

Ma'ruza №8

BURALISH. ASOSIY TUSHUNCHALAR. BUROVCHI MOMENT. VALNI BURALISHDAGI MUSTAHKAMLIK SHARTI

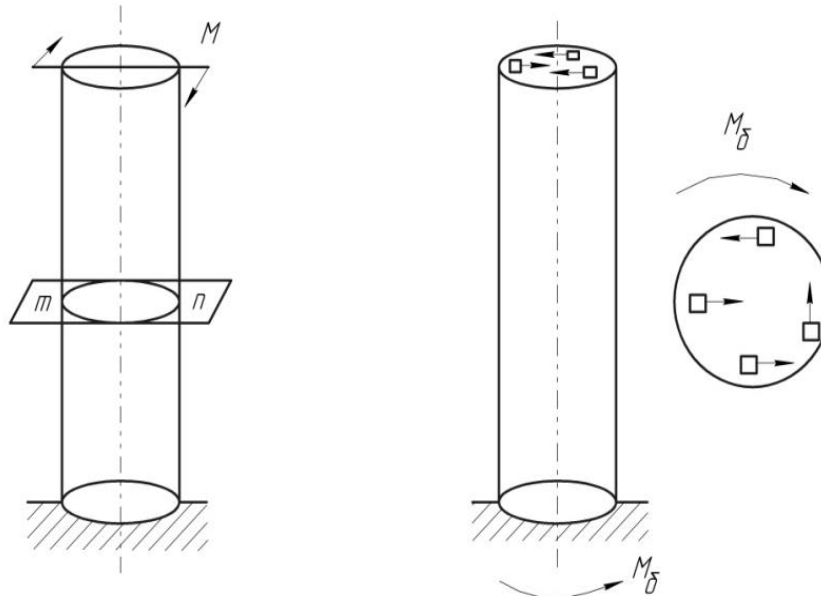
Reja:

- 1. Buralishdagi deformatsiyalarni aniqlash*
- 2. Doiraviy silindrik ko'ndalang kesimining polyar inertsiya momenti va qarshilik momenti*
- 3. Buralishdagi deformatsiyalarni aniqlash*

Prizmatik sterjenning bir uchi mahkamlanib boshqa uchiga uning ko'ndalang kesimida yotuvchi juft kuch qo'yilsa, sterjenning ko'ndalang kesimlari mahkamlangan kesimga nisbatan aylanib, sterjen buraladi. Buralish deformatsiyasi tajribada juda ko'p uchraydi. Masalan, vagon o'qi, transmission va tirsakli vallar, fazoviy konstruktsiya elementlari, prujinalarining o'ramlari, bolt va hokazolar asosan buralish deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatadi.

Silindrik sterjenning bir uchini mahkamlab, ikkinchi uchini kesimiga juft kuch ta'sir ettirilsa, sterjen buraladi; uning ko'ndalang kesimlari mahkamlangan kesimga nisbatan aylanadi. Shuning uchun bu juft kuch momenti burovchi moment deb ataladi va " M_b " bilan belgilanadi.

Agar biz tekshirayotgan sterjenni uning o'qiga tik o'tkazilgan mn tekislik bilan ikki qismga ajratib, bir qismini, masalan, yuqori qismini tashlab yuborsak qolgan pastki qismini yuqori uchiga tashlab yuborilgan qismning tepa uchiga qo'yilgan juft kuchga ekvivalent bo'lishi kerak, aks holda muvozanat sharti ta'minlanmagan bo'ladi. Shuning uchun, biz tekshirayotgan qismining tepa uchidagi kesim yuzasi bo'yicha tarqalgan ichki kuchlar M_b momentli juft kuchga keltiriladi. Bu ichki kuchlardan hosil bulgan juft kuch kesim yuzasiga yetgani uchun bunga tegishli kuchlanishlar tangentsial kuchlanishlar bo'ladi.



Endi bu tekshirilaetgan pastki qism uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz. Kesim yuzasidan biror elementar dA yuzachani ajratsak, undagi ichki kuch τdA bo'ladi. Bu kuchning silindr o'qiga nisbatan olingan momentini dM_z desak, muvozanat tenglamasi quyidagicha yoziladi:

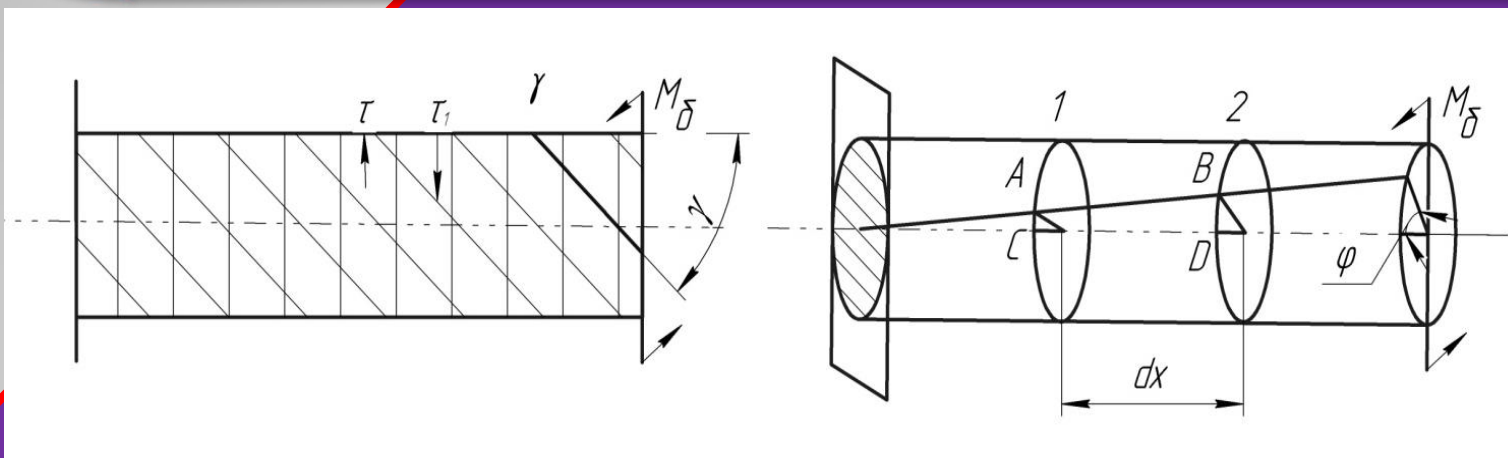
$$\int dM_z = M_z \quad (8.1)$$

Elementar yuzacha dA ga qo'yilgan $r dF$ kuchning yelkasini ρ desak, u holda $dM_z = \rho r dA$ bo'ladi va yuqrridagi muvozanat tenglamasiga qo'yib,

$$\int \rho r dF = M_z \quad (8.2)$$

Buralishda hosil bo'ladigan deformatsiyalarni aniqlashdan oldin, bu sohada o'tkazilgan tajribalarning natijalari bilan tanishib chikamiz. Doiraviy silindr buralishga sinalganda, quyidagi xulosalar chiqarilgan.

1. Buralayotgan silindrning barcha yasovchilari bir xilda burchakka og'adi va tsilindir sirtida chizilgan kvadratlar bir xilda qiyshayib, romb shaklini oladi



2. Har bir ko'ndalang kesim qo'shni kesimga nisbatan tsilindir o'qi atrofida ma'lum burchakka aylanadi. Bu burchak **buralish burchagi** deyiladi. Buralish burchagi burovchi momentga va ko'ndalang kesimlar oralig'iga proporsionaldir.

3. Deformatsiyagacha tekis bo'lgan ko'ndalang kesim yuzaga silindr buralgandan keyin ham tekisligicha, kesim gardishi aylanaligicha, radiusi esa to'g'ri chiziqsigicha qoladi (8.3-shakl). Buralayotgan silindrik sterjen sxematik ravishda, markazlari bilan bitta umumiy o'qqa o'rnatilgan qattiq tangalar to'plamidan tuzilgan deb tasavvur qilinsa, silindrik sterjen buralganda tangalarning ko'rinishi va o'lchamlari o'zgarmasdan, ular bir-biriga nisbatan umumiy o'q atrofida aylanadi.

Nisbiy siljish γ uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$\gamma = \frac{BB_1}{A_1B} = r \frac{d\varphi}{dx} \quad (8.3)$$

O'zgarmas qiymatli burovchi moment tasiridan buralgan doiraviy kesimli sterjen uchun $\frac{d\varphi_x}{dx}$ o'zgarmas miqdor bo'lib, sterjenning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan buralish burchagidir (θ), u holda (8.3) tenglik quyidagiga teng bo'ladi,

$$\gamma = r\theta.$$

Agar ρ – radiusli bo'lsa $\gamma_\rho = \rho\theta$ o'rinli bo'ladi.

Demak, V nuqtadagi tangentsial kuchlanish

$$\tau_B = G \cdot \gamma = G \cdot r \frac{d\varphi}{dx} \quad (8.4)$$

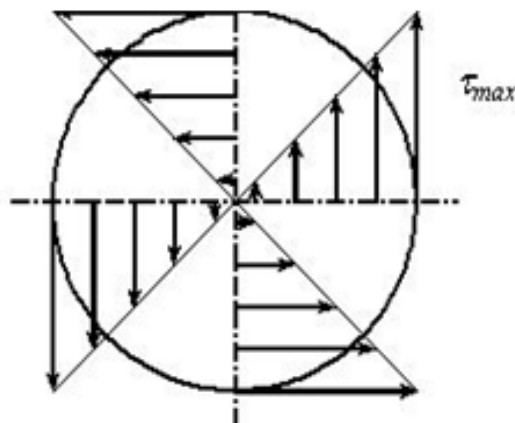
Endi, ko'ndalang kesimning biror boshka L nuqtasidagi kuchlanishii topamiz. Bu L nuqta kesim markazidan ρ oralikda bulsin. Dastlab L nuqtadagi nisbiy siljish (γ_ρ) ni aniklashimiz lozim.

$$\gamma_\rho = \rho \frac{d\varphi}{dx}$$

Demak, bu L nuqtadagi kuchlanish:

$$\tau_\rho = G \cdot \rho \frac{d\varphi}{dx} \quad (8.5)$$

Endi bu kuchlanishni burovchi moment orqali ifodalash kerak. Buning uchunlshng qiymati (8.5) dan (8.2) ga olib borib ko'yamiz.



8.4-shakl

Elementar dA yuzacha bilan mazkur yuzachadan kesim markazigacha bo'lgan oraliqning kvadrati ko'paytmalaridan kesimning butun yuzasi bo'yicha olingan $\int_F dA\rho^2$ yig'indi kesim yuzasining polyar inertsia momenti deyiladi va I_p orqali belgilanadi.

$$I_p = \int_F \rho^2 dA \quad (8.8)$$

Bu integral ifoda ko'zda tutilsa, yuqoridagi tenglik quyidagicha yoziladi:

$$GI_p \frac{d\varphi}{dx} = M_R \quad (8.9)$$

$$\int_F G\rho \frac{d\varphi}{dx} \rho dF = M_R \quad (8.6)$$

Bu integral ostidagi $G \frac{d\varphi}{dx}$ miqdor integrallash o'zgaruvchisiga bog'lik bo'lmaganligi uchun uni integraldan tashqariga chiqarish mumkin:

$$G \frac{d\varphi}{dx} \int_F \rho^2 dA = M_R \quad (8.7)$$

Bu tenglikdan silindrik sterjenning uzunlik birligiga to'g'ri keladigai buralish burchagi uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{M_{\delta}}{GI_p} \quad (8.10)$$

Buni (8.5) tenglamaga qo'yilsa, buralishdagi tangentsial kuchlanishni topiladi,

$$\tau = \frac{M_{\delta}}{I_p} \cdot \rho \quad (8.11)$$

Bu kuchlanish kesimning gardishida, ya'ni $\rho_{\max} = r$ bo'lganda eng katta qiymatga erishadi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\delta}\rho_{\max}}{I_p} = \frac{M_{\delta} \cdot r}{I_p} \quad (8.8)$$

Bu formulani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\tau_{\max} = M_{\delta} / I_p / \rho_{\max} = \frac{M_{\delta}}{W_{\delta}} \quad (8.13)$$

W_{δ} - buralishdagi qarshilik momentidir.

Mustahkamlik shartiga muvofiq maksimal tangentsial kuchlanish (τ_{\max}) tegishli ruxsat etilgan kuchlanishdan oshmasligi shart, ya'ni

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\delta}}{W_p} \leq [\tau] \quad (8.14)$$

BURALISHDAGI DEFORMATSIYALARNI ANIQLASH

Sterjenning bir uchi mahkamlangan bo'lsin. Shu uchidan x masofadagi kesimning aylanish burchagini buralish burchagi deb atagan edik. Agar (8.10) tenglamani x bo'yicha integrallasak,

$$\varphi_x = \frac{M_\delta}{GI_p} x + C$$

Ixtiyoriy o'zgarmas (S) ni sterjenning mahkamlangan kesimi ko'zg'almasligini ifodalovchi shartdan topamiz: $x=0$ bo'lganda kesim qo'zg'almaydi, ya'ni $\varphi=0$ bo'ladi. Shuning uchun ($C=0$):

$$\varphi_x = \frac{M_\delta}{GI_p} x$$

Sterjenning uzunligi l bo'lsa, eng katta buralish burchagi shu uzunlik birligi aniqlangai kesimda bo'ladi:

$$\varphi = \frac{M_\delta \cdot l}{GI_p}$$

GI_p -ko'paytma buralishdagi
bikrlik deb ataladi va har bir material
uchun material turiga ko'ra aniqlanadi.

O'zgaruvchan yuk ta'sirida
ishlaydigan mashinalar uchun buralish
burchagini qiymati

bo'lishi kerak $\varphi = 0,15^\circ - 0,20^\circ$

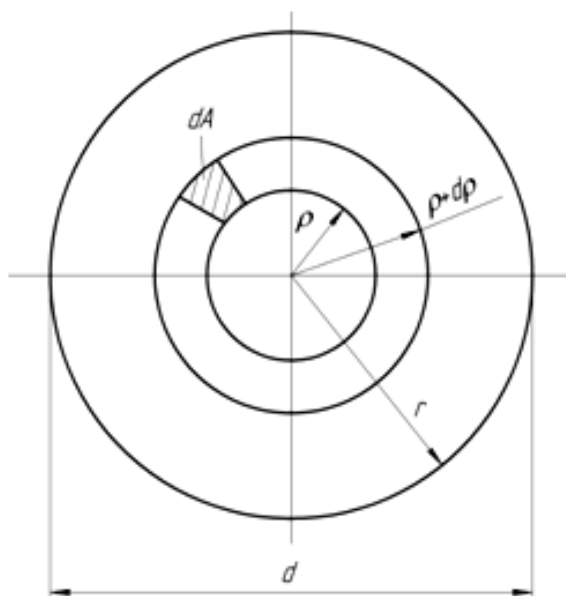
Doiraviy silindrik ko'ndalang kesimining polyar inertsia momenti va qarshilik momenti.

Polyar inertsia momenti $I_p = \int dA$ ni hisoblash uchun ko'ndalang kesim yuzasida ρ va $\rho + d\rho$ radiuslari bilan chegaralangan halqa ajratamiz (8.5-shakl). Bu halqadan dF_i elementar yuzacha olib, oldin halqa yuzi uchun $\rho^2 dA_i$ ko'paytmalarining yig'indisini hisoblaymiz. Uni dI_p deb belgilasak:

$$dI_p = \sum_{i=1}^n \rho^2 dA_i$$

(8.18)

bo'ladi. Halqaning barcha elementar zarrachalari doira markazidan bir xil masofada turgani uchun ρ^2 ni yig'indi ishorasidan tashqari chiqarishimiz mumkin, u holda



$$dI_p = \rho^2 \sum_{i=1}^n dF_i \quad (8.19)$$

bo'ladi. Halqaning yuzi asosan $2\pi\rho$ va balandligi " $d\rho$ " bo'lgan ingichka to'g'ri to'rtburchak yuziga teng, ya'ni

$$\sum_{i=1}^n dF_i + 2\pi\rho d\rho \quad (8.20)$$

tenglikni inobatga olib kesimning polyar inertsiya momenti uchun quyidagi integralni hosil qilamiz.

$$I_p = \int_0^r 2\pi\rho^3 d\rho = \frac{\pi r^4}{2} \quad (8.21)$$

Polyar inertsiya momenti doiraviy kesimning diametri orqali ifodolasak (8.1) quyidagicha yoziladi:

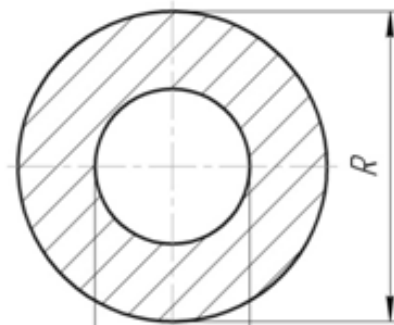
$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} = 0,1d^4 \quad (8.22)$$

Bunday hollarda buralishdagi qarshilik momenti esa

$$W_p = \frac{I_p}{\rho_{\max}} = \frac{\pi r^4}{2r} = \frac{\pi r^3}{2} = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3 \quad (8.23)$$

Buralishga ishlayotgan silindrik sterjen val vazifasini o'tasa uni yengillashtirish maqsadida o'rta qismi o'yib tashlanadi, u holda val truba shakliga kiradi.

Bu tadbir valning buralishiga qarshilik ko'rsatish qobiliyatini ko'p kamaytirmaydi, chunki asosiy kuchlanish ko'ndalang kesimning gardishida bo'lib, o'rta qismida kamayadi va markazda nolga teng. Bunday konstruktsiya elementlarining polyar inertsiya momenti bilan buralishdagi qarshilik momentini quyidagicha hisoblaymiz. (8.6-shakl).



← 8.6-shakl

$$I_p = 2\pi \int_r^R \rho^3 d\rho = \frac{\pi}{2}(R^4 - r^4) \quad (8.24)$$

yoki

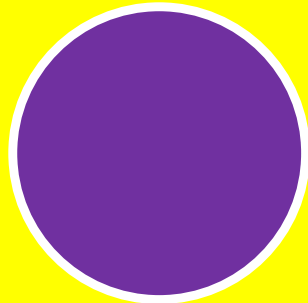
$$I_p = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4) \approx 0,1(D^4 - d^4) \quad (8.25)$$

Ushbu

$$W_p = \frac{I_p}{\rho_{\max}} = \frac{\pi(R^4 - r^4)}{2R} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16D} \quad (8.26)$$

ko'rinadiki, polyar inertsiya momenti va qarshilik momenti har bir kesim uchun ma'lum bir qiymatga ega bo'lib, ko'ndalang kesimning o'lchamlariga bog'liqdir.

Reaktsiya kuchlarining muhim tomoni shundaki, ular masalalarda avvaldan berilmaydi, balki dinamika masalalarini yechish natijasida moddiy nuqtaning harakati kabi, berilgan bog'lanishlarga ko'ra aniqlanadi. Dinamikada bog'lanishlarni, statikadan farqli ravishda, dinamik bog'lanishlar yoki dinamik bog'lanish reaktsiyalari deb ataladi



**E'TIBORINGIZ UCHUN
RAXMAT!**

