

4.2.1. Maksimal yuklanish bo'yicha mustahkamlikka hisoblashlarda tashqi dinamik yuklanish koeffitsienti K_{AS} 9-jadval bo'yicha olinadi.

K_{AS} koefitsienti

Ishchi mashinalar turi va ulardan foydalanish sharoiti	K_{AS}
Asinxron elektr motorli yuritmalarni ishga tushurishda	2,5...5
Metall kesuvchi dastgohlarning elektrmotorli bosh yuritmalari	1,5...4
Lebedkalar, randalab va urib yo'nuvchi dastgohlar, sidirib oluvchi transportyorlar, friksion presslar	1,5...2,5
Yuk ko'taruvchi mashinalar: ko'tarish mexanizmlari, tashish mexanizmlari	1,2...2 1,5...4
Ventilatorlar, havo purkagichlar	1,4...1,8
Elektr transporti	1,6...2,5
Tegirmonlar, loy ezuvchilar, aralashtirgichlar	1,8...2,2
Toshmaydalagichlar	2,0...3,5
Krivoship-polzunli va eksentrik mexanizmlar	1,8...3
Prokat stanlari	2,5...4,5

4.2.2. Maksimal yuklanishdagi ruxsat etilgan egilish kuchlanishlari

$$[\sigma]_{F1\max} = \frac{\sigma_{FSt}^0}{S_{FSt}} \cdot Y_{gSt} \cdot Y_{dSt} \cdot Y_X, \quad (58)$$

bunda: σ_{FSt}^0 – 1-jadval bo'yicha maksimal yuklama bilan egishda asos chegaraviy kuchlanish; $S_{FSt} = 1,75 / Y_Z$ – buzilmaslik ehtimoli 0,99 bo'lgandagi mustahkamlik zaxira koefitsienti; Y_Z – 4.1.5.3-band bo'yicha zagotovka olish usulini hisobga oluvchi koefitsient; Y_{gs} – tishning o'tish yuzasini silliqlash ta'sirini hisobga oluvchi koefitsient: YuChT bilan qizdirib hajmiy toblanib sillqlangan – $Y_{gSt} = 1,1$; sementlangan g'ildiraklar uchun – $Y_{gSt} = 1,05$; nitrotsementlangan uchun – $Y_{gSt} = 0,95$; silliqlanmagan – $Y_{gSt} = 1$; Y_{dSt} – deformatsion mustahkamlanish ta'sirini hisobga oluvchi koefitsient: tishning o'tish yuzasi silliqlanmaganda – $Y_{dSt} = 0,95$; silliqlangan va deformatsion mustahkamlanish bo'lmaganda – $Y_{dSt} = 1$; Y_X - (56) – formula bo'yicha.

5. TISHNING EGILISHIDA TOLIQLASHGA QARSHILIK BO'YICHA LOYIHALASH HISOBI

Bunday hisob ochiq uzatmalar uchun, shuningdek, xizmat muddati juda cheklangan yopiq uzatmalar uchun o'tkaziladi.

Normal modul ushbu ifodadan topiladi:

$$m = K_m \cdot \sqrt{\frac{T_2 \cdot K_{F\beta} \cdot Y_{FS1}}{u \cdot z_1^2 \cdot \psi_{bd} \cdot [\sigma_F]_1}} \quad (59)$$

va 5-jadval bo'yicha standart qiymatigacha yaxlitlanadi.

Bu yerda $K_m = 14$ - to'g'ri tishli uchun, $K_m = 12,5$ - qiya tishli $\varepsilon_\beta \leq 1$ bo'lganda va $K_m = 11,2$ $\varepsilon_\beta > 1$ bo'lganda va shevron uzatmalar uchun; T_2 – g'ildirakdagi eng katta moment, $N \cdot m$ da, uning davomiyligi xizmat muddati ichida 50000 siklga teng; $K_{F\beta}$ – yuklamaning kontakt chizig'i uzunligi bo'yicha taqsimlanish notekisligini hisobga oluvchi koeffitsient 12-rasm bo'yicha; z_1 – shesterna tishlari soni iloji boricha kamroq tanlab olinadi, lekin kesilishni yo'qotadigan qilib (siljishli g'ildiraklarni qo'llash maqsadga muvofiqroq); Y_{FS} – tish shakli va kuchlanish konsentratsiyasini hisobga oladigan koeffitsient, 13- yoki 14-rasmlar bo'yicha olinadi; ψ_{bd} – kenglik koeffitsienti, tayyorlash aniqligiga bog'liq 2.3-band bo'yicha tanlanadi; $[\sigma_{F1}]$ – shesterna uchun ruxsat etilgan egilish kuchlanishi – 4.1.5-band bo'yicha belgilanadi.

6. BA'ZI UZATMALARNI HISOBLASH XUSUSIYATLARI

6.1. Chevron uzatmalar

Chevron uzatmalarda b_w hisobiy kenglik yarim shevronga tegishli bo'ladi. Shuning uchun (9) formulaga $T_2/2$ moment kiritiladi, ψ_{bd} qiymati esa 2.3- band bo'yicha tavsiya etilgan oraliqning pastki chegarasiga yaqin qilib tanlanadi.

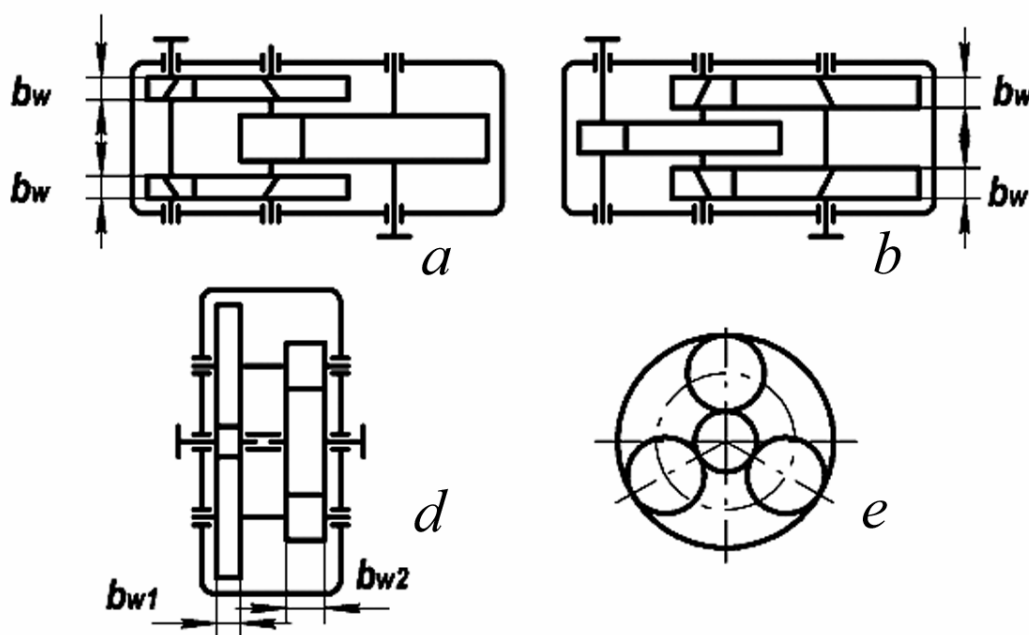
Ilashmadagi kuchlarni ham yarim shevron uchun $T_2/2$ moment bo'yicha aniqlanadi.

6.2. Ko‘p oqimli reduktorlarning uzatmalari

Tezyurar bosqichi (15, *a*-rasm), sekinyurar bosqichi (15, *b*-rasm) ikkilangan, ikki oqimli o‘qdosh (15, *d* - rasm) va planetar (15, *e*-rasm) reduktorlarda hisobiy kenglik b_w bitta oqimning g‘ildiraklariga tegishli bo‘ladi.

Shuning uchun (9) hisoblash formulasiga agar yuklamani oqimlar bo‘yicha tenglash suzuvchi element – suzuvchi val, suzuvchi shesterna yoki suzuvchi gardish bilan amalga oshirilsa – T_2 / Z_n moment kiritiladi, bunda: z_n – quvvat oqimlari soni. Agar yuklamani tenglash $K \cdot T_1 / z_n$ (bunda: $K = 1,1 - 1,2$ – muftaning ilashish zaxira koeffitsienti) momentga mo‘ljallangan chegaraviy moment muftalari bilan amalga oshirilsa, u holda (9) bog‘lanishga hisoblanayotgan tishli juftlikning uzatishlar soni u ga ko‘paytirilgan muftaning hisobiy momenti kiritiladi.

Ko‘p oqimli reduktorlarning kinematik sxemalari



15-rasm

Uzatmadagi kuchlarni mos ravishda T_2 / z_n yoki $K \cdot T_1 \cdot u / z_n$ moment bo‘yicha aniqlanadi. (37) va (45) formulalarga bu momentlarga mos keluvchi aylanma kuchlar kiritiladi.

15, *d* va 15, *e*-rasmlardagi reduktorlarning shesternalari uchun ilashishlar soni n_{il} birga teng emas ekanligini nazarda tutish lozim.

6.3. O'qlararo masofasi berilgan uzatmalar

Loyiha hisobini quyidagi tartibda olib boriladi.

6.3.1. Uzatmaning geometrik o'lchamlari 2.6.3.1, 2.6.5, 2.6.7.4-bandlar bo'yicha va yonbosh qoplanish koefitsienti 2.6.8-band bo'yicha belgilanadi.

6.3.2. Aylanma tezlik v 2.8.1-band bo'yicha aniqlanadi.

6.3.3. Material 2.1. va 2.2-band bo'yicha tanlanadi, termik ishlov berish va tish yuzalari qattiqligi belgilanadi, aniqlik darajasi tanlanadi.

6.3.4. Hisobiy koefitsientlar: Z_H - 3.1.1-band bo'yicha; Z_ε (40a) formula bo'yicha; K_H - 3.1.3-band bo'yicha o'rnatiladi, bunda yuklamaning kontakt chiziqlari uzunligi bo'yicha taqsimlanish notekisligini hisobga oluvchi koefitsient $K_{H\beta} = 1,1-1,3$ chegarasida 1-rasm bo'yicha va yuklamani tishlar juftligi bo'yicha taqsimlanishini hisobga oluvchi koefitsient to'g'ri tishli uzatmalar uchun $K_{H\alpha} = 1$ beriladi.

6.3.5. Ruxsat etilgan kuchlanishlar $[\sigma]_H$ 2.5-band bo'yicha va aylanma kuch F_t 2.8.2-band bo'yicha o'rnatiladi.

6.3.6. G'ildirakning zarur bo'lgan kengligini quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$b_w = \left(\frac{190 \cdot Z_H \cdot Z_\Sigma}{[\sigma_H]} \right)^2 \cdot \frac{u \pm 1}{u} \cdot \frac{F_t \cdot K_H}{d_{w1}}. \quad (60)$$

6.3.7. Bo'ylama qoplaning koefitsienti ε_β (22) formula bo'yicha topiladi. Agar $\varepsilon_\beta < 1$ bo'lsa, u holda b_w tishli gardish kengligini yoki β tish qiyalik burchagining uzatma geometriyasini o'zgartirib tuzatiladi.

6.3.8. Tishli gardish nisbiy kengligi $\psi_{bd} = b_w / d_{w1}$ hisoblanadi va 1-rasm bo'yicha $K_{H\beta}$ koefitsient aniqlashadi.

6.3.9. Yig'ilgan qoplanish koefitsienti ε_γ (29) formula bo'yicha topiladi va $K_{H\alpha}$ 3.1.3.4-bandga muvofiq aniqlashadi.

6.3.10. Yuklanish koefitsienti K_H (41) formula bo'yicha hisoblanadi.

6.3.11. Agar, 6.3.7-bandga muvofiq tishli gardish kengligi oshirilgan yoki $K_{H\beta}$ – 6.3.8-band bo'yicha va $K_{H\alpha}$ – 6.3.9-band bo'yicha koeffitsientlarning qiymatlari, dastlabki qabul qilinganga nisbatan ancha o'zgargan bo'lsa, u holda (37) formula bo'yicha kontakt kuchlanish σ_H va mos keluvchi kontakt chidamlilik chegarasi

$$\sigma_{H\lim} = \frac{\sigma_H \cdot S_H}{Z_N \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X}, \quad (61)$$

bunda: Z_N, Z_R, Z_V va Z_X 2.5-bandga muvofiq tuzatiladi.

6.3.12. G'ildirak uchun yaxshilangan po'lat olinadi va tishlarning zarur bo'lgan qattiqligi aniqlanadi:

$$H_2 = \frac{\sigma_{H\lim} - 70}{2}, HB. \quad (62)$$

Shesterna tishlari qattiqligi quyidagiga teng:

$$H_1 = H_2 + (25...30), HB. \quad (63)$$

6.3.13. Shesterna va g'ildirak tishlarining uchidan hamda tubidan o'tuvchi aylana diametrlari (24,25) formulalar bo'yicha aniqlanadi va toblanuvchanlikni hisobga olib, 7-rasm bo'yicha shesterna hamda g'ildirak materiali tanlanadi.

6.3.14. Turli nomlangan profillarning o'zaro joylashishini tekshirish uchun 2.7-band bo'yicha o'lchamlar hisoblanadi.

6.3.15. Tekshirish hisoblari 3.2-band va 4-bo'lim bo'yicha bajariladi.

6.4. O'qdosh reduktor uzatmalari

Dastlab, ko'proq yuklangan sekinyurar juftlik 2, 3 va 4-bandlarda bayon etilgan tartibda hisoblanadi. Bu juftlik uchun shesternaning yuzasi toblab mustahkamlangach, g'ildirakni esa yaxshilangan yoki uning ham yuzasini mustahkamlangan qilib bajarish maqsadga muvofiq.

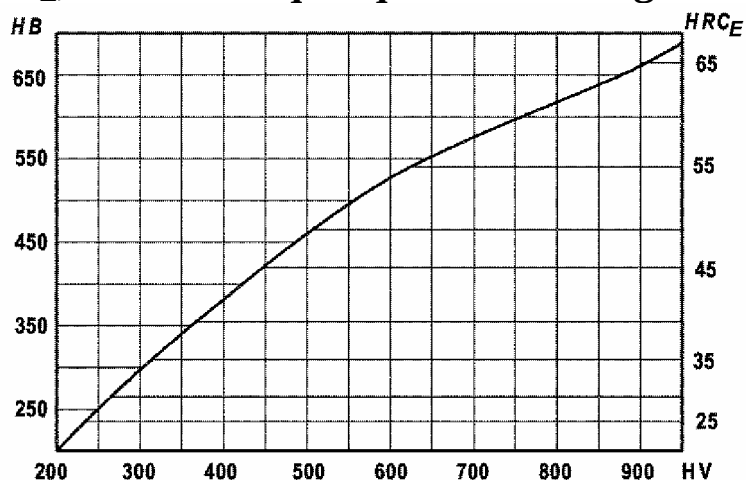
Tezyurar juftlikning o'qlararo masofasi berilgan kabi 6.3-band bo'yicha hisoblanadi. Bu juftlikning g'ildiragi va shesternasini yaxshilangan qilish lozim. Bu juftlikning kengligi $b_{wS} = (0,4-0,5) \cdot b_{wT}$ chegaralarida bo'lishi maqsadga muvofiq, bunda: b_{wS} – sekinyurar juftlikning hisobiy kengligi, b_{wT} – tezyurar juftlikning hisobiy kengligi.

Tezyurar juftlik uchun boshqa variantda ham hisoblash mumkin.

Barcha geometrik o'lchamlar aniqlangandan keyin hisobiy kenglik yuqorida ko'rsatilgan chegaralarda belgilanadi, $\varepsilon_\beta \geq 1,0$ bo'lganda va haqiqiy kontakt kuchlanishlar σ_H ni aniqlab, 6.3.11–6.3.13-bandlarda keltirilgan ketma-ketlikda material tanlanadi. Keyin 6.3.14. va 6.3.15-bandlar bajariladi.

1-ilova

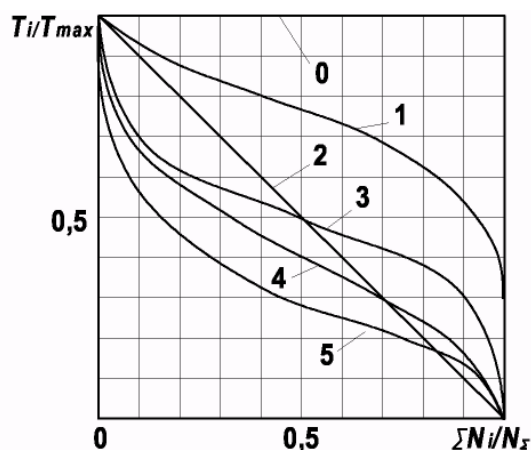
HRC_E , HB va HV qattqliklar orasidagi nisbat



I.1-rasm

2-ilova

Yuklanishning namunaviy tartiblari



I.2-rasm

I.1-jadval

Namunaviy yuklanish tartiblarida μ_H va μ_F koefitsientlar (2-rasmga tegishli)

T/p	Namunaviy yuklanish tartiblari	$\mu_H = \mu_3$	μ_F	
			$q_F = 6$	$q_F = 9$
0	Doimiy	1,0	1,0	1,0
1	Og'ir	0,500	0,300	0,200
2	O'rta teng ehtimolli	0,250	0,143	0,100
3	O'rta normal	0,180	0,065	0,063
4	Yengil	0,125	0,038	0,016
5	O'ta yengil	0,063	0,013	0,004

O‘QDOSH REDUKTORNING SEKINYURAR SILINDRSIMON QIYA TISHLI UZATMASINI HISOBLASH NAMUNASI

Izoh. Reduktorni (har qanday – ikki bosqichli, yoyilgan sxema bo‘yicha, o‘qdosh, konussimon – silindrsimon va h.k.) hisoblashni sekinyurar bosqichdan boshlash kerak, chunki u reduktorning o‘lchamlarini aniqlaydi. Bu, zarur bo‘lgan taqdirda, tishli g‘ildiraklar materiali va ularning termik ishlov berishga tuzatishlar kiritish, demak, butunlay reduktorning o‘lchamlarini ham o‘zgartirishga, bu bilan katta hajmdagi qayta hisoblash ishlarini yo‘qotishga imkon beradi.

1. Hisoblash uchun boshlang‘ich ma’lumotlar

$n_{1T} = 2850 \text{ min}^{-1}$ – reduktor tezyurar bosqichi shesterna valining aylanishlar chastotasi;

$n_{2T} = 508,9 \text{ min}^{-1}$ – reduktor tezyurar bosqichi g‘ildirak valining aylanishlar chastotasi;

$u_T = 5,6$ – reduktorning tezyurar bosqichi uzatishlar soni;

$T_{1T} = 11,01 \text{ N}\cdot\text{m}$ – reduktor tezyurar bosqichi shesternasi validagi moment;

$T_{2T} = 59,79 \text{ N}\cdot\text{m}$ – reduktor tezyurar bosqichi g‘ildiragi validagi moment;

$n_{1S} = 508,9 \text{ min}^{-1}$ – reduktor sekinyurar bosqichi shesternasi valining aylanishlar chastotasi;

$n_{2S} = 101,8 \text{ min}^{-1}$ – reduktor sekinyurar bosqichi g‘ildirak valining aylanishlar chastotasi;

$u_S = 5$ – reduktorning sekinyurar bosqichi uzatishlar soni;

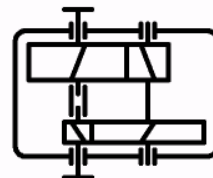
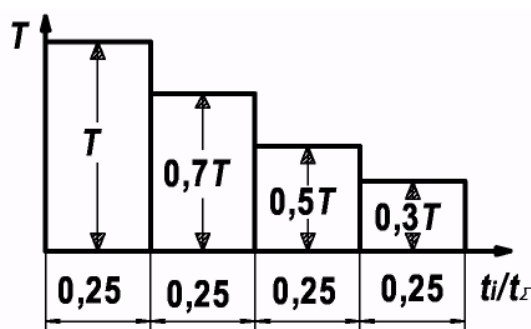
$T_{1S} = 59,79 \text{ N}\cdot\text{m}$ – reduktor sekinyurar bosqichi shesternasi validagi moment;

$T_{2S} = 290 \text{ N}\cdot\text{m}$ – reduktor sekinyurar bosqichi g‘ildiragi validagi moment;

$T_{max}/T_{nom} = 2,2$ – elektomotorning maksimal va nominal momentlari nisbati.

Yuklanish siklogrammasi

Reduktor sxemasi



2. Loyihalash hisobi

2.1. Tavsiyalarga binoan 1-jadval bo'yicha tishli g'ildirak materialini va termik ishlov berish turini tanlaymiz:

shestern – po'lat 40X, 48–55 HRC_E qattqlikkacha YuChT qizdirib toblangan bilan;

g'ildirak – po'lat 45, 235–265HB qattqlikkacha yaxshilangan.

Hisobni o'rtacha qattqlik: shesternyaniki $H_1 = 50HRC_E$, g'ildirakniki $H_2 = 250HB$ bo'yicha olib boramiz.

2.2. G'ildirakni kontakt kuchlanish bo'yicha tayyorlash aniqlik darajasi (1) formula bo'yicha kutilayotgan aylanma tezlik orqali hisoblaymiz:

$$v \approx \frac{n_{1T} \cdot \sqrt[3]{T_{1T}}}{2000} = \frac{2850 \cdot \sqrt[3]{11,01}}{2000} = 3,17 \text{ m/c.}$$

2-jadvalga binoan reduktor tishli g'ildiraklari uchun sakkizinchi aniqlik darajasini qabul qilamiz.

2.3. 3-jadval bo'yicha tishli gardish nisbiy kengligi koefitsienti $\psi_{bd} = 0,9$ ni qabul qilamiz, chunki g'ildirak qattqligi– $H_2 = 250HB < 350HB$, aniqlik darajasi esa sakkizinchi.

2.4. Yuklamaning kontakt chiziqlari uzunligi bo'yicha taqsimlanish notekisligini hisobga oluvchi koefitsient – $\psi_{bd} = 0,9$, $H_2 < 350HB$ va 1-rasmga binoan №4 uzatma sxemasi bo'lganda, $K_{H\beta} = 1,06$ bo'ladi.

2.5. Toliqishga qarshilikni hisoblashdagi ruxsat etilgan kontakt kuchlanishlarni shesterna va g'ildirak uchun (2) formula yordamida aniqlaymiz:

$$[\sigma_H]_1 = \frac{\sigma_{H\lim 1} \cdot Z_{N1}}{S_{H1}} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X = \frac{1050 \cdot 0,969}{1,1} \cdot 0,9 = 832 \text{ MPa};$$

$$[\sigma_H]_2 = \frac{\sigma_{H\lim 2} \cdot Z_{N2}}{S_{H2}} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X = \frac{570 \cdot 0,969}{1,1} \cdot 0,9 = 452 \text{ MPa},$$

bunda: $Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X = 0,9$ qabul qilingan (2.5-band bo'yicha izohga qarang).

U holda (3) formula bo'yicha hisobiy ruxsat etilgan kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$$[\sigma_H] = 0,45 \cdot ([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2) = 0,45 \cdot (832 + 452) = 578 \text{ MPa};$$

$$[\sigma_H] = 1,25 \cdot [\sigma_H]_{\min} = 1,25 \cdot 452 = 565 \text{ MPa}.$$

Hisobiy sifatida kichigini qabul qilamiz, ya'ni $[\sigma_H] = 565 \text{ MPa}$.

2.5.1. Kontakt chidamlilik chegaralari 1-jadval bo'yicha:

$$[\sigma_H]_{\lim 1} = 17 \cdot H_1 + 200 = 17 \cdot 50 + 200 = 1050 \text{ MPa};$$

$$[\sigma_H]_{\lim 2} = 2 \cdot H_2 + 70 = 2 \cdot 250 + 70 = 570 \text{ MPa};$$

2.5.2. Mustahkamlik zaxirasi koefitsientlari: YuChT bilan toblash qabul qilingan shesterna uchun $S_{H1} = 1,1$, g'ildirak esa yaxshilangan bo'lgani uchun $-S_{H2} = 1,1$.

2.5.3. (4) va (4a) formulalar bo'yicha umrboqiylik koefitsientlari:

$$N_{HE1} > N_{HG1}, N_{HE2} > N_{HG2} \text{ u holda}$$

$$Z_{N1} = \sqrt[20]{\frac{N_{HG1}}{N_{HE1}}} = \sqrt[20]{\frac{8,44 \cdot 10^7}{1,6 \cdot 10^8}} = 0,969 > 0,75,$$

$$Z_{N2} = \sqrt[20]{\frac{N_{HG2}}{N_{HE2}}} = \sqrt[20]{\frac{1,71 \cdot 10^7}{3,2 \cdot 10^7}} = 0,969 > 0,75.$$

2.5.3.1. (5) formula bo'yicha sikllarning bazaviy soni

$$N_{HG1} = 340 \cdot HRC_E^{3,15} + 8 \cdot 10^6 = 340 \cdot 50^{3,15} + 8 \cdot 10^6 = 8,44 \cdot 10^7;$$

$$N_{HG2} = 30 \cdot HB^{2,4} = 30 \cdot 250^{2,4} = 1,71 \cdot 10^7.$$

2.5.3.2. Xizmat muddati davrida sikllarning yig'ilgan soni (6) formula bo'yicha 2.5.3.2. banddagi izohni hisobga olib

$$N_{\Sigma 1} = 60 \cdot n_{ilash} \cdot n_1 \cdot L_h = 60 \cdot 1 \cdot 508,9 \cdot 14000 = 4,27 \cdot 10^8;$$

$$N_{\Sigma 2} = N_{\Sigma 1} / u = 4,27 \cdot 10^8 / 5 = 8,54 \cdot 10^7.$$

2.5.3.3. Ish tartibi koeffitsienti (7a) formula bo'yicha

$$\mu_H = \mu_3 = \sum \frac{t_i}{t_{\Sigma}} \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3 = 0,25 + 0,25 \cdot 0,7^3 + 0,25 \cdot 0,5^3 + 0,25 \cdot 0,3^3 = 0,374.$$

1.5.3.4. Sikllarning ekvivalent soni 2.5.3.4. banddagi izohni hisobga olib (4) formula bo'yicha:

$$N_{HE1} = N_{\Sigma 1} \cdot \mu_3 = 4,27 \cdot 10^8 \cdot 0,374 = 1,6 \cdot 10^8;$$

$$N_{HE2} = N_{HE1} / u = 1,6 \cdot 10^8 / 5 = 3,2 \cdot 10^7.$$

2.6. Tishli juftlik o'lchamlarini aniqlash.

2.6.1. Shesternaning boshlang'ich diametri (9) formula bo'yicha

$$d_{w1} = 675 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta}}{\psi_{bd} \cdot [\sigma_H]^2}} \cdot \frac{(u+1)}{u^2} = 675 \cdot \sqrt[3]{\frac{290 \cdot 1,06}{0,9 \cdot 565^2}} \cdot \frac{(5+1)}{5^2} = 42,9 \text{ mm}.$$

2.6.2. G'ildirakning hisobiy kengligi $b_w^{his.}$ va hisobiy o'qlararo masofa $a_w^{his.}$ (10) va (11) formulalar bo'yicha

$$b_w^{his.} = \psi_{bd} \cdot d_{w1} = 0,9 \cdot 42,9 = 38,61 \text{ mm};$$

$$a_w^{his.} = \frac{d_{w1} \cdot (u+1)}{2} = \frac{42,9 \cdot (5+1)}{2} = 128,7 \text{ mm}.$$

4-jadval bo'yicha standart o'qlararo masofa $a_w = 125 \text{ mm}$ ni qabul qilamiz.

Hisobiy o'qlararo masofa standartdan farq qiladi, shuning uchun g'ildirak kengligini (12) formula bo'yicha aniqlaymiz:

$$b_w^{talab.} = b_w^{his.} \cdot \left(\frac{a_w^{his.}}{a_w} \right)^2 = 38,61 \cdot \left(\frac{128,7}{125} \right)^2 = 40,9 \text{ mm}.$$

G'ildirak kengligini $b_{w2} = 41 \text{ mm}$, shesterna kengligini $b_{wl} = b_{w2} + 5 = 41 + 5 = 46 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz.

2.6.3. Ilashma geometriyasini aniqlash.

2.6.3.1. Ilashma moduli

$$m \approx (0,01 - 0,02) a_w = (0,01 \dots 0,02) \cdot 125 = 1,25 \dots 2,5 \text{ mm}.$$

5-jadvalga muvofiq ko'rsatilgan oraliqda 1,5; 1,75; 2,0; 2,25 va 2,5 modullar bor. Birinchi afzalroq qatorga tegishli modullarni tanlab olamiz: 1,5; 2,0 va 2,5.

Uchta variant uchun hisoblash olib boramiz

Mo'ljallab $\beta = 12^\circ$ qabul qilamiz. Natijalarni jadvalga kiritamiz.

I.2-jadval

Bandlar raqami	Parametrlar, formulalar, o'lchov birligi	Parametrlar qiymati		
2.6.3.1	Tish moduli t , mm	1,5	2,0	2,5
	Butun songacha yaxlitlangan shesterna tishlari soni $z_1 = \frac{2a_w \cdot \cos \beta}{m \cdot (u + 1)}$	27	20	16
	Butun songacha yaxlitlangan g'ildirak tishlar soni $z_2 = z_1 \cdot u$	135	100	80
2.6.5.	Haqiqiy uzatish soni $u = z_2 / z_1$	5	5	5
	Qiyalik burchagi (sekundgacha yoki verguldan so'ng 4-raqamgacha aniqlikda) $\beta = \arccos \frac{m \cdot (z_1 + z_2) \cos \beta}{2a_w}$	13,5905°	16,2602°	16,2602°
	O'q bo'yicha qadam $p_x = \frac{\pi \cdot m}{\sin \beta}$, mm	20,05	22,44	28,05
2.6.6.	O'q bo'ylab qoplanish koefitsienti $\varepsilon_\beta = b_{w2} / p_x$	2,04	1,82	1,46

$m = 2,5$ da $z < 17$ bo'lganligi uchun, tishning kesilishi mumkinligini (15) formula bo'yicha tekshiramiz:

$$\begin{aligned}
 z_{\min} &= 2 \cdot \cos \beta \cdot (\cos^2 \beta / \operatorname{tg}^2 \alpha + 1) = \\
 &= 2 \cdot \cos 16,2602^\circ \cdot (\cos^2 16,2602^\circ / \operatorname{tg}^2 20^\circ + 1) = 15,28.
 \end{aligned}$$

$Z_{\min} < 16$ bo'lganligi sababli tishning kesilishi bo'lmaydi.

Uzatishlar soni barcha variantlarda bir xil va berilganga teng, $\varepsilon_\beta > 1$, ya'ni variantlarning taxminan teng qiymatli. $m = 1,5$ mm qilib tanlaymiz, chunki u $m = 2$ va $m = 2,5$ ga nisbatan kamroq. Bu holda β qiya tishli uzatmalar uchun tavsiya etilgan oraliqda bo'ladi. Demak, ilashmadagi o'q yo'nalishidagi kuch kamroq, o'q bo'ylab qoplanish koefitsienti ε_β esa eng katta bo'ladi. Bu uzatma ravon ishlashini bildiradi.

2.6.7. Tishli g'ildiraklar diametrlari

2.6.7.1. Bo'luvchi diametrlar (23) formula bo'yicha

$$d_1 \frac{m \cdot z_1}{\cos \beta} = \frac{1,5 \cdot 27}{\cos 13,5905^0} = 41,67 \text{ mm}; \quad d_2 = \frac{m \cdot z_2}{\cos \beta} = \frac{1,5 \cdot 135}{\cos 13,5905^0} = 208,33 \text{ mm}.$$

$$\text{Tekshirish } d_1 + d_2 = 41,67 + 208,33 = 250 = 2a_w$$

2.6.7.2. Tish uchidan o'tuvchi aylana diametri (24) formula bo'yicha quyidagiga teng bo'ladi:

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m \cdot (1 + x_1 - y) = 41,67 + 2 \cdot 1,5 \cdot (1 + 0 + 0) = 44,67 \text{ mm};$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot (1 + x_1 - y) = 208,33 + 1 \cdot (1 + 0 + 0) = 211,33 \text{ mm}.$$

Bu yerda shesterna va g'ildirakning siljish koeffitsientlari $x_1 = x_2 = 0$ va g'ildiraklar siljishsiz bajarilgani uchun, qabul qilinayotgan siljish koeffitsienti $y = 0$.

2.6.7.3. Tish tubidan o'tuvchi aylana diametri (25) formula bo'yicha

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot (1,25 - x_1) = 41,67 - 2 \cdot 1,5 \cdot (1,25 - 0) = 37,92 \text{ mm};$$

$$d_{f1} = d_2 - 2 \cdot (1,25 - x_2) = 208,33 - 2 \cdot 1,5 \cdot (1,25 - 0) = 204,58 \text{ mm}.$$

2.6.7.4. Boshlang'ich aylanalar diametri bo'luvchi aylanalar diametriga mos keladi, chunki g'ildiraklar siljishsiz bajarilgan

$$d_{w1} = d_1 = 41,67 \text{ mm}; \quad d_{w2} = d_2 = 208,33 \text{ mm}.$$

2.6.7.5. Tishli gardish nisbiy kengligi koeffitsientini (27) formula bo'yicha aniqlashtirish.

$$\Psi_{bd} = \frac{b_{w2}}{b_{w1}} = \frac{41}{41,67} = 0,98.$$

Nisbiy kenglik sakkizinchi aniqlik darajasi uchun tavsiya etilgan chegaralarda bo'lgani sababli, sakkizinchi aniqlik darajasini uzil-kesil qoldiramiz.

2.6.8. Yonbosh qoplanish ko'effitsientini $\beta < 20^\circ$ da (28a) formula bo'yicha topamiz:

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{27} + \frac{1}{135} \right) \right] \cdot \cos 13,5905^\circ = 1,69.$$

2.6.9. Yig'ilgan qoplanish ko'effitsienti (29) formula bo'yicha topiladi.

$$\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta = 1,69 + 2,04 + 3,73.$$

2.7. Turli nomdagi profillarning o'zaro joylashuvini tekshirish uchun o'lchamlar.

2.7.1. Modulning bo'laklarida ifodalangan doimiy vatar (30) formula bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{s}_c^* = \frac{\pi}{2} \cdot \cos^2 \alpha + x \cdot \sin \alpha = \frac{\pi}{2} \cdot \cos^2 20^\circ + 0 \cdot \sin 20^\circ = 1,3870.$$

2.7.2. Doimiy vatar (31) formula bo'yicha

$$\bar{s}_c = \bar{s}_c^* \cdot m = 1,3870 \cdot 1,5 = 2,0805 \text{ mm}.$$

2.7.3. Doimiy vatargacha bo'lgan balandlik (32) formula bo'yicha

$$\begin{aligned} \bar{h}_c &= 0,5 \cdot \left[(d_{a1} - d_1) - m \cdot \bar{s}_c^* \cdot \operatorname{tg} \alpha \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[(43,67 - 41,67) - 1,5 \cdot 1,3870 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \right] = 0,6214 \text{ mm}. \end{aligned}$$

2.8. Ilashmadagi tezlik va kuchlar.

2.8.1. Aylanma tezlik (33) formula bo'yicha

$$v = \frac{\pi \cdot d_{w1} \cdot n_1}{60000} = \frac{\pi \cdot 41,67 \cdot 508,9}{60000} = 1,11 \text{ m/s}.$$

2.8.2. Aylanma kuch (34) formula bo'yicha

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_2}{d_{w2}} = \frac{2000 \cdot 290}{208,33} = 2784 \text{ N.}$$

2.8.3. Radial kuch (35) formula bo'yicha

$$F_r = F_t \frac{\operatorname{tg} \alpha_w}{\cos \beta} = 2784 \cdot \frac{\operatorname{tg} 20^0}{\cos 13,5905^0} = 1042 \text{ N.}$$

2.8.4. O'q bo'ylab yo'nalgan kuch (36) formula bo'yicha

$$F_x = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 2784 \cdot \operatorname{tg} 13,5905^0 = 673 \text{ N}$$

2.9. Toblanuvchanlikni aniqlovchi o'lchamlar:

G'ildirak $S_2 = (5-6) \cdot m = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ mm}$.

Toblanuvchanlik egri chiziqlari (7-rasm) g'ildirakning tanlangan materialida kerakli qattqlikni olish mumkinligini tasdiqlaydi.

3. Kontakt kuchlanishlar bo'yicha tekshiruv hisobi

3.1. Toliqishga qarshilikning tekshiruv hisobi

Haqiqiy kontakt kuchlanish (37) formula bo'yicha

$$\begin{aligned} \sigma_H &= 190 \cdot Z_H Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_H}{b_{w2} \cdot d_{w1}} \cdot \frac{u \pm 1}{u}} = 190 \cdot 2,44 \cdot 0,769 \cdot \sqrt{\frac{2784 \cdot 1,41}{41 \cdot 41,67} \cdot \frac{5 \pm 1}{5}} = \\ &= 592 \text{ MPa} \leq [\sigma_H] = 627 \text{ MPa.} \end{aligned}$$

Mustahkamlik sharti qanoatlantirilmoqda.

3.1.1. Tishlarning uzatma qutbida birikkan yuzalari shaklini hisobga oluvchi koeffitsient 9-rasm bo'yicha $Z_H = 2,44$ ga teng.

3.1.2. Kontakt chiziqlari yig'ilgan uzunligini hisobga oluvchi koeffitsient, qiya tishli g'ildiraklar uchun $\varepsilon_\beta \geq 1$ bo'lganda (40a) formula bo'yicha

$$Z_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_{\alpha}}} = \sqrt{\frac{1}{1,69}} = 0,769.$$

3.1.3. Yuklanish koefitsienti (41) formula bo'yicha

$$K_H = K_A \cdot K_{HV} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} = 1 \cdot 1,02 \cdot 1,07 \cdot 1,29 = 1,41.$$

3.1.3.1. Tashqi dinamik yuklanish koefitsientini $K_A = 1$ deb qabul qilamiz, chunki yuklanish siklogrammasi berilgan.

3.1.3.2. Ilashmadagi dinamik yuklanishni hisobga oluvchi koefitsient $v \approx 1 \text{ m/s}$, g'ildiraklardan birining qattiqligi 350 HB dan kam va aniqlik darajasi sakkizinchi bo'lganda (7-jadval), $K_{HV} = 1,02$.

3.1.3.3. Yuklamaning kontakt chiziqlari uzunligi bo'yicha notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koefitsient $\psi_{bd} = 0,98$ bo'lganda $K_{H\beta} = 1,07$ bo'ladi (1-rasmga qarang).

3.1.3.4. Yuklamaning tishlar juftligi bo'yicha notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koefitsient (42) formula bo'yicha:

$$K_{H\alpha} = 1 + (K_{H\alpha}^0 - 1) \cdot K_{Hw} = 1 + (2,04 - 1) \cdot 0,28 = 1,29.$$

bu yerda:

$$K_{H\alpha}^0 = 1 + 0,5 \cdot (n_{ST} - 5) \cdot (1/Z_{\varepsilon}^2 - 1) = 1 + 0,5 \cdot (8 - 5) \cdot (1/0,769^2 - 1) = 2,04 \quad (43a),$$

formula bo'yicha g'ildirakning qattiqligi 350 HB dan kam ($K_{H\alpha}^0$ koefitsientning qiymati ruxsat etilgan chegaralarda $1 \leq K_{H\alpha}^0 = 2,04 \leq \varepsilon_{\gamma} = 3,73$); $K_{HV} = 0,28$ tishlar siyqalanishini hisobga oluvchi koefitsient (10-rasm bo'yicha).

3.1.4. Ruxsat etilgan kontakt kuchlanishni aniqlashtirish

3.1.4.1. Tishlar yuzalarining dastlabki g'adir-budurligi ta'sirini hisobga oluvchi koefitsient. $R_a = 1,25$ bo'lganda $Z_R = 1$ (2.5.4-band).

3.1.4.2. Aylanma tezlik ta'sirini hisobga oluvchi koefitsient. $v < 5 \text{ m/s}$ bo'lganda $Z_V = 1$ (2.5.5-band).

3.1.4.3. Tishli g'ildirak o'lchamlarini hisobga oluvchi koefitsient. $d_w \leq 700 \text{ mm}$ bo'lganda, $Z_x = 1$ (p. 2.5.6-band).

Shesterna va g'ildirakning ruxsat etilgan kuchlanishi (2) formula bo'yicha

$$[\sigma_H]_1 = \frac{\sigma_{H\lim 1} \cdot Z_{N1}}{S_{H1}} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X = \frac{1050 \cdot 0,969}{1,1} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 925 \text{ MPa};$$

$$[\sigma_H]_2 = \frac{\sigma_{H\lim 2} \cdot Z_{N2}}{S_{H2}} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X = \frac{570 \cdot 0,969}{1,1} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 502 \text{ MPa}.$$

Hisobiy ruxsat etilgan kuchlanish (3) formula bo'yicha

$$[\sigma_H] = 0,45 \cdot ([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2) = 0,45 \cdot (925 + 502) = 770 \text{ MPa};$$

$$[\sigma_H] = 1,25 \cdot [\sigma_H]_{\min} = 1,25 \cdot 502 = 627 \text{ MPa}.$$

Hisobiy sifatida kamini qabul qilamiz, ya'ni $[\sigma_H] = 627 \text{ MPa}$.

3.2. Maksimal yuklanish ta'sir etganda kontakt mustahkamlikka (44) formula bo'yicha tekshiruv hisobi

$$\sigma_{H\max} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{\max}}{T_{\text{nom}}}} = 592 \cdot \sqrt{2,2} = 878 \text{ MPa} < [\sigma_H]_{\max} = 1510 \text{ MPa},$$

bunda $[\sigma]_{H\max} = 2,8 \cdot \sigma_{OK} = 2,8 \cdot 540 = 1510 \text{ MPa}$ – 1-jadval bo'yicha ruxsat etilgan kontakt kuchlanishlar; $\sigma_{Oq} = 540 \text{ MPa}$ – g'ildirak materialining 11-rasm bo'yicha oquvchanlik chegarasi. Mustahkamlik sharti bajarilmoqda.

4. Eguvich kuchlanishlari bo'yicha tekshiruv hisobi

4.1. Toliqishga qarshilikni hisoblash.

$$\frac{[\sigma_F]_1}{Y_{FS1}} = \frac{310}{3,82} = 81,2 < \frac{[\sigma_F]_2}{Y_{FS2}} = \frac{305}{3,59} = 84,9 \text{ bo'lgani uchun, tekshiruvni}$$

kuchsizroq bo'lgan shesterna bo'yicha olib boramiz:

$$\sigma_{F1} = \frac{F_t \cdot K_F}{b_{w2} \cdot m} \cdot Y_{FS1} \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon = \frac{2784 \cdot 2,59}{41 \cdot 1,5} 3,82 \cdot 0,769 \cdot 0,592 =$$

$$= 203,9 \text{ MPa} < [\sigma_F]_1 = 310 \text{ MPa}.$$

Mustahkamlik sharti bajarilmoqda.

4.1.1. Yuklanish koefitsienti (46) formula bo'yicha

$$K_F = K_A \cdot K_{FV} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fa} = 1 \cdot 1,04 \cdot 1,22 \cdot 2,04 = 2,59.$$

4.1.1.1. Tashqi dinamik yuklamani hisobga oluvchi koefitsient $K_A = 1$ deb qabul qilamiz, chunki yuklanish siklogrammasi berilgan.

4.1.1.2. Ilashmadagi dinamik yuklanishni hisobga oluvchi koefitsient: $v \approx 1 \text{ m/s}$, g'ildiraklardan birining qattiqligi 350 HB dan kam va 8-aniqlik darajasi (8-jadval) bo'lganda $K_{FV} = 1,04$ bo'ladi.

4.1.1.3. Yuklamaning kontakt chiziqlari uzunligi bo'yicha taqsimlanish notekisligini hisobga oluvchi koefitsient $\psi_{bd} = 0,98$ bo'lganda $K_{F\beta} = 1,22$ bo'ladi (12- rasm bo'yicha).

4.1.1.4. Yuklamaning tishlar juftligi bo'yicha taqsimlanish notekisligini hisobga oluvchi koefitsient (47) formula bo'yicha

$$K_{Fa} = K_{Ha}^0 = 2,04.$$

4.1.2. Tish shakli va kuchlanishlar konsentratsiyasini hisobga oluvchi koefitsientlar, tashqi ilashmali g'ildiraklar uchun $x_1 = x_2 = 0$ bo'lganda 13-rasm bo'yicha:

$$z_{V1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{27}{\cos^3 13,5905^0} = 29 \quad \text{va} \quad z_{V2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{135}{\cos^3 13,5905^0} = 147 -$$

$$Y_{FS1} = 3,82 \quad \text{va} \quad Y_{FS2} = 3,59.$$

Tishning qiyalik burchagi ta'sirini hisobga oluvchi koefitsient (48) formula bo'yicha

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \cdot \frac{\beta}{120^0} = 1 - 2,04 \cdot \frac{13,5905^0}{120^0} = 0,769 > 0,7.$$

4.1.4. Tishlar o‘zaro qoplanishini hisobga oluvchi koeffitsient (49a) formula bo‘yicha, $\varepsilon_\beta > 1$ bo‘lgani uchun

$$Y_\varepsilon = 1/\varepsilon_\alpha = 1/1,69 = 0,592.$$

4.1.5. Egilishda toliqishga qarshilikni hisoblashdagi ruxsat etilgan kuchlanishlar shesterna va g‘ildirak uchun (50) formula bo‘yicha:

$$[\sigma_F]_1 = \frac{\sigma_{F\lim1} \cdot Y_{N1}}{S_{F1}} \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_{X1} = \frac{480 \cdot 1}{1,7} \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,045 = 310 \text{ MPa};$$

$$[\sigma_F]_2 = \frac{\sigma_{F\lim2} \cdot Y_{N2}}{S_{F2}} \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_{X1} = \frac{482 \cdot 1}{1,7} \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,024 = 305 \text{ MPa}.$$

4.1.5.1. Egilishdagi chidamlilik chegarasi (51) formula bo‘yicha

$$\sigma_{F\lim1} = \sigma_{F\lim1}^0 \cdot Y_Z \cdot Y_{g1} \cdot Y_d \cdot Y_A = 480 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 480 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{F\lim2} = \sigma_{F\lim2}^0 \cdot Y_Z \cdot Y_{g2} \cdot Y_d \cdot Y_A = 438 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 482 \text{ MPa}.$$

4.1.5.2. 1-jadval bo‘yicha bazaviy sikllar soniga mos keluvchi egilishdagi chidamlilik chegarasi: $\sigma_{F\lim}^0 = 480 \text{ MPa}$ po‘lat 40X uchun YuChT bilan toblashda; $\sigma_{F\lim}^0 = 1,75 \cdot 250 = 438 \text{ MPa}$ yaxshilangan po‘lat 45 uchun.

4.1.5.3. Zagotovka olish usulini hisobga oluvchi koeffitsient shtampovkalanagan zagotovkada $Y_Z = 1$.

4.1.5.4. Tishlarning o‘tish yuzasini silliqlash ta‘sirini hisobga oluvchi koeffitsient.

Silliqlangan yuzalarda $Y_{g1} = 1$, $Y_{g2} = 1,1$.

4.1.5.5. Deformatsion mustahkamlanish ta‘sirini hisobga oluvchi koeffitsient, mustahkamlanish bo‘lmaganda $Y_d = 1$.

4.1.5.6. Yuklamaning qo‘yilish turini hisobga oluvchi koeffitsient.

Bir tomonlama yuklanishda $Y_A = 1$.

4.1.6. Egilishdagi zaxira koeffitsienti 1-jadval bo‘yicha

$$S_{F1} = 1,7; S_{F2} = 1,7.$$

4.1.7. Umrboqiylik koeffitsientlari

$N_{FE1} \geq N_{FG1} = 4 \cdot 10^6$, $N_{FE2} \geq N_{FG2} = 4 \cdot 10^6$ bo'lgani uchun $Y_{N1} = Y_{N2} = 1$ bo'ladi. Bizning holat uchun $q_{F1} = q_{F2} = 6$, chunki g'ildirak va shesterna silliqilgan va tishlar strukturasi bir xil.

Bu yerda egilishdagi ekvivalent sikllar soni (53) formula bo'yicha va ushbu namunaning 2.5.3.2-bandini hisobga olib

$$N_{FE1} = N_{\Sigma 1} \cdot \mu_{F1} = 4,27 \cdot 10^8 \cdot 0,283 = 1,21 \cdot 10^8;$$

$$N_{FE2} = N_{\Sigma 2} \cdot \mu_{F2} = 8,547 \cdot 10^7 \cdot 0,283 = 2,42 \cdot 10^7.$$

Ish tartibi koeffitsientlari $q_{F1} = q_{F2} = 6$ bo'lgani uchun (54a) formula bo'yicha

$$\mu_{F1} = \mu_{F2} = \mu_6 = \Sigma \frac{t_i}{T_{\Sigma}} \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^6 = 0,25 + 0,25 \cdot 0,7^6 + 0,25 \cdot 0,5^6 + 0,25 \cdot 0,3^6 = 0,283.$$

4.1.8. Kuchlanishlar gradientini hisobga oluvchi koeffitsient (55) formula bo'yicha

$$Y_d = 1,082 - 0,172 \lg m = 1,082 - 0,172 \lg 1,5 = 1,05.$$

4.1.9. O'tish yuzasi g'adir-budurligini hisobga oluvchi Y_R koeffitsient: silliqilash va tishni frezerlash bilan olingan g'adir-budurlik $R_a = 40$ mkm dan ko'p bo'lmaganda $Y_R = 1$.

4.1.10. Tishli g'ildirak o'lchamlarini hisobga oluvchi koeffitsientlar (56) formula bo'yicha

$$Y_{X1} = 1,05 - 0,000125 \cdot d_{w1} = 1,05 - 0,000125 \cdot 41,67 = 1,045;$$

$$Y_{X2} = 1,05 - 0,000125 \cdot d_{w2} = 1,05 - 0,000125 \cdot 208,33 = 1,024.$$

4.2. Maksimal yuklanishda mustahkamlikka hisoblash (57) formula bo'yicha

$$\sigma_{F1\max} = \sigma_{F1} \cdot \frac{K_{AS}}{K_A} = 203,9 \cdot \frac{2,5}{1} = 509,8 \text{ MPa} < [\sigma]_{F1\max} = 1478 \text{ MPa}.$$

Mustahkamlik sharti bajarilmoqda.

4.2.1. Maksimal yuklanish bo'yicha mustahkamlikka hisoblashda tashqi dinamik yuklanish koeffitsienti 9- jadval bo'yicha.

Asinxron elektromotorli yuritmalar uchun ishga tushirishda $K_{AS}=2,5$.

4.2.2. Maksimal yuklanishda ruxsat etilgan egilish kuchlanishlari (58) formula bo'yicha

$$[\sigma]_{F1max} = \frac{\sigma_{FSt1}^0}{S_{FSt1}} \cdot Y_{gSt1} \cdot Y_{dSt} \cdot Y_{X1} = \frac{2250}{1,75} \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,045 = 1478 \text{ MPa},$$

bunda: $\sigma_{FSt1}^0 = 2250 \text{ MPa}$, 1-jadval bo'yicha bazaviy chegaraviy kuchlanish;

$S_{FSt1} = 1,75 / Y_{Z1} = 1,75 / 1 = 1,75$ – zaxira koeffitsienti; $Y_{Z1} = 1$ – zago-tovka turini hisobga oluvchi koeffitsient; $Y_{gSt1} = 1,1$ – tishning o'tish yuzasini silliqlash ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient; YuChT bilan qizdirib butkul toblangan silliqlangan g'ildiraklar uchun; $Y_{dSt1} = 1$ – tishning o'tish yuzasi silliqlanganda deformatsion mustahkamlanish ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient.

O'QDOSH REDUKTORNING TEZYURAR SILINDRSIMON QIYA TISHLI UZATMASINI HISOBLASH NAMUNASI

1. Hisoblash uchun boshlang'ich ma'lumotlar

3-ilovada keltirilgan.

Izoh. *G'ildiraklarni tayyorlash aniqlik darajasi kontakt bo'yicha sekinyurar bosqichni hisoblashda tanlab bo'lingan. Reduktor tishli g'ildiraklarining aniqlik darajasi sakkizinchi.*

2. O'qdosh reduktorning tezyurar bosqichini loyihalash hisobi

2.1. Tishli juftlik o'lchamlarini aniqlash.

2.1.1. O'qdosh reduktor tezyurar bosqichining o'qlararo masofasi sekinyurar bosqichning o'qlararo masofasiga teng, ya'ni $a_w=125 \text{ mm}$.

2.1.2. Tishli gardishning hisobiy kengligi 6-bandga muvofiq

$$b_w^{his.} = (0,4...0,5) \cdot b_{w2T} = 0,45 \cdot 41 = 18,45 \text{ mm}.$$

G'ildirak tishli gardishi kengligini $b_{w2}=19 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz. Shesternaning kengligi 2.6.2-bandga muvofiq $b_{wl}=b_{w2}+5=19+5=24 \text{ mm}$ bo'ladi.

2.1.3. Ilashma geometriyasini aniqlash.

2.1.2.1. Sekinyurar bosqichda modul $m=1,5 \text{ mm}$, ya'ni kuch uzatuvchi silindrsimon tishli g'ildiraklar uchun qo'llanadiganlari ichida eng kichigi bo'lgani uchun, tezyurar bosqich uchun ham, shuningdek, $m=1,5 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz.

Mo'ljallab qiyalik burchagini $\beta=12^\circ$ deb olamiz.

Shesternaning tishlar soni butun songacha yaxlitlanganda (13) formula bo'yicha

$$z_1 = \frac{2 \cdot a_w \cdot \cos \beta}{m \cdot (u+1)} = \frac{2 \cdot 125 \cdot \cos 12^\circ}{1,5 \cdot (5,6+1)} = 25.$$

G'ildirak tishlar soni butun songacha yaxlitlanganda (14) formula bo'yicha

$$z_2 = z_1 \cdot u = 25 \cdot 5,6 = 140.$$

2.1.2.2. Uzil-kesil: uzatishlar soni (19) formula bo'yicha

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{140}{25} = 5$$

qiyalik burchagi (20) formula bo'yicha (sekundgacha aniqlikda yoki verguldan keyin 4-raqamgacha)

$$\beta = \arccos \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2 \cdot a_w} = \arccos \frac{1,5 \cdot (25 + 140)}{2 \cdot 125} = 8,1096^0$$

o'q bo'yicha qadam (21) formula bo'yicha

$$p_x = \frac{\pi \cdot m}{\sin \beta} = \frac{\pi \cdot 1,5}{\sin 8,1096} = 33,4 \text{ mm.}$$

Izoh. Agar burchak tavsiya etilgan chegaralardan chetga chiqsa (qiya tishli uchun $\beta = 8^0 - 15^0 (20^0)$; shevron uchun $\beta = 25^0 - 40^0$), modul qiymatining boshqa variantlarini ko'rib chiqish yoki tishni kesishda asbobning siljishini qo'llash kerak.

2.1.2.3. O'q bo'ylab qoplanish koeffitsienti (22) formula bo'yicha

$$\varepsilon_\beta = b_{w2} / p_x = 19 / 33,4 = 0,569.$$

ε_β birdan ancha kichik bo'lgani uchun, boshqa variantlarni ham ko'rib chiqish kerak, masalan: $\varepsilon_\beta > 0,9$ bo'ladigan qilib, tishli gardish kengligini oshirish yoki qiyalik burchagi β ni kattalashtirish.

Birinchi holda $b_{w2} \geq p_x \cdot \varepsilon_\beta = 33,4 \cdot 0,9 = 30,1 \text{ mm}$ juda katta, shuning uchun ikkinchi variantni ko'ramiz.

2.1.2.4. Qiyalik burchagini $\beta = 15^0$ ga mo'ljallab ushbu namunadagi 2.1.2.1. – 2.1.2.3-bandlar bo'yicha hisoblashlarni qaytadan bajaramiz. Ushbu natijalarni olamiz: shesterna tishlar soni – $z_1 = 24$; g'ildirak tishlar soni – $z_2 = 134$; uzatish soni – $u = 5,58$; qiyalik burchagi – $\beta = 18,5584$ (qiyalik burchagining kattaligi qiya tishli g'ildiraklar uchun tavsiya etilgan

chegaralardan tashqariga chiqadi, ammo ruxsat etilgan $\beta = 20^\circ$ qiymatidan oshmaydi, ya'ni ikkinchi variantni qo'llash mumkin); o'q bo'yicha qadam $p_x = 14,81 \text{ mm}$; o'q bo'ylab qoplanish koeffitsienti – $\varepsilon_\beta = 1,28$.

2.1.2.5. Bo'luvchi diametrlar (23) formula bo'yicha

$$d_1 = \frac{m \cdot z_1}{\cos \beta} = \frac{1,5 \cdot 24}{\cos 18,5584^\circ} = 37,97 \text{ mm}; \quad d_2 = \frac{m \cdot z_2}{\cos \beta} = \frac{1,5 \cdot 24}{\cos 18,5584^\circ} = 212,03 \text{ mm}.$$

$$d_1 + d_2 = 37,97 + 212,03 = 250 = 2 \cdot a_w - \text{tekshirich}.$$

2.1.2.6. Tishlar uchidan o'tuvchi aylana diametri (24) formula bo'yicha

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m \cdot (1 + x_1 - y) = 37,97 + 2 \cdot 1,5 \cdot (1 + 0 + 0) = 40,97 \text{ mm};$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot (1 + x_2 - y) = 212,03 + 2 \cdot 1,5 \cdot (1 + 0 + 0) = 215,03 \text{ mm}.$$

Bu yerda shesterna va g'ildirakning siljish koeffitsientlari $x_1 = x_2 = 0$ va g'ildiraklar siljishsiz bajarilgani uchun, qabul qilinayotgan siljish koeffitsienti – $y = 0$.

2.1.2.7. Tish tubidan o'tuvchi aylana diametri (25) formula bo'yicha

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m \cdot (1,25 - x_1) = 37,97 - 2 \cdot 1,5 \cdot (1,25 - 0) = 34,22 \text{ mm};$$

$$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot m \cdot (1,25 - x_2) = 212,03 - 2 \cdot 1,5 \cdot (1,25 - 0) = 208,28 \text{ mm}.$$

2.1.2.8. Boshlang'ich aylanalar diametri bo'luvchi aylanalar diametriga mos keladi, chunki g'ildiraklar siljishsiz bajarilgan

$$d_{w1} = d_1 = 37,97 \text{ mm}; \quad d_{w2} = d_2 = 212,03 \text{ mm}.$$

2.1.2.9. Tishli gardish nisbiy kengligi koeffitsientini (27) formula bo'yicha aniqlashtirish

$$\psi_{bd} = \frac{b_{w2}}{d_{w1}} = \frac{19}{37,97} = 0,5.$$

2.1.3. Yonbosh qoplanish koeffitsientini $\beta < 20^\circ$ da (28a) formula bo'yicha topamiz

$$\varepsilon_{\alpha} \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{24} + \frac{1}{134} \right) \right] \cdot \cos 18,5584^{\circ} = 1,63.$$

2.1.4. Qoplanish koeffitsienti jami qiymati (29) formula bo'yicha

$$\varepsilon_{\gamma} = \varepsilon_{\alpha} + \varepsilon_{\beta} = 1,63 + 1,28 = 2,91$$

2.2. Turli nomdagi profillarning o'zaro joylashuvini tekshirish uchun o'lchamlar.

2.2.1. Modulning bo'laklarida ifodalangan doimiy vatar (30) formula bo'yicha

$$\bar{s}_c^* = \frac{\pi}{2} \cdot \cos^2 \alpha + x \cdot \sin \alpha = \frac{\pi}{2} \cdot \cos^2 20^{\circ} + 0 \cdot \sin 20^{\circ} = 1,3870.$$

2.2.2. Doimiy vatar (31) formula bo'yicha

$$\bar{s}_c = \bar{s}_c^* \cdot m = 1,3870 \cdot 1,5 = 2,0805 \text{ mm}.$$

2.2.3. Doimiy vatargacha bo'lgan balandlik (32) formula bo'yicha

$$\begin{aligned} \bar{h}_c &= 0,5 \cdot \left[(d_{a1} - d_1) - m \cdot \bar{s}_c^* \cdot \operatorname{tg} \alpha \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[(40,88 - 37,88) - 1,5 \cdot 1,3870 \cdot \operatorname{tg} 20^{\circ} \right] = 0,6214 \text{ mm}. \end{aligned}$$

2.8. Ilashmadagi tezlik va kuchlar.

2.8.1. Aylanma tezlik (33) formula bo'yicha

$$v = \frac{\pi \cdot d_{w1} \cdot n_1}{60000} = \frac{\pi \cdot 37,97 \cdot 2850}{60000} = 5,67 \text{ m/s}.$$

2.3.2. Aylanma kuch (34) formula bo'yicha

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_2}{d_{w2}} = \frac{2000 \cdot 59,79}{212,03} = 564 \text{ N}.$$

2.3.3. Radial kuch (35) formula bo'yicha

$$F_r = F_t \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_w}{\cos \beta} = 564 \cdot \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 18,5584^\circ} = 216,5 \text{ N}.$$

2.3.4. O‘q bo‘ylab yo‘nalgan kuch (36) formula bo‘yicha

$$F_x = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 564 \cdot \operatorname{tg} 18,5584^\circ = 189,4 \text{ N}.$$

2.4. Kontakt kuchlanishlar (37) formula bo‘yicha

$$\sigma_H = 190 \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_H}{b_{w2} \cdot d_{w1}}} \cdot \frac{u \pm 1}{u} = 190 \cdot 2,39 \cdot 0,783 \cdot x$$

$$x \sqrt{\frac{564 \cdot 1,42}{19 \cdot 37,97}} \cdot \frac{5,58 \pm 1}{5,58} = 406,8 \text{ MPa}.$$

2.4.1. Tishlarning uzatma qutbida birikkan yuzalari shaklini hisobga oluvchi koeffitsient 9-rasm bo‘yicha $Z_H = 2,39$ ga teng.

2.4.2. Kontakt chiziqlarining yig‘ilgan uzunligini hisobga oluvchi koeffitsient, qiya tishli g‘ildiraklar uchun $\varepsilon_\beta \geq 1$ bo‘lganda (40a) formula bo‘yicha

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1,63}} = 0,783.$$

2.4.3. Yuklanish koeffitsienti (41) formula bo‘yicha

$$K_H = K_A \cdot K_{HV} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} = 1 \cdot 1,12 \cdot 1,03 \cdot 1,23 = 1,42.$$

2.4.3.1. Tashqi dinamik yuklanish koeffitsientini $K_A=1$ deb qabul qilamiz, chunki yuklanish siklogrammasi berilgan.

2.4.3.2. Ilashmadagi dinamik yuklanishni hisobga oluvchi koeffitsient – $v = 5,67 \text{ m/s}$, g‘ildiraklardan birining qattiqligi 350 HB dan kam va aniqlik darajasi sakkizinchi bo‘lganda (7-jadval) – $K_{HV}=1,12$.

2.4.3.3. Yuklamaning kontakt chiziqlari uzunligi bo'yicha notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koeffitsient $\psi_{bd}=0,5$ bo'lganda $K_{H\beta}=1,03$ bo'ladi (1-rasmga qarang).

2.4.3.4. Yuklamaning tishlar juftligi bo'yicha notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koeffitsient (42) formula bo'yicha

$$K_{H\alpha}=1+(K_{H\alpha}^0-1)\cdot K_{Hw}=1+(1,95-1)\cdot 0,24=1,23.$$

bu yerda:

$$K_{H\alpha}^0=1+0,5\cdot(n_{an}-5)\cdot(1/Z_{\varepsilon}^2-1)=1+0,5\cdot(8-5)\cdot(1/0,783^2-1)=1,95 \quad (43a)$$

formula bo'yicha, chunki g'ildirakning qattiqligi $350HB$ dan kam ($K_{H\alpha}^0$ koeffitsientning qiymati ruxsat etilgan chegaralarda $1\leq K_{H\alpha}^0=1,95\leq\varepsilon_{\gamma}=2,91$); $K_{Hw}=0,24$ tishlar siyqalanishini hisobga oluvchi koeffitsient (10-rasm bo'yicha), chunki aylana tezlik $v=5,67\text{ m/s}$, g'ildirakning kutilayotgan qattiqligi esa $H_2\approx 200HB$.

2.4.4. G'ildirak materialining kontakt kuchlanishi bo'yicha chidamlilik chegarasi

$$\sigma_{H\lim 2}=\frac{\sigma_H\cdot S_{H2}}{Z_{N2}\cdot Z_{R2}\cdot Z_{V2}\cdot Z_{X2}}=\frac{406,8\cdot 1,1}{1\cdot 1\cdot 1,01\cdot 1}=443\text{ MPa}.$$

2.4.4.1. Tish yuzasi g'adir-budurligini hisobga oluvchi koeffitsient. $R_a=1,25$ bo'lganda $-Z_R=1$ (2.5.4-band).

2.4.4.2. Aylanma tezlik ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient $v=5,67\text{ m/s}$ bo'lganda $-Z_v=1,01$ (2.6.5.2-band).

2.4.4.3. Tishli g'ildirak o'lchamini hisobga oluvchi koeffitsient. $d_w\leq 700\text{ mm}$ bo'lganda $-Z_x=1$ (p. 2.6.5.3-band).

2.4.4.4. Yaxshilangan g'ildirak uchun mustahkamlik zaxira koeffitsienti $S_{H2}=1,1$.

2.4.4.5. G'ildirakning umrboqiylik koeffitsientini $Z_{H2}=1$ deb qabul qilamiz, bunda g'ildirak bazaviyga teng bo'lgan ekvivalent sikllar sonini ishlaydi, ya'ni $N_{HE2}=N_{HG2}$.

2.4.5. G'ildirak uchun yaxshilangan po'lat qabul qilamiz va zarur bo'lgan tishlar qattiqligini aniqlaymiz:

$$H_2 = \frac{\sigma_{H \lim 2} - 70}{2} = \frac{443 - 70}{2} = 187.$$

2.4.6. Shesterna tishlari qattiqligi

$$H_1 = H_2 + (25...30) HB = 187 + 28 \approx 215 \text{ bo'ladi.}$$

G'ildirak materiali sifatida: shesterna uchun $H_1 = 200 - 230 HB$ gacha yaxshilangan po'lat 40X, g'ildirak uchun $H_2 = 180 - 210 HB$ gacha yaxshilangan po'lat Cr ni 45 tanlaymiz.

2.5. Toblanuvchanlikni aniqlovchi o'lchamlar 2.9-band bo'yicha:

$$\text{Shesterna } S_1 = \frac{d_{a1}}{2} + 3 = \frac{40,97}{2} + 3 = 23,5 \text{ mm.}$$

$$\text{G'ildirak } S_2 = (5-6) \cdot m = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ mm.}$$

Toblanuvchanlik egri chiziqlari (7-rasm) tanlangan g'ildirak materialida kerakli qattiqlik olish mumkinligini tasdiqlaydi.

3. Maksimal yuklama ta'sir etganda kontakt mustahkamlikka (44) formula bo'yicha tekshiruv hisobi

$$\sigma_{H \max} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{\max}}{T_{\text{nom}}}} = 406,8 \cdot \sqrt{2,2} = 603 \text{ MPa} \leq [\sigma]_{H \max} = 972 \text{ MPa},$$

bunda: $\sigma_{H \max} = 2,8 \cdot \sigma_{oq} = 2,8 \cdot 340 = 972 \text{ MPa}$ – 1-jadval bo'yicha ruxsat etilgan kontakt kuchlanishlar; $\sigma_{oq} = 340 \text{ MPa}$ – g'ildirak materialining 11-rasm bo'yicha oquvchanlik chegarasi. Mustahkamlik sharti bajarilmoqda.

4. Eguvchi kuchlanishlar bo'yicha tekshiruv hisobi

4.1. Toliqishga qarshilikning tekshiruv hisobi

$$\frac{[\sigma_F]_1}{Y_{FS1}} = \frac{267}{3,82} = 69,9 > \frac{[\sigma_F]_2}{Y_{FS2}} = \frac{227}{3,6} = 63,1$$

bo'lgani uchun tekshirishni kuchsizroq bo'lgan shesterna bo'yicha olib boramiz:

$$\sigma_{F1} = \frac{F_t \cdot K_F}{b_{w1} \cdot m} \cdot Y_{FS1} \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon = \frac{564 \cdot 2,56}{24 \cdot 1,5} \cdot 3,82 \cdot 0,802 \cdot 0,613 =$$

$$= 75,3 \text{ MPa} < [\sigma_F]_1 = 267 \text{ MPa}.$$

Mustahkamlik sharti bajarilmoqda.

4.1.1. Yuklanish koefitsienti (46) formula bo'yicha

$$K_F = K_A K_{FV} K_{F\beta} K_{F\alpha} = 1 \cdot 1,03 \cdot 1,22 \cdot 2,04 = 2,56$$

4.1.1.1. Tashqi dinamik yuklamani hisobga oluvchi koefitsientni $K_A = 1$ deb qabul qilamiz, chunki yuklanish siklogrammasi berilgan.

4.1.1.2. Ilashmadagi dinamik yuklanishni hisobga oluvchi koefitsient: $v = 5,67 \text{ m/s}$, g'ildiraklardan birining qattiqligi 350 HB dan kam va 8-aniqlik darajasi (8-jadval) bo'lganda $K_{FV} = 1,23$ bo'ladi.

4.1.1.3. Yuklamaning kontakt chiziqlari uzunligi bo'yicha notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koefitsient $\psi_{bd} = 0,5$ bo'lganda $K_{F\beta} = 1,08$ bo'ladi (12- rasm bo'yicha).

4.1.1.4. Yuklamaning tishlar juftligi bo'yicha taqsimlanish notekisligini hisobga oluvchi koefitsient (47) formula bo'yicha

$$K_{Fa} = K_{Ha}^0 = 1,95.$$

4.1.2. Tish shakli va kuchlanishlar konsentratsiyasini hisobga oluvchi koefitsientlar, tashqi ilashmali g'ildiraklar uchun $x_1 = x_2 = 0$ bo'lganda 13-rasm bo'yicha:

$$z_{V1} = \frac{z_1}{\cos^3} = \frac{24}{\cos^3 18,5584^\circ} = 28 \text{ va } z_{V2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{134}{\cos^3 18,5584^\circ} = 157$$

$$Y_{FS1} = 3,82 \text{ va } Y_{FS2} = 3,6.$$

4.1.3. Tishning qiyalik burchagi ta'sirini hisobga oluvchi koefitsient (48) formula bo'yicha

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \cdot \frac{\beta}{120^\circ} = 1 - 1,28 \cdot \frac{18,5584^\circ}{120^\circ} = 0,802 > 0,7.$$

4.1.4. Tishlar o‘zaro qoplanishini hisobga oluvchi koefitsient (49a) formula bo‘yicha $\varepsilon_\beta > 1$ bo‘lgani uchun

$$Y_\varepsilon = 1 / \varepsilon_a = 1 / 1,63 = 0,613.$$

4.1.5. Egilishda toliqishga qarshilikni hisoblashdagi ruxsat etilgan kuchlanishlar shesterna va g‘ildirak uchun (50) formula bo‘yicha

$$[\sigma_F]_1 = \frac{\sigma_{F\lim1} \cdot Y_{N1}}{S_{F1}} \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_{X1} = \frac{414 \cdot 1}{1,7} \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,045 = 267 \text{ MPa};$$

$$[\sigma_F]_2 = \frac{\sigma_{F\lim2} \cdot Y_{N2}}{S_{F2}} \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_{X2} = \frac{360 \cdot 1}{1,7} \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,023 = 227 \text{ MPa}.$$

4.1.5.1. Egilishdagi chidamlilik chegarasi (51) formula bo‘yicha

$$\sigma_{F\lim1} = \sigma_{F\lim1}^0 \cdot Y_Z \cdot Y_{g1} \cdot Y_d \cdot Y_A = 376 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 414 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{F\lim2} = \sigma_{F\lim2}^0 \cdot Y_Z \cdot Y_{g2} \cdot Y_d \cdot Y_A = 327 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 360 \text{ MPa}.$$

4.1.5.2. 1-jadval bo‘yicha bazaviy sikllar soniga mos keluvchi egilishdagi chidamlilik chegarasi: $\sigma_{F\lim1}^0 = 1,75 \cdot HB_1 = 1,75 \cdot 215 = 376 \text{ MPa}$ yaxshilangan po‘lat 40X uchun; $\sigma_{F\lim2}^0 = 1,75 \cdot HB_2 = 1,75 \cdot 187 = 327 \text{ MPa}$ yaxshilangan po‘lat 45 uchun.

4.1.5.3. Zagotovka olish usulini hisobga oluvchi koefitsient shtam-povkalangan zagotovkada $Y_Z = 1$.

4.1.5.4. Tishlarning o‘tish yuzasini silliqlash ta‘sirini hisobga oluvchi koefitsient. Silliqlangan yuzalarda

$$Y_{g1} = Y_{g2} = 1,1.$$

4.1.5.5. Deformatsion mustahkamlanish ta‘sirini hisobga oluvchi koefitsient, mustahkamlanish bo‘lmaganda $Y_d = 1$.

4.1.5.6. Yuklamaning qo‘yilish turini hisobga oluvchi koefitsient. Bir tomonlama yuklanishda $Y_A = 1$.

4.1.6. Egilishdagi zaxira koefitsienti 1- jadval bo‘yicha

$$S_{F1} = S_{F2} = 1,7.$$

4.1.7. Umrboqiylik koeffitsientlari $N_{FE1} \geq N_{FG1} = 4 \cdot 10^6$, $N_{FE2} \geq N_{FG2} = 4 \cdot 10^6$ bo'lgani uchun $Y_{N1} = Y_{N2} = 1$ bo'ladi. Bizning holat uchun $q_{F1} = q_{F2} = 6$, chunki g'ildirak va shesterna silliqlangan hamda tishlar strukturasi bir xil

Bu yerda egilishdagi ekvivalent sikllar soni (53) formula bo'yicha

$$N_{FE1} = N_{\Sigma 1} \cdot \mu_{F1} = 2,39 \cdot 10^9 \cdot 0,283 = 6,76 \cdot 10^8;$$

$$N_{FE2} = N_{FE2} / u = 6,76 \cdot 10^8 / 5,58 = 1,21 \cdot 10^8.$$

Xizmat muddati davomida yig'ilgan sikllar soni (6) formula bo'yi-cha va ushbu namunaning 2.5.3.2-bandidagi izohni hisobga olib

$$N_{\Sigma 1} = 60 \cdot n_{ilash} \cdot n_1 \cdot L_h = 60 \cdot 1 \cdot 2850 \cdot 14000 = 2,39 \cdot 10^9;$$

$$N_{\Sigma 2} = N_{\Sigma 1} / u = 2,39 \cdot 10^9 / 5,58 = 4,29 \cdot 10^8.$$

Ish tartibi koeffitsientlari $\mu_{F1} = \mu_{F2} = \mu_6 = 0,283$, chunki

$$q_{F1} = q_{F2} = 6.$$

4.1.8. Kuchlanishlar gradientini hisobga oluvchi koeffisient (55) formula bo'yicha

$$Y_d = 1,082 - 0,172 \lg m = 1,082 - 0,172 \lg 1,5 = 1,05.$$

4.1.9. O'tish yuzasi g'adir-budurligini hisobga oluvchi Y_R koeffit-sient: silliqlash va tishni frezerlashda olingan g'adir-budurlik $R_a = 40$ mkm dan ko'p bo'lmaganda $Y_R = 1$.

4.1.10. Tishli g'ildirak o'lchamlarini hisobga oluvchi koeffitsientlar (56) formula bo'yicha

$$Y_{X1} = 1,05 - 0,000125 \cdot d_{w1} = 1,05 - 0,000125 \cdot 37,97 = 1,045;$$

$$Y_{X2} = 1,05 - 0,000125 \cdot d_{w2} = 1,05 - 0,000125 \cdot 212,03 = 1,023.$$

4.2. Maksimal yuklanishda mustahkamlikka hisoblash (57) formula bo'yicha

$$\sigma_{F1\max} = \sigma_{F1} \cdot \frac{K_{AS}}{K_A} = 75,3 \cdot \frac{2,5}{1} = 188 \text{ MPa} < [\sigma]_{F1\max} = 918 \text{ MPa}.$$

Mustahkamlik sharti bajarilmoqda.

4.2.1. Maksimal yuklanish bo'yicha mustahkamlikka hisoblashda tashqi dinamik yuklanish ko'effitsienti 9-jadval bo'yicha.

Asinxron elektromotorli yuritmalar uchun ishga tushirishda $K_{AS}=2,5$

4.2.2. Maksimal yuklanishda ruxsat etilgan egilish kuchlanishlari (58) formula bo'yicha

$$[\sigma_F]_{1\max} = \frac{\sigma_{FSt1}^0}{S_{FSt1}} \cdot Y_{gSt1} \cdot Y_{dSt} \cdot Y_{X1} = \frac{1398}{1,75} \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,045 = 918 \text{ MPa}$$

bu yerda: $\sigma_{FSt1} = 6,5 \cdot HB = 6,5 \cdot 215 = 1398 \text{ MPa}$, 1-jadval bo'yicha bazaviy chegaraviy kuchlanish; $S_{FSt1} = 1,75/Y_{Z1} = 1,75/1 = 1,75$ – zaxira ko'effitsienti; $Y_{Z1} = 1$ – zagotovka turini hisobga oluvchi ko'effitsient; $Y_{gSt1} = 1,1$ – tishning o'tish yuzasini silliqlash ta'sirini hisobga oluvchi ko'effitsient; YuChT bilan qizdirib butkul toblangan, silliqlangan g'ildiraklar uchun; $Y_{dSt1} = 1$ – tishning o'tish yuzasi silliqlanganda deformatsion mustahkamlanish ta'sirini hisobga oluvchi ko'effitsient.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ГОСТ 21354-87 Передачи зубчатые цилиндрические внешнего зацепления. Расчет на прочность.
2. ГОСТ 16530-83 Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения.
3. ГОСТ 16531-83 Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения.
4. ГОСТ 16532-83 Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии.
5. Зубчатые передачи. Справочник. /Под общ. ред. Е.Г. Гинзбурга. – Л.: “Машиностроение”, 1980.
6. 10. Чернавский С.А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: “Машиностроение”, 1987.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
1. Hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar.....	5
2. Kontakt kuchlanishlari bo'yicha loyihalash hisobi.....	5
2.1. Tishli g'ildiraklar materialini tanlash va ularga termik ishlov berish....	5
2.2. G'ildiraklarni tayyorlash aniqligini tanlash.....	7
2.3. Tishli gardishning nisbiy kenglik koeffitsientini tanlash	7
2.4. Kontakt chiziqlari uzunligi bo'yicha yuklanishning notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koeffitsient	8
2.5. Toliqishga qarshilikni hisoblashda ruxsat etilgan tutashuv kuchlanishlari	9
2.6. Tishli juftlik o'lchamlarini aniqlash.....	12
2.7. Turli profillarning o'zaro joylashuvini nazorat qilish uchun o'lchamlar.	21
2.8. Ilashmadagi tezlik va kuchlar.....	21
2.9. G'ildirak zagotovkalarini toblanuvchanlikka tekshirish.....	22
3. Kontakt kuchlanishlari bo'yicha tekshiruv hisobi.....	23
3.1. Toliqishga qarshilikni hisoblash	23
3.2. Maksimal kuchlanish ta'sirida kontakt mustahkamlikka hisoblash.....	28
4. Eguvchi kuchlanishlar bo'yicha tekshiruv hisobi	29
4.1. Toliqishga qarshilik hisobi	29
4.2. Maksimal yuklama ta'sir etganda mustahkamlikka hisoblash.....	35
5. Tishning egilishida toliqishga qarshilikni loyihalash hisobi.....	37
6. Ba'zi uzatmalarni hisoblash xususiyatlari	37
6.1. Shevron uzatmalar....	37
6.2. Ko'p oqimli reduktorlarning uzatmalari.....	38
6.3. O'qlararo masofasi berilgan uzatmalar.....	39
6.4. O'qdosh reduktor uzatmalari.....	40
1-ilova. HRC_E , HB va HV qattqliklar orasidagi nisbat.....	42
2-ilova. Yuklanishning namunaviy tartiblari.....	42
3-ilova. O'qdosh reduktorning sekinyurar silindrsimon qiya tishli uzatmasini hisoblash namunasi	43
4-ilova. O'qdosh reduktorning tezyurar silindrsimon qiya tishli uzatmasini hisoblash namunasi	58
Foydalanilgan adabiyotlar	69

This image shows a full page of blank, lined paper. It features approximately 28 horizontal black lines spaced evenly across the page, typical of standard notebook paper. The lines are thin and extend from the left edge to the right edge. There are no margins, text, or other markings on the page.

A. MOYDINOV

**SILINDRSIMON TISHLI UZATMALARNI
MUSTAHKAMLIKKA HISOBLASH**

«Mashina detallari» fanidan o'quv-uslubiy qo'llanma

Muharrir A. Ziyadov