



“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO‘JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY TADQIQOT
UNIVERSITETI



Fan: Materiallar qarshiligi

**Mavzu
09**

**Buralish
deformatsiyasi**



**Yuldoshev Bakhtiyor
Shodmonovich**



**Mexanika va kompyuterli
modellashtirish kafedrası dotsenti**

Reja:

1.Umumiy qoidalar.

2.Doiraviy kesimli sterjenlar buralishidagi kuchlanishlar.

3.Doiraviy kesimli sterjenlar buralishidagi deformatsiyalar.

1 Umumiy qoidalar

Agar tashqi kuchlar ta'sirida sterjen ko'ndalang kesimida, ichki kuchlarning burovchi moment M_z , ya'ni M_b (1 rasm) hosil bo'lsa, bu holda buralish deformatsiyasi sodir bo'ladi. Burovchi momentni sterjen uzunligi bo'ylab o'zgarishini ko'rsatuvchi grafikka *burovchi moment epyurasi* deyilar edi. buralish deformatsiyasi fazoviy konstruktsiyalar, vintli prujinalar va boshqa konstruktsiya elementlarida hosil bo'ladi, lekin buralishga ishlovchi ko'p tarqalgan elementlar - vallar hisoblanadi. Sof buralishga ishlovchi konstruktsiya elementiga avtomobilning kardan valini misol qilish mumkin.

Tasmali, friksion va tishli uzatmali vallarda burovchi momentdan tashqari eguvchi moment ham paydo bo'ladi. Bunday vallarning hisobi murakkab qarshilik bo'limida o'rganiladi. Valga tashqi kuchlarning burovchi momenti dvigateldan berilayotgan bo'lsa, u holda valda hosil bo'ladigan burovchi momentni quyidagicha aniqlash mumkin quvvat ot kuchida berilgan bo'lsa formula yordamida aniqlanishi mexanikadan ma'lum. bu erda: v – val sirtidagi nuqtaning tezligi, n – valning bir minutdagi aylanishlar soni, P – valga qo'yilgan aylanma kuch, $M = P \cdot R$ – burovchi moment, R – val radiusi $R = D/2$.

Tashqi kuchdan brusning ko'ndalang kesim yuzalarida zo'riqish kuch omillaridan biri, ya'ni faqat burovchi momentlarga hosil bo'ladigan deformatsiyalanish holatiga *buralish deformatsiyasi* deyiladi. Buralishga ishlovchi silindrik bruslarga *val* deb ataladi.

$$N = \frac{P \cdot v}{75} = \frac{P \cdot 2\pi R \cdot n}{75 \cdot 60}$$

Ba'zi bir hollarda vallarni hisoblashda tashqi burovchi momentlar talab qilingan quvvat miqdori va valning aylanishlar tezligi bilan aniqlanadi. Agar val bir daqiqa ichida n marta aylansa, unda 1 sekundda aylanish burchagi $2\pi n/60$ yoki $\pi n/30$ radianga teng bo'ladi. Valdan uzatilayotgan quvvat, burovchi moment miqdori bilan valning 1 sekundda aylanishlar soni (radianda) ko'paytmasiga teng:

Ot kuchi (o'zbekcha belgilanishi: *o.k.*; ruscha: *л. с.*; inglizcha: *hp*; nemischa: *PS*; fransuzcha: *CV*) — bir qancha kuchlarni atashda ishlatiladigan nom bo'lib asosan elektrik kuchni ifodalashda ishlatiladi. 1 Ot kuchi 746 Vattga teng bo'lib, bu atamani fanga 18 asr oxirlarida Shotlandiya Injeneri **Jeym** **Watt** olib kirgan va bu atama hozirda mashinalar motorini tavsiflash uchun keng qo'llaniladi. **Ot kuchi** — tizimga kirmagan quvvat birligi; o.k. bilan belgilanadi. O'zbekiston va boshqa bir qancha mamlakatlarda 1 o.k. 735,499 Vt ga, AQSH va Buyuk Britaniyada esa 1 o.k. 745,7 Vt

ga teng^[1].

$$N = M \frac{\pi n}{30} \text{ bundan } M = \frac{30N}{\pi n} (kg \cdot m) = \frac{300N}{\pi n} (N \cdot m).$$

Mexanikadan ma'lumki aylantiruvchi momentning quvvati momentning bo'rchak tezlikka ko'paytmasiga teng ya'ni:

$$W = M_b \cdot \omega = M_b \cdot \frac{\pi n}{30}; \text{ (kgk/sek)} \quad \text{2-chi tomondan } W = 75 \text{ N; kgk / sek}$$

Demak:

$$M_b \cdot \frac{\pi n}{30} = 75 \text{ N}; \quad \text{shunday qilib, } M_\delta = \frac{30 \cdot 75 \text{ N}}{\pi n} = 716,2 \frac{\text{N}}{n} \text{ (kzK.M)} \quad (1)$$

Arap **1 o.k = 0.736 kv**t ekanligini e'tiborga olsak, unda burovchi moment quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M_\delta = \frac{716,2}{0,736} \cdot \frac{\text{N}}{n} = 973,6 \frac{\text{N}}{n} \text{ (kzK.M)} \quad (2)$$

Bu erda n - valning bir minutda aylanishlar soni.

Bir uchi bilan mahkamlangan silindrik sterjenning ikkinchi erkin uchiga qo'yilgan juft kuch ta'sirida bo'lsa, brusning erkin ko'ndalang kesimi mahkamlangan kesimiga nisbatan aylanadi va natijada sterjen buraladi. Sterjen buralganda uning ixtiyoriy ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan ichki kuch omili, ya'ni burovchi moment kesish usulidan foydalanib aniqlanadi.

Sterjenning qoldirilgan qismiga ta'sir etayotgan tashqi momentlarning biror kesimdagi algebraik yig'indisiga shu kesimdagi *burovchi moment deb ataladi* va M_δ bilan belgilanadi.

Misol: Quyidagi 1-rasmda keltirilgan brus uchun burovchi moment

epyrasi qurilsin. Bunda sirtqi burovchi momentlar qiymatlari

$$M_1 = 1000 N \cdot m; \quad M_2 = 2000 N \cdot m; \quad M_3 = 3000 N \cdot m;$$

$$M_4 = 8000 N \cdot m; \quad M_5 = 2000 N \cdot m \quad \text{ga teng bo'lsin.}$$

Brusni oltita oraliqlarga bo'lamiz va har safar chap oraliqlarning muvozanatini tekshiramiz, unda kesimlardagi burovchi moment quyidagilarga teng bo'ladi:

$$M_z^I = 0;$$

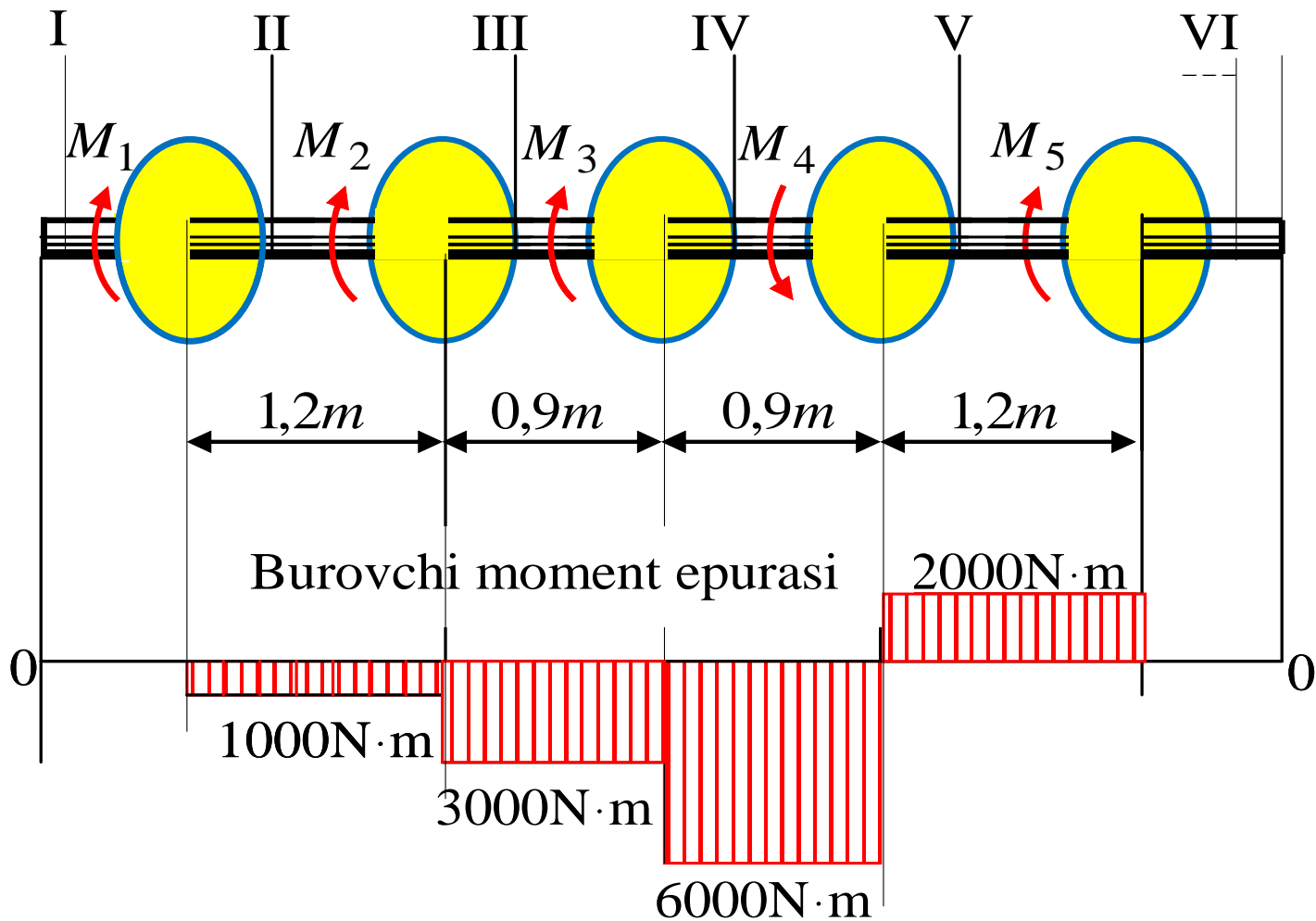
$$M_z^{II} = M_I = 1000 N \cdot m;$$

$$M_z^{III} = M_I + M_{II} = 3000 N \cdot m;$$

$$M_z^{IV} = M_I + M_{II} + M_{III} = 6000 N \cdot m;$$

$$M_z^V = M_I + M_{II} + M_{III} - M_{IV} = 2000 N \cdot m;$$

$$M_z^{VI} = M_I + M_{II} + M_{III} - M_{IV} + M_V = 0.$$



1 rasm . Burovchi moment epyurasi.

Burovchi moment epyuralarini qurish cho‘zilgan va siqilgan bruslarning

bo‘ylama kuch epyurasini qurish kabi bajariladi. Burovchi moment epyuralari quyidagi

chizmada keltirilgan.

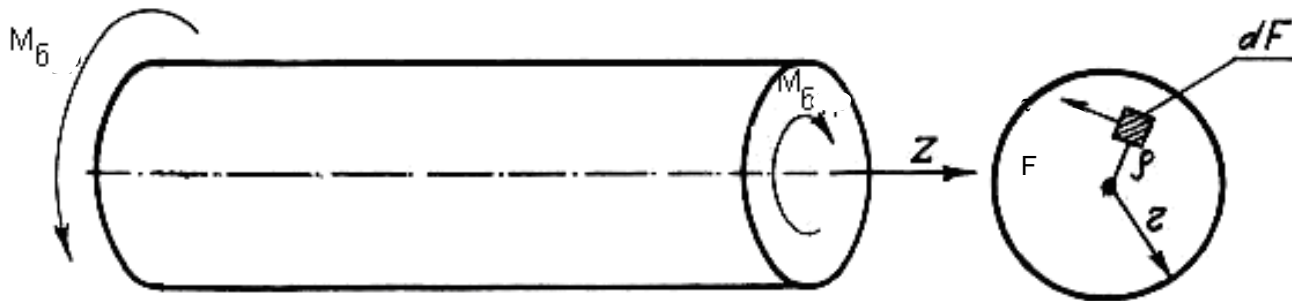
2 Doiraviy kesimli sterjenlar buralishidagi

kuchlanishlar

Doiraviy kesimli sterjenlar buralish masalasining nazariy echimi birinchi bo'lib mashhur frantsuz fizigi **Kulon** tomonidan olingan bo'lib, masalani echishda quyidagi farazlar ishlatilgan:

1. Deformatsiyadan keyin sterjen o'qi to'g'riligicha qoladi.
2. Sterjen ko'ndalang kesimi deformatsiyagacha va undan keyin ham tekisligicha qolib, o'qqa nisbatan normal joylashadi (tekis kesimlar gipotezasi), ular faqat o'qqa nisbatan ma'lum burchakka buriladi.
3. Ko'ndalang kesim radiuslari o'z uzunligini saqlab qoladi va egilmaydi.
4. Ko'ndalang kesimlar orasidagi (sterjen o'qi bo'ylab) masofa o'zgarmaydi.

Ikkita burovchi momentlar ta'siridagi ko'ndalang kesimlari doirasimon bo'lgan sterjen (**2 rasm**) buralishini ko'ramiz (sterjen chap uchidagi moment, qistirib mahkamlangan tayanchning reaksiyasidir).



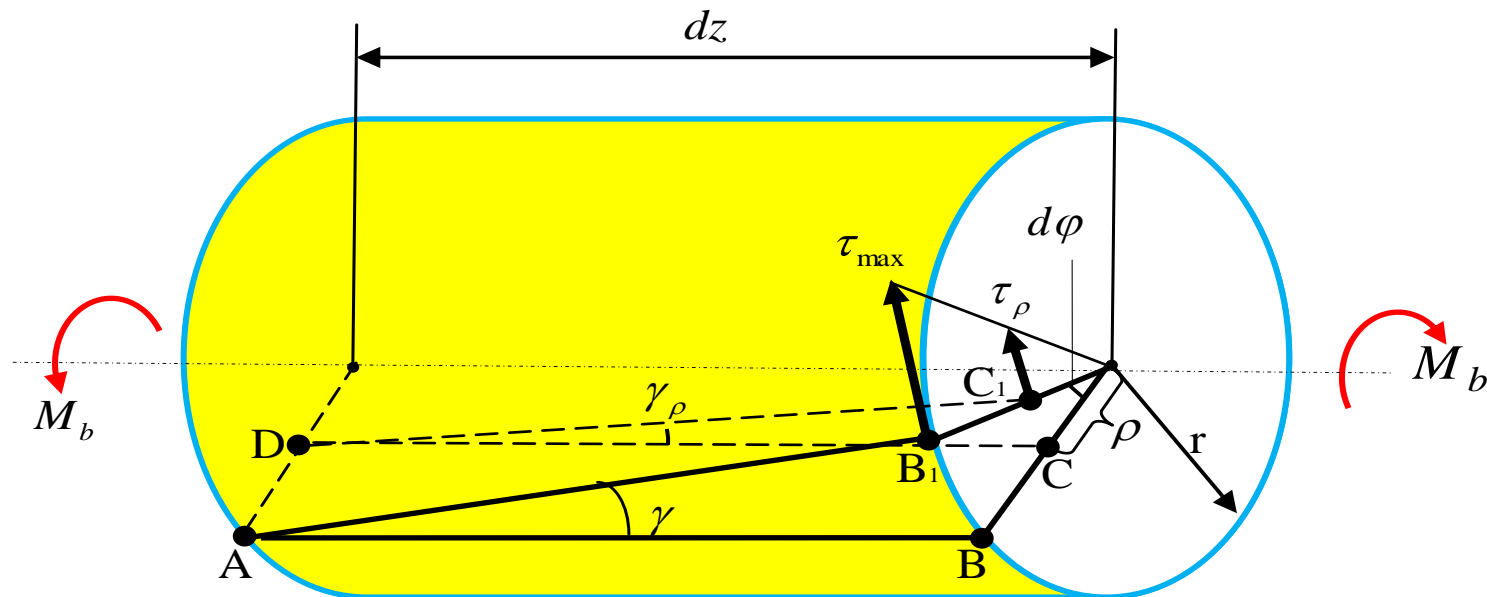
2 rasm

Bu farazlar asosida buralishni ko'ndalang kesim yuzalarining bir-biriga nisbatan siljishlari natijasi deb qarash mumkin. Demak, u holda ko'ndalang kesim yuzalarida faqat urinma kuchlanish τ lar hosil bo'lib, normal kuchlanish $\sigma=0$ bo'ladi.

Agarda ko'ndalang kesim yuzasidan elementar yuzacha dF ajratsak, unga urinma kuchlanish τ ta'sir qiladi. bu holda F yuzaga ta'sir qilayotgan urinma kuchlanishlar bilan sterjenga ta'sir qilayotgan burovchi moment M_b o'rtasida quyidagi bog'lanish borligini ko'ramiz:

$$M_b = \int_F \tau \cdot \rho \cdot dF \quad (3)$$

Buralish natijasida hosil bo'ladigan deformatsiyani kesim yuzasi bo'yicha qanday qonuniyat bilan o'zgarishini aniqlash uchun sterjendan uzunligi dz ga teng bo'lakcha ajratib, uni burovchi moment M_b bilan burasak, u holda quyidagi bog'lanishni aniqlashimiz mumkin.



3 rasm

$$\gamma = \frac{CC'}{AB} = \frac{\rho d\varphi}{dz} \quad (4)$$

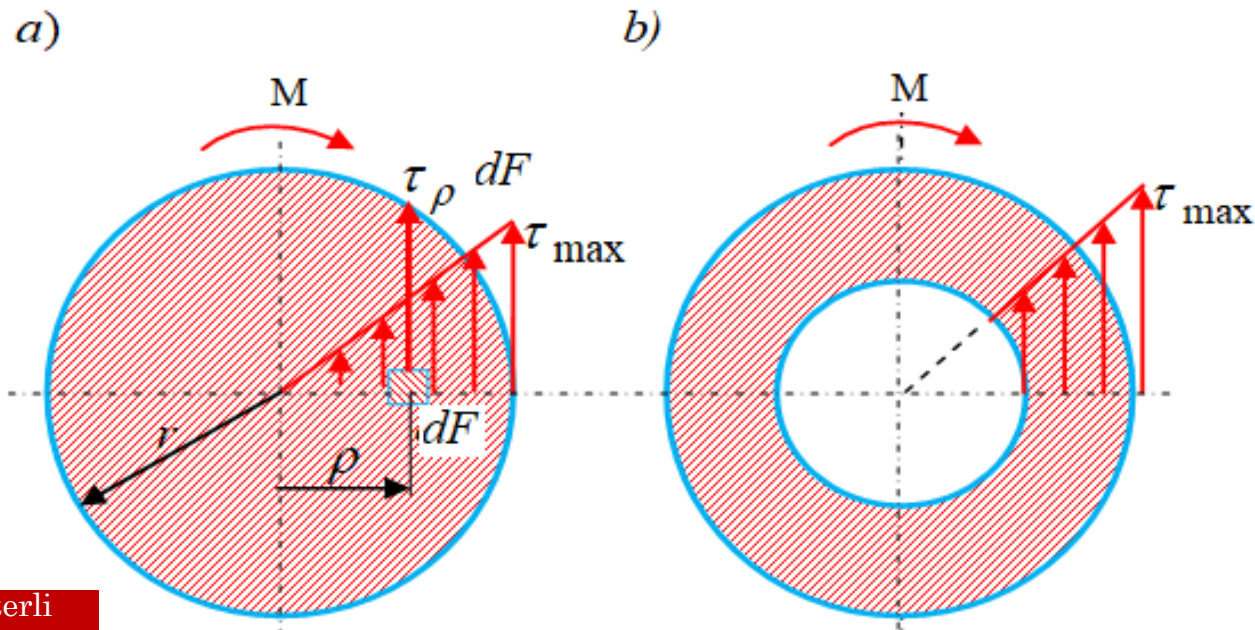
$$\gamma_{\max} = \frac{BB'}{AB} = \frac{r \cdot d\varphi}{dz} \quad (5)$$

Siljishdagi Guk qonuniga asosan urinma kuchlanish

$$\tau = G \gamma = G \frac{\rho d\varphi}{dz} \quad (6)$$

bu formuladan foydalanib, urinma kuchlanish τ ni serjen ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha taqsimlanishini ko'radigan bo'lsak, u quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi (4 rasm):

$$\rho = 0 : \tau = 0; \rho = r : \tau = \tau_{\max} = G \frac{rd\varphi}{dz}$$



4 rasm

burovchi moment M_b bilan urinma kuchlanish τ ni o'zaro bog'lash uchun (3) ga (6) ni olib borib qo'yamiz:

$$M_{\delta} = \int_F \tau \rho dF = \int_F G \frac{\rho d\varphi}{dz} \cdot \rho dF = G \frac{d\varphi}{dz} \int_F \rho^2 dF$$

bu erda: G – siljishdagi elastiklik moduli,

$$\int_F \rho^2 dF = J_{\rho} \text{ – doiraviy kesimning qutb inertsiya momenti.}$$

shunga asosan

$$M_{\delta} = G J_{\rho} \frac{d\varphi}{dz} \quad (7) \quad \text{bundan}$$

$$\frac{d\varphi}{dz} = \frac{M_{\delta}}{G J_{\rho}} \quad (8) \quad \text{bo'ladi.}$$

(8) ni (6) ga olib borib qo'ysak, buralishda doiraviy kesimli sterjen ko'ndalang kesimining ixtiyoriy nuqtasida hosil bo'ladigan urinma kuchlanishni topish formulasi hosil bo'ladi, ya'ni

$$\tau = G \rho \frac{d\varphi}{dz} = G \rho \frac{M_{\bar{\sigma}}}{G J_{\rho}} = \frac{M_{\bar{\sigma}} \cdot \rho}{J_{\rho}} \quad (9)$$

ρ - ko'ndalang kesim markazidan kuchlanish aniqlanayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa.

Ko'ndalang kesimda hosil bo'ladigan eng katta urinma kuchlanish quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\bar{\sigma}} \cdot r}{J_{\rho}} = \frac{M_{\bar{\sigma}}}{\frac{J_{\rho}}{r}} = \frac{M_{\bar{\sigma}}}{W_{\rho}} \quad (10)$$

$$W_{\rho} = \frac{J_{\rho}}{r} \quad \text{- qutb qarshilik momenti deyilib, } mm^3, sm^3 \text{ larda o'lchanadi.}$$

doiraviy kesimli sterjenning buralishdagi **mustahkamlik sharti** quyidagicha ifodalanadi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\delta}}{W_{\rho}} \leq [\tau] \quad (11)$$

Agar sterjen kesimi doira shaklida bo'lsa, u holda

$$W_{\rho} = \frac{J_{\rho}}{r} \approx \frac{0,1d^4}{\frac{d}{2}} \approx 0,2d^3 \quad (12)$$

$J_{\rho} \approx 0,1d^4$ bo'ladi, chunki

xalqasimon kesimli sterjen uchun

$$W_{\rho} = \frac{J_{\rho}}{D/2} = 0,2D^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right) \quad (13)$$

bo'ladi, chunki

$$J_{\rho} = 0,1D^4 - 0,1d^4 = 0,1(D^4 - d^4) \quad (14)$$

Misol: Agar val bir minutda 500 marta aylanib, 40 kvv quvvat uzatadigan bo'lsa, uning ko'ndalang

kesim o'lchamlari topilsin. val materiali uchun $[\tau]=600 \text{ kgk/sm}^2$ valda hosil bo'ladigan burovchi momentni

(2) formula yordamida topamiz:

$$M_b = 973,6 \frac{N}{n} = 973,6 \frac{40}{500} = 78,6 \text{ kZkM} = 7860 \text{ kZk CM}$$

valning qutb qarshilik momenti $W_p = \frac{M_b}{[\tau]} = \frac{7860}{600} = 13,2 \text{ cm}^3$ bo'ladi.

Agar val ko'ndalang kesimi doira shaklida bo'lsa $W_p = 0,2 d^3$ bo'lib, u holda valning

diametri $d = \sqrt[3]{\frac{W_p}{0,2}} = 8,1 \text{ cm} = 81 \text{ mm}$ bo'ladi.

Agar valning ko'ndalang kesimi xalqa shaklida bo'lib, uning ichki va tashqi diametrlarining nisbati bo'lsa u holda:

$$\frac{d}{D} = 0,6$$

Agar valning ko'ndalang kesimi xalqa shaklida bo'lib, uning ichki va tashqi diametrlarining nisbati

$$W_p = 0,2 D^3 \left[1 - \frac{(0,6 D)^4}{D^4} \right] = 0,174 D^3 \quad \text{bo'lib, xalqaning tashqi diametri mos holda}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{W_p}{0,174}} = \sqrt[3]{\frac{13,2}{0,174}} = 8,8 \text{ cm} = 88 \text{ mm} \quad \text{bo'ladi.}$$

doira va xalqasimon ko'ndalang kesimli vallarning yuzasini solishtirsak, ular quyidagicha bo'ladi:

$$F_{\text{doira}} = \frac{\pi d^2}{4} = 52,5 \text{ cm}^2 \quad F_{\text{xalqa}} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (0,6D)^2}{4} = 40 \text{ cm}^2$$

3 Doiraviy kesimli sterjenlar buralishidagi deformatsiyalar

Buralishga ishlovchi konstruktsiya elementlarining mustahkamligini baholash bilan birga, ko'p hollarda ularning deformatsiyalarini aniqlashga ham to'g'ri keladi. Ayniqsa o'ta aniqlikda ishlovchi asbob-uskunalarda buralishda hosil bo'ladigan deformatsiyalarni baholash katta ahamiyatga ega bo'ladi.

Doiraviy ko'ndalang kesimli sterjenlarning buralishdagi deformatsiyasi ko'ndalang kesimlarining bir-biriga nisbatan buralishidan hosil bo'lib, u buralish burchagi φ orqali aniqlanadi, ya'ni

$$\varphi = \int_0^{\ell} \frac{M_{\bar{\sigma}}}{GJ_{\rho}} dz \quad (15)$$

Agar sterjen uzunligi bo'yicha burovchi moment m_b o'zgarmas bo'lsa, u holda buralish burchagini aniqlash formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$\varphi = \frac{M_{\bar{\sigma}} \cdot \ell}{GJ_{\rho}} \quad (16)$$

ℓ - sterjenning uzunligi,

φ - buralish burchagi bo'lib, radianlarda o'lchanadi.

ba'zan ruxsat etilgan buralish burchagi $[\theta]$ ni bir metrga emas, balki val diametrining yigirmaga ko'paytirilgan nisbati olinadi. Barcha hollarda, buralish burchagini chegaralashda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\theta_{\max} \leq [\theta] \quad (17)$$

bu (18) shart buralishdagi bikrlilik sharti deb ataladi.
odatda

$$\theta_{\max} = \frac{M_{\max}}{GJ_{\rho}} \quad (18)$$

bo'lgani uchun bikrlilik sharti (17) dan foydalanib ham val diametrini aniqlash mumkin.

Misol: Valning uzatadigan quvvati $N=150$ o.k. bo'lib, u minutiga $n=60$ marta aylansa, mustahkamlik va bikrlilik shartlaridan foydalanib valning diametrini aniqlang. hisoblash ishlarida $[\tau]=600$ kgk/sm², $[\theta]=0,003$ grad/sm, siljishdagi elastiklik moduli $G=8 \cdot 10^5$ kgk/sm² ga teng deb olinsin.

val orqali uzatilayotgan burovchi momentni (1) ifodadan foydalanib topamiz

$$M_b = 716,2 \cdot 150/60 \approx 1800 \text{ kgkm} = 18 \cdot 10^4 \text{ kgksm.}$$

mustahkamlik sharti (11) ga asosan qutb qarshilik momenti

$$W_{\rho} \geq \frac{M_{\delta}}{[\tau]} = \frac{18 \cdot 10^4}{600} = 300 \text{ cm}^3 \quad \text{bo'ladi.}$$

val diametrini $W_{\rho} \approx 0,2 d^3$ dan foydalanib topamiz

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{W_{\rho}}{0,2}} = 11,45 \text{ cm}$$

$d=11,5 \text{ sm}$ deb qabul qilib, kesimni bikrlikka tekshiramiz.

bu holda kesimning qutb inertsiya momenti

$$J_{\rho} \approx 0,1 d^4 = 0,1 \cdot 11,5^4 = 1745 \text{ sm}^4 \quad \text{bo'ladi.}$$

valning 1 m yoki 100 sm dagi nisbiy buralish burchagi (19) ga asosan.

$$\theta = \frac{M_{\delta}}{G J_{\rho}} = \frac{18 \cdot 10^4}{8 \cdot 10^5 \cdot 1745} = 0,000129 \text{ rad/cm} = 0,00742 \text{ rad/cm} > [\theta] \quad \text{bo'ladi.}$$

olingan natijadan ko'rinadiki, mustahkamlik sharti bajarilmoqda, ammo bikrlilik sharti bajarmaganligi uchun valning diametrini quyidagi tengsizlikdan aniqlab, uni kattalashtirish kerak,

$$J_{\rho} \geq \frac{M_{\delta}}{G[\theta]}$$

bu erda $[\theta] = 0,003 \text{ rad} / \text{cm}$ bo'lgan burchakni radianda hisoblasak, ya'ni

$$[\theta]_{\text{rad}} = \frac{[\theta]_{\text{grad}}}{180} = \frac{0,000523 \text{ grad} / \text{cm}}{\pi} \text{ bo'lib, } J_{\rho} \text{ uchun quyidagi qiymatni olamiz}$$

$$J_{\rho} \geq \frac{M_{\delta}}{G[\theta]} = \frac{18 \cdot 10^4}{8 \cdot 10^5 \cdot 0,0000523} \approx 4299 \text{ cm}^4.$$

$$J_{\rho} \approx 0,1 d^4 \quad \text{dan } d \text{ ni topsak} \quad d = \sqrt[4]{\frac{4500}{0,1}} \approx 14,4 \text{ cm} \quad \text{bo'ladi.}$$

demak, talab etilgan birklikni ta'minlashi uchun val diametri $d=14,4 \text{ sm}$, ya'ni mustahkamlik shartidan olingan $d=11,5 \text{ sm}$ dan kattaroq bo'lishi kerak.

Nazorat savollari va topshiriqlar:

- 1.Val deb qanday konstruksiya elementiga aytiladi?
- 2.Burovchi moment bilan val uzatadigan quvvat ot kuchi va aylanishlar soni orasida qanday bogʻlanish bor?
- 3.Burovchi moment bilan val uzatadigan quvvat (kVt) va aylanishlar soni orasida qanday bogʻlanish mavjud?
- 4.Brus koʻndalang kesimda hosil boʻlgan burovchi moment qanday usuldan foydalanib aniqlanadi?
- 5.Brusning buralishida koʻndalang kesimida qanday zoʻriqish kuchlari hosil boʻladi?
- 6.Burovchi moment epyurasi deb nimaga aytiladi?
- 7.Silindrik valning buralish burchagi deb nimaga aytiladi?
- 8.Buralishda valning qutb qarshilik momenti qanday aniqlanadi?
- 9.Koʻndalang kesimi doira shaklida brusning nisbiy buralish burchak ifodasini yozing va uni izohlab bering?
- 10.Koʻndalang kesimi doira shaklida brus buralganda koʻndalang kesimlar orasidagi masofa oʻzgaradimi?
- 11.Buralishda silindrik bruslarning mustahkamlik sharti qanday ifodalanadi va uni izohlab bering?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. M.Mirsaidov, P.J.Matkarimov, A.M.Godovannikov Materiallar qarshiligi: [Oliy o'quv yurtlari uchun darslik]. – T., “Fan va texnologiya”, 2010, - 412 bet.
2. Usmanqulov A.Q., Ismayilov K., Adilov O.K., Yaxshiboev Sh.R. Materiallar qarshiligi [Matn] (*o'quv qo'llanma I-qism*) /– Samarqand. – 2018. – 344 bet.
3. Usmanqulov A.Q., Ismayilov K., Adilov O.K., Yaxshiboev Sh.R. Materiallar qarshiligi [Matn] (*o'quv qo'llanma II-qism*) /– Samarqand. – 2019. – 320 bet.
4. Materiallar qarshiligi. A.F.Smirnov taxriri ostida. Toshkent. «O'qituvchi»,1988.
5. K.M.Mansurov. Materiallar qarshiligi kursi. Toshkent. “O'qituvchi”, 1983.
6. M.T.O'rozboev "Materiallar qarshiligi kursi",Toshkent: O'qituvchi, 1979, 510 b.
7. B.Yuldoshev, Xazratqulov I. “Materiallar qarshiligi” fanidan hisob-grafik ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy qo'llanma. “TIQXMMI” MTU, 2022 y. 37 bet.
8. B.Yuldoshev, Sh.Xudaynazarov „Materiallar qarshiligi” fani bo'yicha laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy qo'llanma. “TIQXMMI” MTU, 2022 y. 75 bet.13



“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO‘JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY TADQIQOT
UNIVERSITETI



E'TIBORINGIZ UCHUN RAHMAT!



**Yuldoshev Bakhtiyor
Shodmonovich**



**Mexanika va kompyuterli
modellash tirish kafedras i dotsenti**

+ 99871 237 09 81

Baxtiyor_yuldashev68@mail.ru