

PhD.M.B.BOYTEMIROV

SH.M.ISABOYEV



Amaliy mexanika(materiallar qarshiligi)

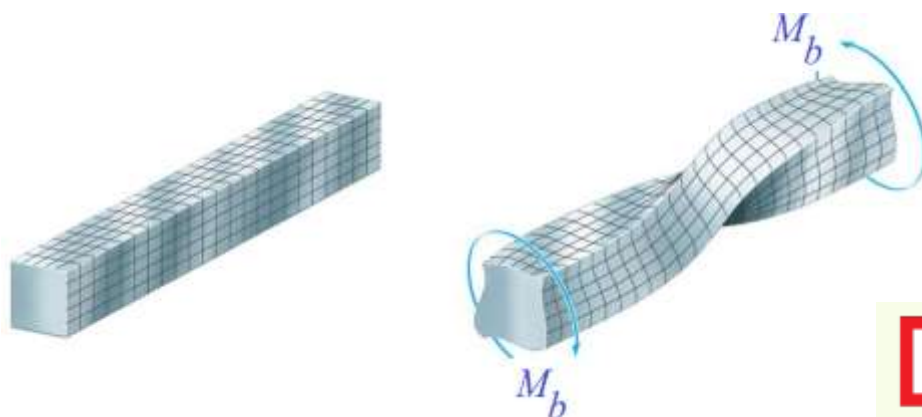
fanidan

*60711300-Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati
menejmenti(tarmoqlar bo`yicha) sirtqi bo`lim talabalari uchun*

**“Ko`ndalang kesimi doiraviy bo`lmagan
brusning buralishi”**

mavzusida amaliy mashg`ulot uchun tayyorlangan

USLUBIY KO`RSATMA



Namangan-2022 y



Mazkur uslubiy qo`llanma, oliy texnika o`quv yurtlarining tegishli dasturlariga mos ravishda tuzilgan bo`lib, u buralish deformatsiyasi bo`limidagi burovchi moment ta`siridagi vallarni hisobi mavzusiga oid tayyor ishlangan masalalar hamda mustaqil bajarish uchun masalalar keltirilgan.

Ushbu uslubiy qo`llanma oliy texnika o`quv yurtlarini **60711300-Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti(tarmoqlar bo`yicha)** ta`limiy yo`nalishlarini **sirtqi bo`lim** talabalari uchun mo`ljallangan.

Tuzuvchilar:

M.B.Boytemirov (NamMQI),

Sh.M.Isaboyev (NamMQI)

Taqrizchilar:

dots.U.Dexqonov- “Materiallar qarshiligi va mexanika” kafedrasida dotsenti

Phd.N.Nishonov- Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti laboratoriya mudiri, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Uslubiy ko`rsatma “Materiallar qarshiligi va mexanika” kafedrasining umumiy yig`ilishida muhokama qilingan.

Bayon: _____ “__” _____2022 yil.

Ushbu uslubiy ko`rsatma institut o`quv-uslubiy kengashining “__” _____ 2022-yildagi __ - sonli yig`ilishida ko`rib chiqilgan va chop etishga tavsiya etilgan.

KIRISH

Oliy ta'lim tizimini kelgusida yanada takomillashtirish va kompleks rivojlantirish bo'yicha eng muhim vazifalar etib, yangi avlod o'quv adabiyotlarini yaratish va ularni oliy ta'lim muassasalarining ta'lim jarayoniga keng tatbiq etish, oliy ta'lim muassasalarini zamonaviy o'quv, o'quv-metodik va ilmiy adabiyotlar bilan ta'minlash, shu jumladan, eng yangi xorijiy adabiyotlar sotib olish va tarjima qilish, axborot-resurs markazlari fondlarini muntazam yangilab borish alohida belgilab berilgan.

Qarorning bir qator bandlari ijrosini ta'minlash va amalga oshirish, oliy ta'lim muassasalari professor-o'qituvchilar jamoasiga ham bir qator mas'uliyatli vazifalar belgilangan.

Ayniqsa "Amaliy mexanika(materiallar qarshiligi)" fanining tegishli bo'limlari bo'yicha talabalar tomonidan o'z bilimlarini mustaqil tekshirish, o'zlashtirib olishlariga, ko'nikma va malakalarni ularda shakllantirish, kerakli o'quv materialini mustaqil izlash va topishga, amaliy faoliyatlarida mazkur o'quv-uslubiy qo'llanma samara beradi deb hisoblaymiz.

O'quv-uslubiy qo'llanma oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan «Amaliy mexanika» fani bo'yicha davlat ta'lim standarti, namunaviy va ishchi dasturlari asosida tayyorlangan. Oliy texnika o'quv yurtlari talabalarining tasavvurini kengaytirishga, bilimlarni mustaqil o'zlashtirib olishga, dastlabki bilimlarini rivojlantirishga va chuqurlashtirishga mo'ljallab tayyorlandi

Semestr davomidagi topshiriqlarining maqsadi nazariy bilimlarni mustahkamlash, mustaqil ish ko'nikmalarini va konstruksiyalarning mustahkamligi va bikrligini baholash muammolarini hal qilish tajribasini egallashdir. Shuni

ta'kidlash kerakki, semestr davomidagi topshiriqlarini bajarishdan asosiy maqsad, birinchi navbatda, talabanning ularni hal qilish bo'yicha mustaqil ishlashi ko'nikmasiga ega bo'ladi. Muammolarni hal qilishga tayyorgarlik ko'rish uchun bir qator manbalardan

foydalanish tavsiya etiladi. Har bir vazifani hal qilishni uning shartidan oldingi nazorat savollariga javob berishdan boshlash tavsiya etiladi.

Topshiriqlar uchun dastlabki ma'lumotlar o'qituvchi tomonidan belgilangan individual variantga muvofiq tanlanadi.

Topshiriqning matn va grafik qismlari har bir varaqni bir tomonida chapda 20 mm, boshqa tomonlarda 5 mm chetlari bilan bajariladi (chekklar tegishli ramka bilan belgilanadi). Hisoblash sxemalari, eskizlari va diagrammalari chizma asboblari yordamida bajarilishi kerak. Vazifani bajarayotganda, o'qiladigan qo'l yozuvida yechimni qisqacha tushuntirish tavsiya etiladi. Muammoni faqat yakuniy natijalarni hisoblashda parametrlarning raqamli qiymatlarini almashtirgan holda umumiy shaklda hal qilish tavsiya etiladi.

Yakuniy javoblar uchta muhim raqamga berilishi kerak (masalan, 12,3 mm; 246 MPa; 1,56 kN). Yakuniy javoblarni yozishda, kerak bo'lganda, "xavfsizlik chegarasiga" yaqlitlash amalga oshiriladi. Hisoblash yo'li bilan olingan chiziqli o'lchamlar millimetrda ko'rsatilishi kerak, DAST 6636-69 "Oddiy chiziqli o'lchamlar"ga muvofiq eng yaqin ruxsat etilgan (ruxsat etilgan) qiymatga yaxlitlangan bo'lishi kerak.

1.§. ASOSIY TUSHUNCHA VA MUNOSABATLAR

Brus buralishga ishlaganida uning ko'ndalang kesimlarida faqat birgina ichki kuch faktori – burovchi moment M_b hosil bo'ladi.

Brusning ixtiyoriy ko'ndalang kesimidagi burovchi moment son jihatidan shu kesimga bir tomondan ta'sir etuvchi tashqi burovchi momentlarning algebraik yig'indisiga teng.

Doiraviy (yaxlit yoki xalqa)ko'ndalang kesimli brusning buralishdagi mustahkamlik sharti quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_b}{W_p} \leq [\tau]$$

Bu yerda τ_{\max} brusning xavfli kesimida hosil bo'ladigan eng katta urinma kuchlanish;

M_b - brusning xavfli kesimidagi burovchi moment

$[\tau]$ – buralishda ruxsat etiladigan kuchlanish;

W_p – kesimning qutb qarshilik momenti;

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3 \text{ yaxlit doiraviy kesim uchun;}$$

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} - \frac{\pi d_0^3}{16} \approx 0,2D^3(1 - c^4) \text{ xalqa kesim uchun.}$$

bunda d - yaxlit kesimning diametri;

D va d_0 – xalqaning tashqi va ichki diametrlari; $c = \frac{d_0}{D}$

Bir kesimning ikkinchisiga nisbatan aylanish burchagi shu kesimlar orasidagi brus qismining buralish burchagi deyiladi

Brusning (brus qismining) buralish burchagi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\varphi = \int_0^l \frac{M_b dx}{G \cdot I_\rho} \text{ [radian]}$$

Bu yerda $G \cdot I_\rho$ buralishda kesimning bikrligi;

G- siljish moduli;

I_ρ - kesimning qutb inersiya momenti.

Doira uchun

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4$$

Xalqa uchun

$$J_p = \frac{\pi D^4}{32} (1 - c^4) \approx 0,1D^4 (1 - c^4)$$

$M_b = const$ va $I_\rho = const$ bo'lganda l uzunlikdagi uchastkaning buralish burchagi ushbu formuladan aniqlanadi;

$$\varphi = \frac{M_b \cdot l}{G \cdot I_\rho};$$

Buralishda bikrlik quyidagi ko'rinishda bo'ladi: $\varphi_0^{\max} = \frac{M_b}{G \cdot I_\rho} \leq [\varphi_0]$

$$\text{yoki } \varphi_0^{\max} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_b \cdot 100}{G \cdot I_\rho} \leq [\varphi_0]$$

Keltirilgan formulalardan birinchisidagi eng katta(maksimal) nisbiy buralish burchagi φ_0^{\max} va ruxsat etilgan nisbiy buralish burchagi.

O'lchov birliklari quyidagicha:

$[\varphi_0]$ - ruxsat etilgan nisbiy buralish burchagi - *radian/ m, radian/ sm*

M_b - kesimdagi burovchi momenti - *Nyuton· m, kilonyuton· m*

G - siljish moduli - *Nyuton/ sm² kilonyuton/ m²*

I_ρ - kesimning qutb inersiya momenti. *sm⁴, m⁴ larda o'lchanadi.*

Mustahkamlik va bikrlilik shartlaridan diametrning ikki qiymatidan kattasi tanlab olinadi.

Ko'rsatma: Hisoblash natijasida hosil qilingan diametrlarning qiymatlarini 0, 2, 5 yoki 8 (mm) bilan tugaydigan sonlar bilan yaxlitlash kerak.

Vallar hisoblashda uzatiladigan quvvat N (*vt yoki kvv, yoxud ot kuchi*) va burchak tezlik ω (*rad/sek*) yoki n (*ayl/min*) berilgan bo'ladi.

Mexanikadan ma'lumki, Quvvat quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$N = \frac{Pv}{75};$$

Bunda val tomonidan uzatiladigan burovchi moment quyidagi formulalardan biri bilan aniqlanadi.

$$M_b = \frac{N}{\omega};$$

Bunda M_b - *Nyuton· m, kilonyuton· m*

N - *vatt, kilovatt, otkuchida o'lchanadi*

ω - (*rad/sek*) yoki n (*ayl/min*) *rad/sek* larda o'lchanadi;

$$M_b = 71620 \frac{N}{n};$$

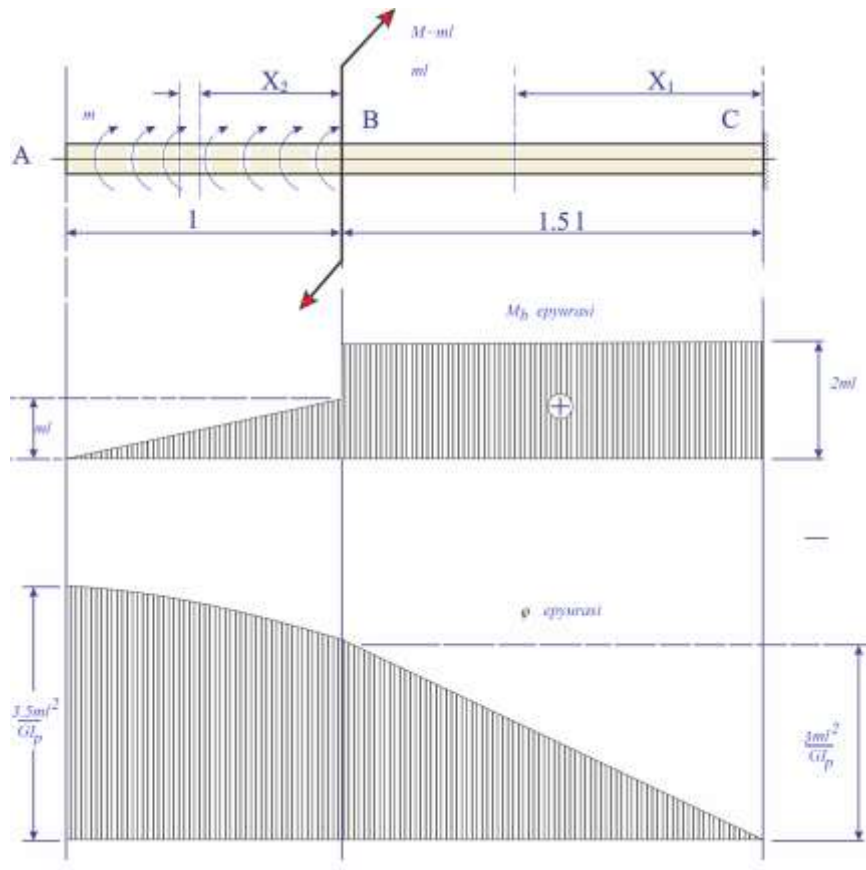
Bunda M_b *Nyuton· m, kilonyuton· m, N-ot kuchida va n-ayl/min* hisobida o'lchanadi;

yoki

$M = 97380 \frac{N}{n}$; Bunda M_b Nyuton·m, kilonyuton·m, N - kvv va n ayl/min hisobida o'lanadi.

2. §. Doiraviy ko'ndalang kesimli brusni buralishda mustahkamlikka va bikrlikka hisoblash

1-misol. Masala sxemasi 1- rasm, a da ko'rsatilgan brus ko'ndalang kesimi uchun burovchi moment va buralish burchagi (M_b va φ) epyuralar qurilsin.



Yechish. 1 M_b epyurasini qurish .

Brusni ikki CB va BA uchastka $0 \leq x_1 \leq 1.5l$. Koordinata boshini C nuqtaga joylashtiramiz.

M_b ni ko'rib chiqilayotgan uchastkaning ixtiyoriy ko'ndalang kesimidan chapga qo'yilgan tashqi momentlarning yig'indisi kabi aniqlaymiz:

$M_b = M + ml = 2ml$ _epyura o'qiga parallel to'g'ri chiziq tenglamasi.

BA uchastka $0 \leq x_2 \leq l$ koordinata boshini B nuqtaga joylashtiramiz.

Burovchi momentni kesimdan chapga qo'yilgan momentlarning yig'indisi kabi ifodalaymiz: $M_b^{11} = m(l - x_2)$ to'g'ri chiziq tenglamasi. To'g'ri chiziqning nuqtasini topamiz:

$$M_{b \cdot x_2=0}^{11} = ml$$

$$M_{b \cdot x_2=0}^{11} = 0$$

M_b epyura 1–rasm. B da tasvirlangan.

2. φ_o epyurasini qurish.

CB uchastka x_1 koordinatalari ixtiyoriy kesimning burilish burchagini aniqlaymiz:

$$\varphi^1 = \frac{M_b^{11} x_1}{G \cdot I_\rho} = 2mlx_1 \text{ to'g'ri chiziq tenglamasi.}$$

Uchastkaning chekka kesimlarida $\varphi_C = \varphi_{x_1=0}^1 = 0$ (mahkamlangan uchida);

$$\varphi_B = \varphi_{x_1=1,5l}^1 = \frac{3ml^2}{G \cdot I_\rho}$$

BA uchastka Ikkinchi uchastka ixtiyoriy kesimining buralish burchagi φ_B bilan ko'rib chiqilayotgan kesimning B kesimga nisbatan buralish burchagi yig'indisi kabi aniqlanadi.

$$\varphi^{11} = \varphi_B + \int_0^{x_2} \frac{mx_2 dx_2}{G \cdot I_\rho} = \varphi_B + \frac{mx_2^2}{2G \cdot I_\rho}.$$

Uchastkaning chekka kesimlarida

$$\varphi_B = \varphi_{x_2=0}^{11} = \frac{3ml^2}{G \cdot I_\rho}$$

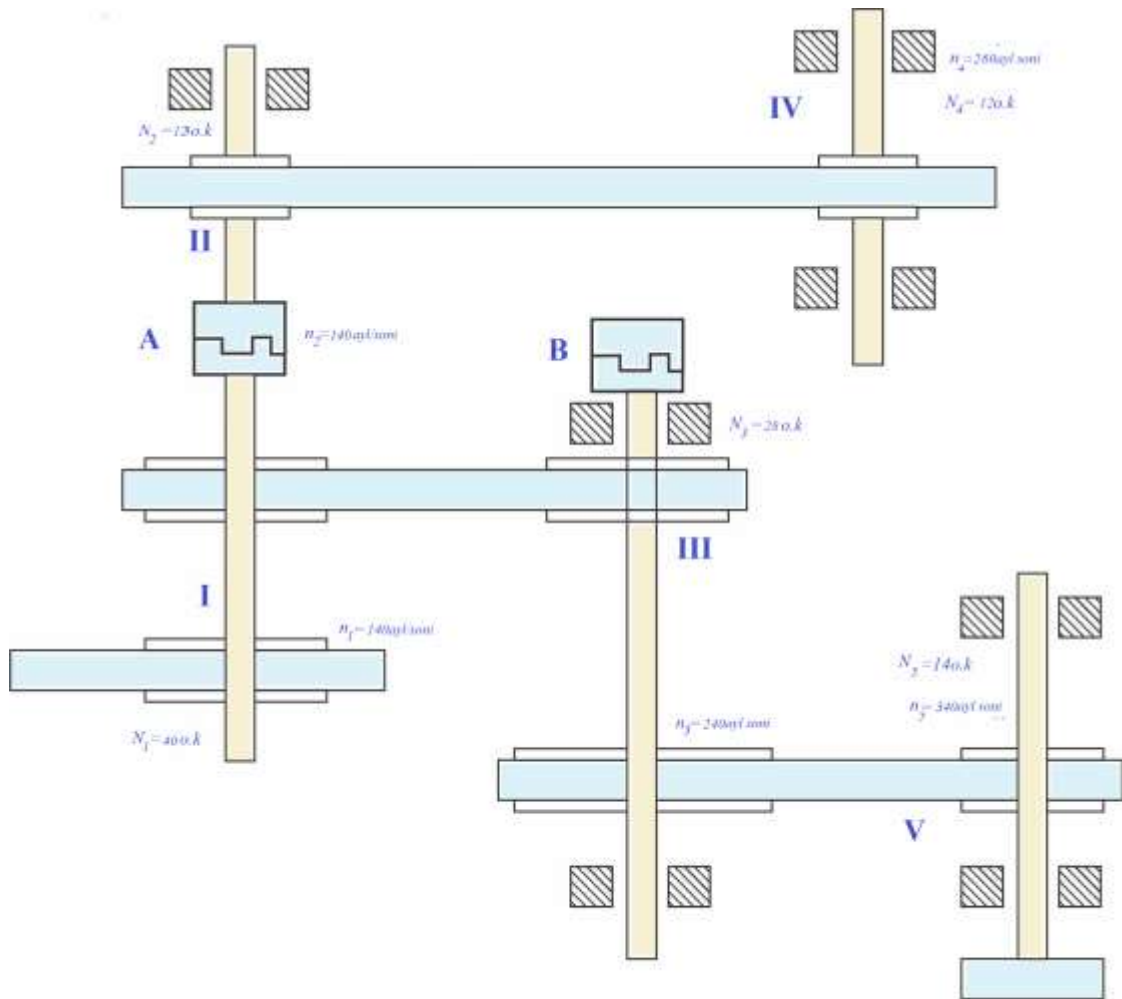
$$\varphi_A = \varphi_{x_2=l}'' = \varphi_B + \frac{ml^2}{2G \cdot I_\rho} = \frac{3,5ml^2}{G \cdot I_\rho}$$

φ epyurasi 1-rasm , b da tasvirlangan.

2-misol. Dvigateldan $N_1 = 40$ ot kuchi quvvat oluvchi I val II val bilan A mufta orqali bog'langan (2-rasm), u III valga $N_2 = 28$ ot kuchi va IV valga $N_4 = 12$ ot kuchi da quvvat uzatadi. III val o'z navbatida B valga $N_5 = 14$ ot kuchi quvvat uzatiladi va bu valning qolgan quvvati B mufti orqali rasmda ko'rsatilgan valga uzatiladi.

Vallarning diametrlari mustahkamlikka va bikrlikka hisoblash formulalari yordamida aniqlansin. Bunda $[\tau] = 600 \frac{kg}{sm^2}$, $[\varphi_0] = 0,3 \frac{grad}{m}$, $G = 8 \cdot \frac{10^5 kg}{sm^2}$ ga teng deb olinsin.

Tasmali uzatmalardagi va podshipniklardagi energiya yo'qotilishi hisobga olinmasin.



Yechish. I -val $N_1 = 40 \text{ ot kuchi}$ $n_1 = 140 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$

Bu valning ko'ndalang kesimdagi buruvchi moment val tomonidan uziladigan aylantiruvchi momentga teng bo'ladi:

$$M_{b1} = M_1 = 71620 \cdot \frac{N_1}{n_1} = 71620 \cdot \frac{40}{140} = 20400 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

Valning (shkivlar orasidagi uchastkasi) talab etilgan diametrini mustahklamlik shartidan quyidagi formula yodamida aniqlaymiz :

$$W_{\rho_1} \approx 0,2d_1^3 \geq \frac{M_{b1}}{[\tau]}$$

$$\text{Bundan } d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{M_{b1}}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{20400}{0,2 \cdot 600}} = 5,53 \text{ sm}$$

Shuningdek, bikrlilik shartidan $I_{\rho_1} \approx 0,1d_1^4 \geq \frac{180M_{b1} \cdot 100}{\pi \cdot G[\varphi_0]}$;

$$\text{bundan } d_1 \geq \sqrt[4]{\frac{180 \cdot M_{b1} \cdot 100}{0,1\pi \cdot G \cdot [\varphi_0]}} = \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 20400 \cdot 100}{0,1 \cdot 3,14 \cdot 8,0 \cdot 10^5 \cdot 0,3}} = 8,3 \text{ sm}$$

$d_1 = 85 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz .

II val. $N_2 = 12 \text{ otkuchi}$. $n_2 = 140 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$; $M_{b2} = 71620 \frac{N_2}{n_2} = 71620 \frac{12}{140} = 6110 \text{ kg} \cdot \text{sm}$

Mustahkamlik shartidan

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{6110}{0,2 \cdot 600}} = 3,7 \text{ sm}$$

$$\text{Bikrlilik shartidan } d_2 \geq \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 6110 \cdot 100}{0,1 \cdot 3,14 \cdot 8,0 \cdot 10^5 \cdot 0,3}} = 6,18 \text{ sm}$$

$d_2 = 62 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz.

III valning (shkivlar orasidagi uchastkasi) ko'ndalang kesimida $N_5 = 14 \text{ otkuchi}$

quvvatga va $n_3 = 240 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ mos keluvchi burovchi moment hosil bo'ladi; u vaqtda

$$M_{b3} = 71620 \frac{14}{240} = 4170 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

Mustahkamlik shartidan $d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{4170}{0,2 \cdot 600}} = 3,25 \text{ sm}$

Bikrlilik shartidan

$$d_3 \geq \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 4170 \cdot 100}{0,1 \cdot 3,14 \cdot 8,0 \cdot 10^5 \cdot 0,3}} = 5,62 \text{ sm} \quad d_3 = 58 \text{ mm} \text{ deb qabul qilamiz.}$$

IV val. $N_4 = 12 \text{ ot kuchi}$; $n_4 = 260 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$; $M_{b4} = 71620 \frac{12}{260} = 3300 \text{ kg} \cdot \text{sm}$

hisoblash oldingi hollardagi kabi bajariladigan mustahkamlik va bikrlikka hisoblash natijalariga ko'ra, $d_4 = 55 \text{ mm}$ ni hosil qilamiz.

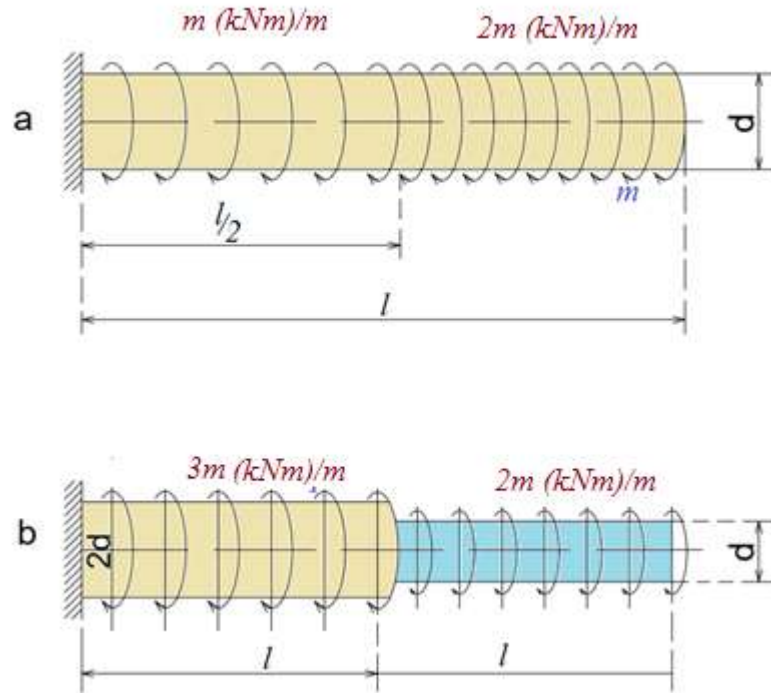
V- val $N_5 = 14 \text{ ot kuchi}$, $n_5 = 340 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$; $M_{b5} = 71620 \frac{14}{340} = 2920 \text{ kg} \cdot \text{sm}$

Hisoblash natijalarini keltirmasdan $d_5 = 52 \text{ mm}$ oxirgi natijani keltiramiz.

IV va V vallar uchun hisoblashlarni mustaqil bajarishni tavsiya qilamiz.

Mustaqil hal qilish uchun masalalar

1-misol Taqsimlangan aylantiruvchi momentlar bilan yuklangan brus uchun ko'ndalang kesimdagi burovchi moment va buralish burchagi epyuralari yasalsin (5.3-rasm).



Javobi, a) $M_b^{\max} = \frac{3ml}{2}$ $\varphi_{\max} = \frac{28 \cdot ml^2}{\pi \cdot G \cdot d^4}$

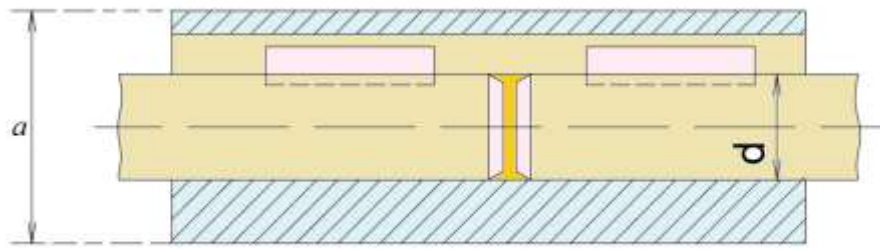
b) $M_b^{\max} = 5ml$ $\varphi_{\max} = \frac{39 \cdot ml^2}{\pi \cdot G \cdot d^4}$

2-misol. Diametri 90 mm bo'lgan yaxlit valni ichki diametri tashqi diametridan 10% ga kichik bo'lgan xalqa kesimli val bilan almashtiriladi. Avvalgi mustahkamlikdagi ehtiyotkorlik koeffitsentini saqlab qolgan holda xalqasimon(quvur) valning tashqi d va ichki d_0 diametrlarni aniqlansin.

Yaxlit va xalqasimon(quvur) kesimli vallar og'irliklari solishtirilsin.

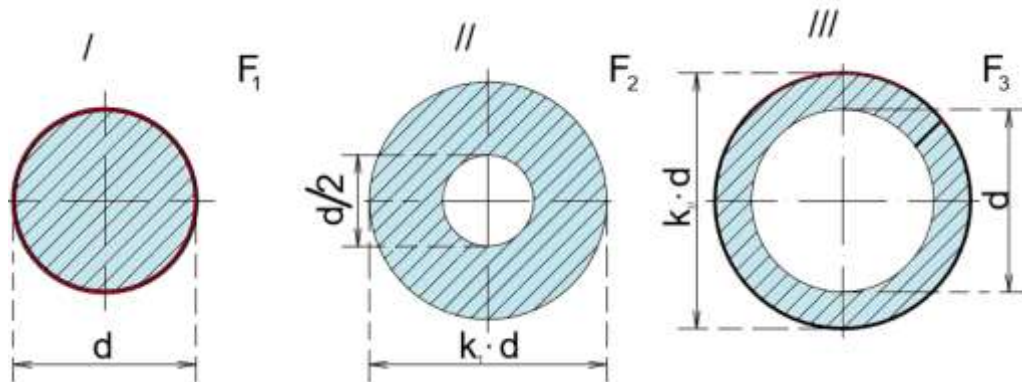
Javobi $d = 128mm$, $d_0 = 115mm$ og'irliklar nisbati 2,58

3-misol Valning ichki uchastkasi vtulkali mufta bilan birlashtirilgan (4-rasm).



Val va muftaning shponka ariqchasi bilan zaiflashganini nazarga olmasdan buralishda teng mustahkamlik shartidan foydalanib, muftaning tashqi diametri (D) ning val diametri (d)ga nisbati aniqlansin, val materiali uchun $\tau_{oq} = 200 \frac{m}{mm^2}$, mufta materiali uchun esa $\tau_{oq} = 172 \frac{m}{mm^2} \cdot [n] = 2$ miqdorini val va mufti uchun bir xilda deb qabul qilinsin. Javobi 1,25.

4-misol. Ko'ndalang kesim yuzalari teng bo'lgan uchta I, II, III vallar (5-rasm),



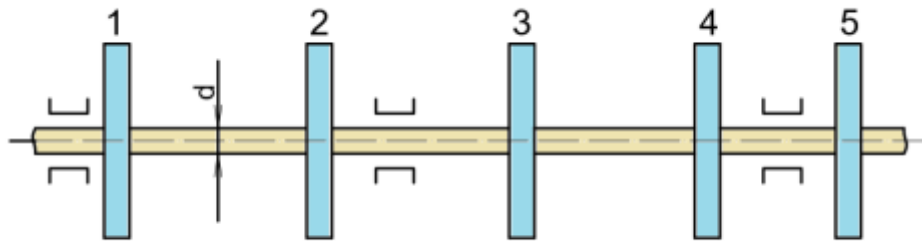
M_I, M_{II} va M_{III} momentlar bilan buraladi. Agar har bir valning ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan eng katta urinma kuchlanishlar bir xilda bo'lsa, u vaqtda M_I, M_{II} va M_{III} miqdorlar aniqlansin. Barcha kesimlar uchun urinma kuchlanishlar epyurasi qurilsin. Xalqa kesim val uchun ichki konturi nuqtalaridagi urinma kuchlanishlar aniqlansin .

Javobi $k_I = 1,12, k_{II} = 1,41$

$$W_{\rho I} = 0,2d^3, W_{\rho II} = 0,27d^3, W_{\rho III} = 0,43d^3,$$

$$M_I = \tau \cdot 0,2d^3; M_{II} = \tau \cdot 0,27d^3; M_{III} = \tau \cdot 0,43d^2$$

5-misol Valga elektr dvigateldan yetaklovchi shkiv orqali $n = 300 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ burchak tezlik bilan $N = 60 \text{ otkuchi}$ quvvat beriladi, qolgan to'rtta shkiv ishchi mashinalarga ular mos ravishda N_1 otkuchi quvvat uzatadi, ular mos ravishda 20 otkuchi, 18 otkuchi, 12 otkuchi, 10 otkuchi ga teng (6-rasm).



5.6 - rasm

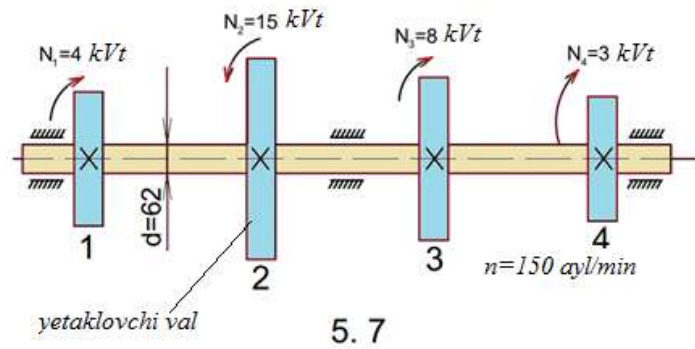
Valning talab etilgan diametri eng kichik bo'lishi uchun yetaklovchi shkivni qayerga joylashtirish kerak (nomeri ko'rsatilsin) va stanokning iste'mol qiladigan quvvatini shkivlar bo'yicha qanday taqsimlash kerak? Burovchi momentnig epyurasi qurilsin. Valning diametrini butun uzunligi bo'yicha o'zgarmas deb hisoblab, uning kerakli diametri aniqlansin, $[\tau] = 300 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$.

Javobi; $d = 50 \text{ mm}$.

6-misol. O'zgarmas kesimli valning mustahkamligi va bikrligi tekshirilsin (7-rasm)

$$[\tau] = \frac{200 \text{ kg}}{\text{sm}^2}, \quad [\varphi_0] = 0,4 \frac{\text{grad}}{\text{m}}, \quad G = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

$$\text{Javobi } \tau_{\max} = 153 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}; \quad \varphi_0 = 0,35 \frac{\text{grad}}{\text{m}}$$



3.§ Buralishda statik aniqlamas masalalar

3-misol. Mustahkamlik va bikrlilik shartidan foydalanib brusning kerakli diametri

aniqlansin (5.8-rasm a, $[\tau] = 400 \frac{kg}{sm^2}$, $[\varphi_0] = 0.25 \frac{grad}{m}$, $G = 8 \cdot 10^5 \frac{kg}{sm^4}$

Yechish. B bog'lanishni olib tashlab, uni M_b - moment bilan almashtiramiz . (8-rasm b). B mahkam bog'lanishdan kesim buralmagani uchun

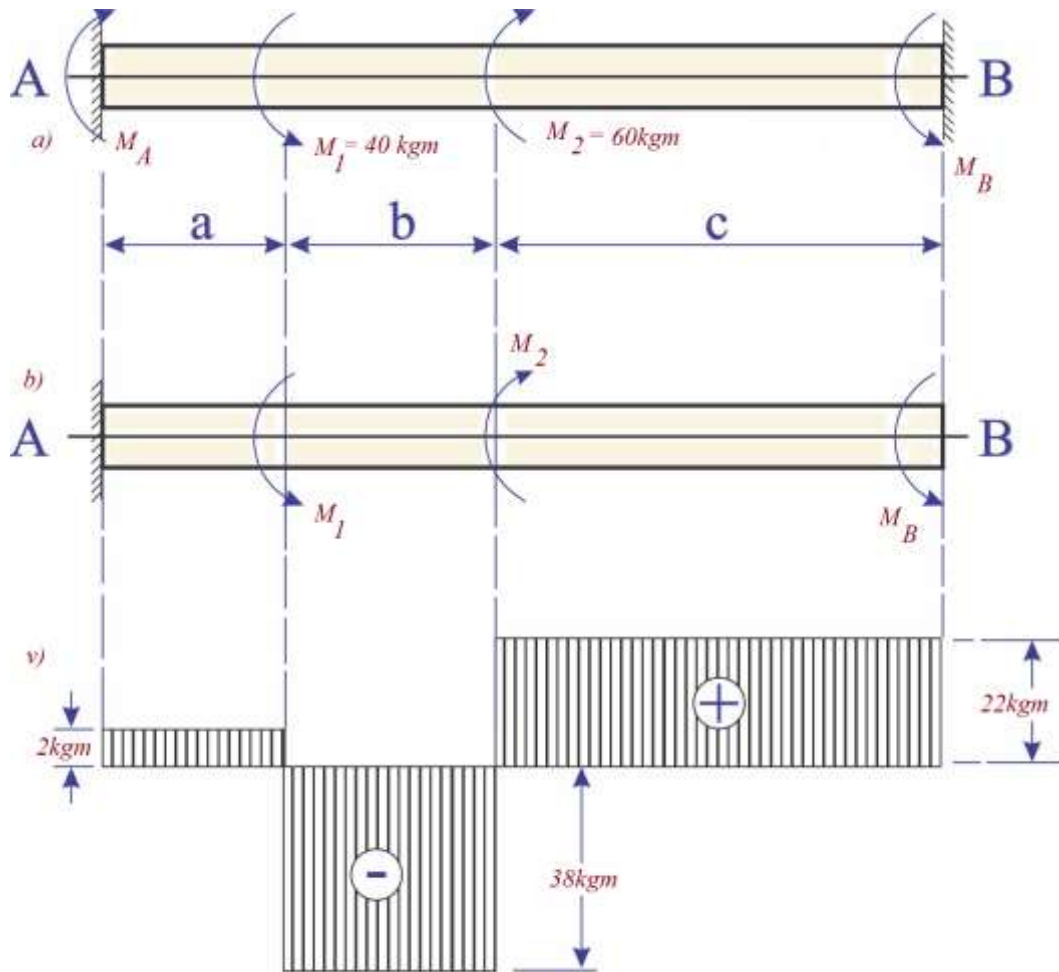
$$\varphi_B = -\frac{M_1 \cdot 0,5}{G \cdot I_\rho} + \frac{M_2 \cdot 1,25}{G \cdot I_\rho} - \frac{M_B \cdot 2,5}{G \cdot I_\rho} = 0$$

Bundan

$$M_B = \frac{-40 \cdot 0,5 + 60 \cdot 1,25}{2,5} = 22 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_A = M_1 + M_B - M_2 = 40 + 22 - 60 = 2 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Burovchi moment epyurasini quramiz (8-rasm, b).



Epyuradan maksimal burovchi moment o'rta uchastkaning ko'ndalang kesimida hosil bo'lishi yaqqol ko'rinadi :

$$M_{\max} = 3800 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

Mustahkamlik shartidan brus diametrini aniqlaymiz:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\max}}{0,2 \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{3800}{0,2 \cdot 400}} = 3,62 \text{ sm}$$

Bikrlik shartidan brus diametrini aniqlaymiz:

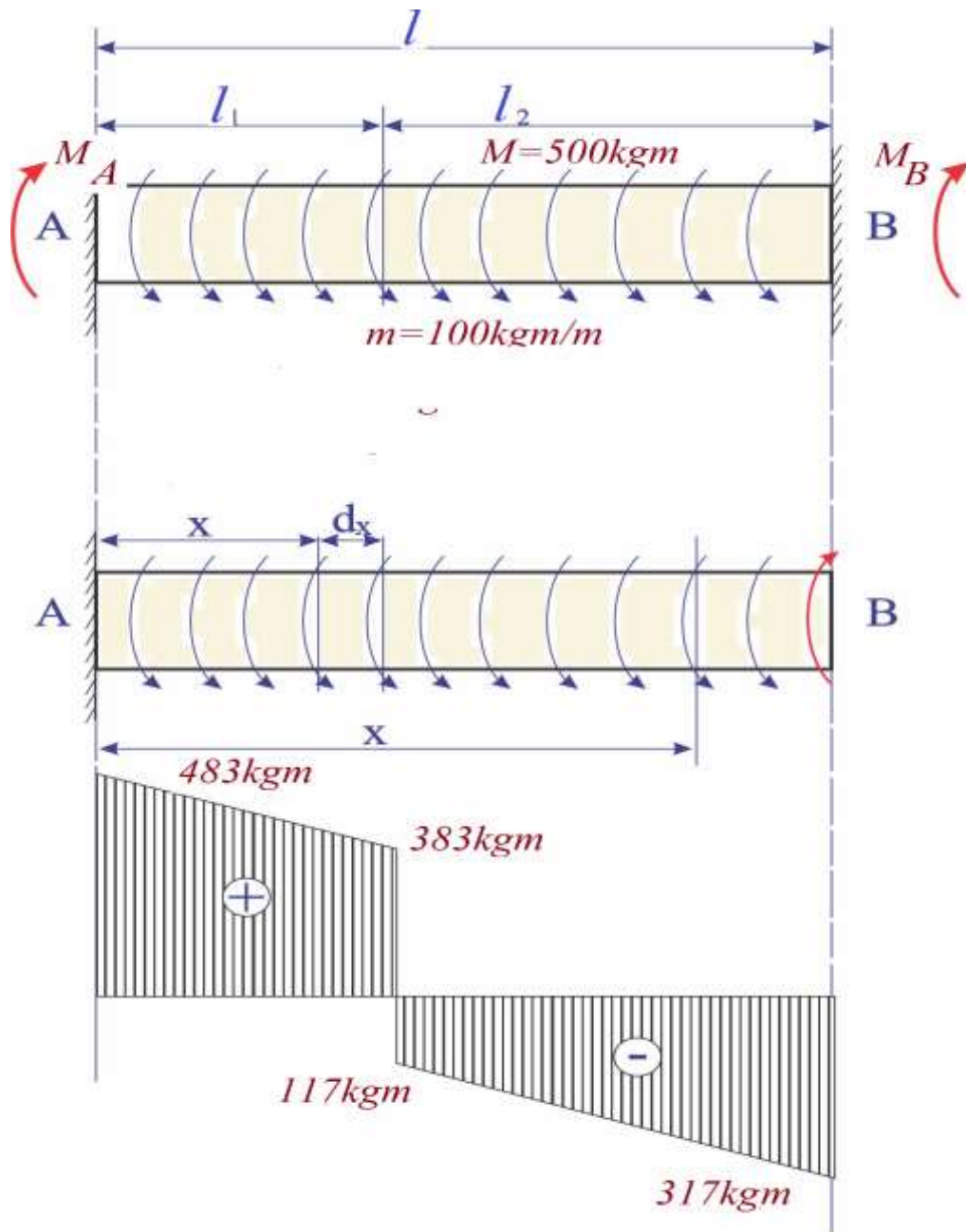
$$d \geq \sqrt[4]{\frac{180 \cdot M_B \cdot 100}{G \cdot \varphi_0 \cdot \pi \cdot 0,1}} = \sqrt[4]{\frac{3800 \cdot 100 \cdot 180}{8 \cdot 10^5 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,1}} = \sqrt[4]{1090} = 5,75 \text{ sm}$$

Diametrning eng katta qiymatini (yaxlitlash bilan) qabul qilamiz: $d=58 \text{ mm}$

4-misol. O'zgarmas kesimli brus uchun burovchi(reaktiv) momentlar aniqlansin va burovchi moment epyurasi qurilsin (9-rasm , a) .

Yechish: $\sum M_x = 0 \quad M_A + M_B = M + ml$

Ikkinchi tenglama(siljishlar tenglamasi)ni tuzush uchun xayolan bitta bog'lanishni, masalan o'ng tomondagisini yashlab yuborib, uning ta'sirini M_B moment bilan almashtiramiz, u izlanayotgan reaktiv momentga tengdir.9-rasm, b)



$$\varphi_B = \varphi_{B_M} + \varphi_{B(M)} + \varphi_{B_{MB}} = 0$$

bu yerda

$$\varphi_{B_M} = \frac{M_1}{G \cdot I_\rho}; \quad \varphi_B(ml) = \int_0^l \frac{mxdx}{G \cdot I_\rho} = \frac{mll}{2G \cdot I_\rho}; \quad \varphi_{B(M \cdot B)} = \frac{M_B l}{G \cdot I_\rho} \quad \frac{Ml_1}{GJ_p} + \frac{ml^2}{2GJ_p} - \frac{M_B l}{GJ_p} = 0$$

Bundan

$$M_B = \frac{ml}{2} + \frac{ml_1}{l} = \frac{100 \cdot 3}{2} + \frac{500 \cdot 1.0}{3} = 317 \text{kg} \cdot \text{m}$$

Muvozanat tenglamasidan quyidagini topamiz :

$$M_A = 483 \text{kg} \cdot \text{m}$$

M_B epyurani quramiz .

Chap uchastkada ($0 \leq x \leq l_1$) 7

$$M_b = M_A - mx$$

$$M_{b(x=l_1)} = M_A = 483 \text{kg} \cdot \text{m}$$

$$M_b^{chap}_{x=l_1} = M_A - ml_1 = 383 \text{kg} \cdot \text{m}$$

O'ng uchastkada ($l_1 \leq x \leq l$)

$$M_b = M_A - mx - M$$

$$M_b^{o'ng}_{x=l_1} = -117 \text{kg} \cdot \text{m}$$

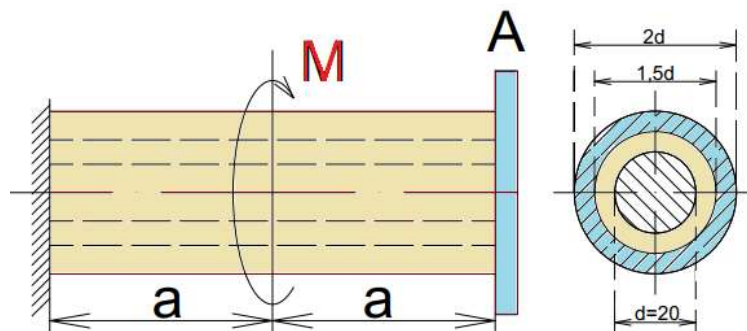
$$M_{b(x=l)} = -317 \text{kg} \cdot \text{m} = -M_B$$

Burovchi moment epyurasi 9-rasm, b da keltirilgan.

5-misol. Xalqa kesimli duralyuminiy trubka va po'lat valik bir uchi A disk yordamida birlashtirilgan(10-rasm) trubkaning o'rtasiga qo'yilgan.

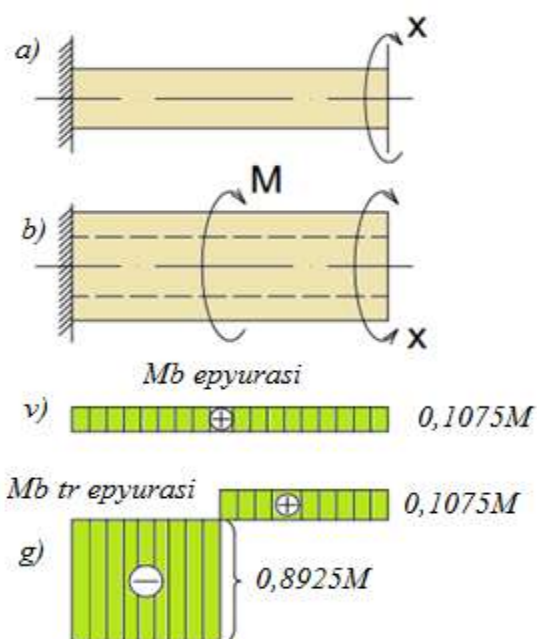
M momentning ruxsat etilgan qiymati aniqlansin. Po'lat uchun $[\tau]_n = 900 \frac{kg}{sm^2}$;

dyuralimuniy uchun $(\tau)_D = 600 \frac{kg}{sm^2}$; $G_n = 3G_D = 8,1 \cdot 10^5 \frac{kg}{sm^2}$ qabul qilinsin.



Yechish. A disk va valik orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari burovchi moment x ga keltiriladi ;

Trubkaning o'ng uchiga ham miqdor jihatidan shunday, yo'nalishi qarama-qarshi bo'lgan moment ta'sir qiladi. Valik va trubkaning yuklanish sxemasi 11-rasm, a, b,larda ko'rsatilgan. Valik va trubkaning o'ng uchlaridagi buralish burchaklarining tenglik shartini ifodalovchi siljishlar tenglamasidan x momentning miqdori aniqlanadi:



$$\varphi_{Aval} = \varphi_{A.Tr}$$

$$\frac{X \cdot 2a}{G_n \cdot J_{p(val)}} = \frac{M_A}{G_D \cdot J_{p(tr)}} - \frac{X \cdot 2a}{G_D \cdot J_{p(tr)}};$$

Bu yerda

$$J_{\rho(val)} = \frac{\pi d^4}{32}, \quad J_{p(tr)} = \frac{\pi(2d)^4}{32} = \left[1 - \left(\frac{1,5d}{2d}\right)^4\right] = \frac{175}{512} \pi d^4, \quad \frac{J_{p(tr)}}{J_{\rho(val)}} = \frac{175}{16}$$

O`rniga qo`yganimizdan keyin, quyidagilarni hosil qilamiz :

$$\frac{2 \cdot X}{3 \cdot G_D \cdot J_{p(val)}} = \frac{2X}{3G_D \frac{175}{16} \cdot J_{p(val)}} = \frac{M}{G_D \frac{175}{16} \cdot J_{p(val)}};$$

bundan

$$X = \frac{24}{223} M = 0,1075 \cdot M$$

Valik va trubka uchun burovchi moment epyuralari 11-rasm b, g`larda ko`rsatilgan.

Valikning mustahkamlik sharti

$$\tau_{val} = \frac{M_{Bval}}{W_{\rho(val)}} = \frac{0,1075 \cdot M}{\frac{\pi d^3}{16}} \leq [\tau]_n$$

$$\text{Bundan } [M]_{val} = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \frac{[\tau]_n}{0,1075} = \frac{3,14 \cdot 2^3 \cdot 900}{16 \cdot 0,1075} = 13120 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

Trubka uchun xavfli kesim uning chap uchastkasi ko`ndalang kesimi

bo`ladi: mustahkamlik sharti $W_{\rho(tr)} = \frac{I_{\rho(tr)}}{d} = \frac{175}{512} \pi d^3$ bo`lganda

$$\tau_{tr} = \frac{M_{B(tr)}^{\max}}{W_{\rho(tr)}} = \frac{0,8925M}{\frac{175}{512} \pi d^3} \leq [\tau]_D$$

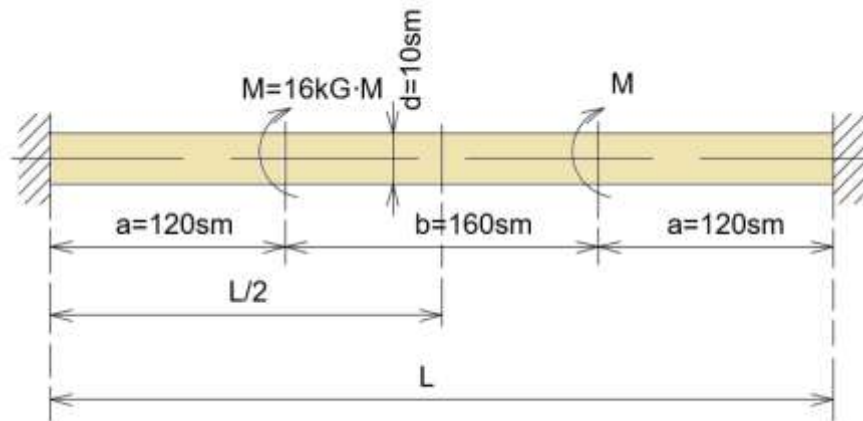
$$\text{bundan } [M]_{tr} = \frac{175}{512} \pi d^3 \cdot \frac{\tau_D}{0.8925} = \frac{175 \cdot 3,14 \cdot 2^3 \cdot 600}{512 \cdot 0,8925} = 5760 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

Shunday qilib, tashqi mometnig ruxsat etilgan miqdori $[M]_{tr} = 5760 \text{ kg} \cdot \text{sm}$ trubkaning mustahkamligi bilan aniqlanadi. Konstruksiya ruxsat etilgan momentga teng. Moment bilan yuklanganda valik to'la yuklangan bo'lmaydi-eng katta kuchlanish uning ko'ndalang kesimlarida hosil bo'lib, u ruxsat etilgandan $\frac{13120-5760}{13120} \cdot 100\% = 56\%$ ga kam bo'ladi. Bundan valik diametrini kichiklashtirish kerak, degan xulosa chiqmaydi. Haqiqatan, agar d (valik bikrligi) kichiktirilsa, u vaqtda trubka tashqi momentning katta ulishini qabul qiladi (X kichik bo'ladi) va natijada M miqdori kichik bo'lib qoladi.

Mustaqil yechish masalalar

7-misol. po'lat brus I – I kesimining buralish burchagi aniqlansin (12-rasm)

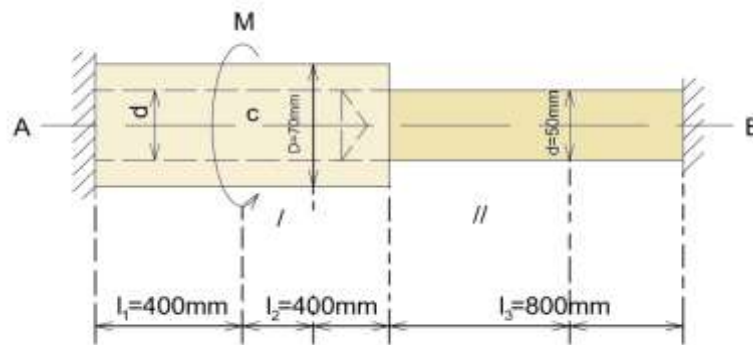
$$G = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}; \text{ Javobi } \varphi_{I-I} \approx 36 \cdot 10^{-7} \text{ rad}$$



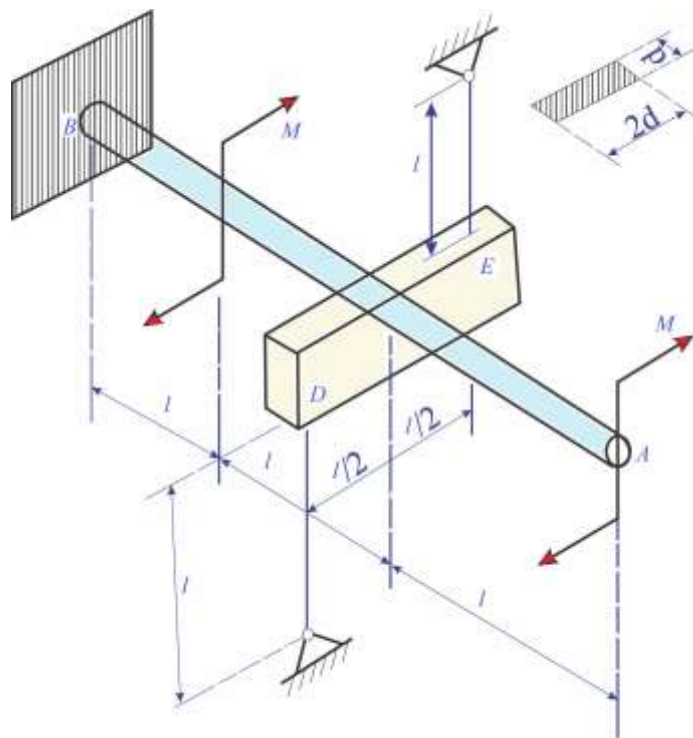
8-misol. Po'lat va misdan yasalgan ikkita trubkaning uchlari mahkam qilib biriktirilgan. Trubka 14-rasmda ko'rsatilganidek burovchi momentlar bilan yuklangan. Trubkaning ko'ndalang kesimlarida hosil bo'ladigan eng kata urinma kuchlanishlar aniqlansin. $G_p = 2G_m$ qabul qilinsin. Javobi; $\tau_m = 60 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$; $\tau_p = 131 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$;

8-misol. Ikkala uchi bilan qattiq mahkamlangan va M_b burovchi moment bilan yuklangan brus deformatsiyasining potensial energiyasi aniqlansin. $U = 0,32 \cdot \frac{M_b^2}{Gd^4}$

9-misol. brusning C kesimiga qo'yilgan M_b momentning maksimal ruxsat etilgan miqdori topilsin (15-rasm) $[\tau] = 900 \frac{kg}{sm^2}$; Javobi $M \approx 52 \cdot 10^3 kg \cdot sm$



10-misol. Bir uchi mahkamlangan va ikkinchi uchi tomonidan polosa ko'rinishidagi ikki tortqi (uchlari sharnirlar bilan mahkamlangan) bilan ushlab turiladigan brus ikki M_b moment bilan buraladi (16-rasm).



Tortqining ko'ndalang kesimidagi kuchlanish σ brus ko'ndalang kesimidagi eng katta kuchlanish τ_{\max} aniqlansin. Tortqilar brusga qattiq biriktirilgan absolyut qattiq DE ko'ndalang jismga mahkamlangan. $E=2,5G$, $l=10d$ deb qabul qilinsin .

$$\text{Javobi: } N = \frac{0,15M}{d} \quad \sigma = \frac{0,15 \cdot M}{2d^3} \quad \tau_{\max} = \frac{0,15 \cdot M}{2d^3}$$

4.§ Ko'ndalang kesimi doiraviy bo'lmagan to'g'ri brusning buralishi

To'g'ri to'rtburchak kesimli brusning buralishida, buralish burchagi va eng katta urinma kuchlanishi quyidagi formula yordamida aniqlanadi;

$$\varphi = \frac{M_b l}{GJ_b}; \quad \tau_{\max} = \frac{M_b}{W_b};$$

Bu yerda τ_{\max} - to'g'ri to'rtburchak katta tomonining o'rtasi bo'yicha kuchlanishi J_b va W_b qiymatlari ushbu formuladan aniqlanadi.

$$J_b = ab^3h; \quad W_b = \beta b^2h;$$

Bu yerda b - to'g'ri to'rtburchak kichik tomonining, h - katta tomonining o'lchami.

To'g'ri to'rtburchak katta tomoninig o'rtasi bo'yicha kuchlanishi quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$\tau_1 = \gamma \tau_{\max}$$

Bu yerda α , β va γ koeffitsentlar tomonlarning nisbatiga bog'liq bo'ladi, ularning qiymati 1-jadvalda keltirilgan.

$\frac{h}{b}$	1	1,5	2	3	4	5	8	10	∞
α	0,141	0,196	0,229	0,263	0,281	0,291	0,307	0,313	0,333
β	0,208	0,231	0,246	0,267	0,282	0,291	0,307	0,313	0,333
γ	1,0	0,859	0,795	0,753	0,745	0,743	0,742	0,742	0,74

Ko'ndalang kesimi burchaklik, tavr va qo'shtavr, shveller va x.o ko'rinishda bo'lgan bruslar, buralishga hisoblanganda to'g'ri to'rtburchak kesimli brusning hisoblash formulalaridan foydalaniladi.

Bunda J_b bikrlikning geometrik xarakteristikasi quyidagi formula yordamida aniqlanadi;

$$J_\delta = \eta \frac{1}{3} \sum h \delta^3$$

Bu yerda b va h kesimni tashkil etuvchi har bir to'g'ri to'rtburchakning mos ravishda kichik va katta tomonlari.

η -koeffitsenti kesimning shakliga bog'liq bo'lib, u

burchakli kesim uchun $\eta = 1,00$

qo'shtavr kesim uchun $\eta = 1,20$

tavrli kesim uchun $\eta = 1,15$

shvellerli kesim uchun $\eta = 1,12$

Mustahkamlikning geometrik xarakteristikasi (buralishda qarshi momenti) quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$W_b = \frac{\frac{1}{3} \sum h \delta^3}{\delta_{\max}} = \frac{J_b}{\eta \delta_{\max}}$$

bu yerda δ_{\max} - kesimni tashkil etish bo'yicha to'rtburchaklardan eng kattasining qalinligi

Yubqa devorli yopiq profilli bruslarni burarishga hisoblashda urinma kuchlanish devori qalinligi bo'yicha bir tekis taqsimlangan deb faraz qilinadi.

Eng katta urinma kuchlanish quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_b}{2F_0 \delta_{\min}}$$

bu yerda F_0 -profilning o'rta chizig'i bilan chegaralangan yuzasi;

δ_{\min} -devorni minimal qalinligi;

Brusning uzunligi bo'yicha o'zgarmas burovchi moment ta'sir etganda buralish burchagi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{M_b l}{4GF_0^2 \delta} \int_s \frac{ds}{\delta};$$

bu yerda ds -profilning o`rta chizig`i elementi. Integrallash profili o`rta chizigi uzunligi bo`yicha olinadi. Hususiy holda, devor qalinligi o`zgarmas bo`lgan Profil uchun oldingi formuladan quyidagini topamiz:

$$\varphi = \frac{M_b l s}{4GF_0^2 \delta}$$

bu yerda S -profilning o`rta chizigining uzunligi. Yupqa devorli doiraviy xalqa uchun (devor qalinligi δ ning halqa o`rtacha diametri $D_{o`rt}$ ga nisbati $\frac{\delta}{D_{o`rt}} \leq 0,1$ bo`lganda)

$$F_0 = \frac{\pi D_{o`rt}^2}{4}$$

$$S = \pi D_{o`rt}$$

11-misol. Uzunliklari $l = 1m$ va ko`ndalang kesimi o`lchamlari 2×6 sm bo`lgan to`gri to`rtburchakdan iborat Po`lat sterjen uchlariga $M_b = 30kg \cdot m$ burovchi moment qo`yilgan

- 1) katta tomonning ta`sir etuvchi urinma kuchlanish kattaligi (τ_{max});
- 2) kichik tomonning o`rtasiga ta`sir etuvchi urinma kuchlanish kattaligi (τ_1);
- 3) sterjenning buralish burchagi aniqlansin.

Yechish. To`g`ri to`rtburchak tomonlarining nisbati

$$\frac{h}{b} = \frac{6}{2} = 3$$

jadvaldan α , β va γ koeffitsentlarning qiymatlarini ko`chiramiz hamda bikrlilik va mustahkamlik geometrik xarakteristikalarini aniqlaymiz:

$$J_s = ab^3 h = 0,263 \cdot 2^3 \cdot 6 = 12,64sm^4$$

$$W_s = \beta b^2 h = 0,267 \cdot 2^2 \cdot 6 = 6,41sm^3$$

maksimal urinma kuchlanish (uzun tomonning o`rtasiga ta`sir etuvchi)

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\delta}}{W_{\delta}} = \frac{3000}{6,41} = 468 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

Bunda $M_b = M$ qisqa tomonning o'rtasiga ta'sir etuvchi urunma kuchlanish

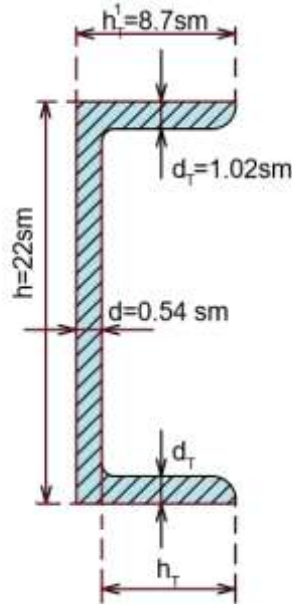
$$\tau_1 = \gamma \tau_{\max} = 0,753 \cdot 468 = 352 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

stergenning buralish burchagi

$$\varphi = \frac{M_b \cdot l}{J_b \cdot G} = \frac{3000 \cdot 100}{12,64 \cdot 8 \cdot 10^5} = 0,0295 \text{ radian} = 1,7^\circ$$

12-misol. 22a raqamli shvellerdan yasalgan sterjen uchlarini ko'ndalang kesimlariga qo'yilgan moment $M_b = 600N \cdot m$ bilan buraladi. Sterjenning ko'ndalang kesimlarida yuzaga keladigan eng katta urunma kuchlanish aniqlansin.

Yechish. Sortiment jadvali (8240-56 DAST)dan sterjenning ko'ndalang kesimining o'lchamlarini topamiz. (17-rasm).



Devorning o'lchami $h_D = 220mm$, $\delta_D = 5,4mm$ bir tokchasining o'ynashlari $h_T = 81,6mm$ mm (tokchanning to'la enidan devor qalinligi ayiramiz), $\delta_T = 10,2mm$ Buralishda bikrlk ning geometriyasi xarakteristikasi aniqlaymiz (avvalgi betda keltirilqan ma'lumotlarga asosan, $\eta = 1,120$ ni qabul qilib):

$$J_b = \eta \frac{1}{3} \sum h \delta^3 = 1,12 \cdot \frac{1}{3} (220 \cdot 5,4^2 + 2 \cdot 81,6 \cdot 10,2^3) = \\ = 77,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^4 = 77,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$$

Mustahkamlikning geometrik xarakteristikasi

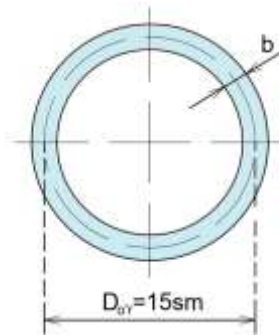
$$W_b = \frac{J_b}{\eta \cdot \delta_{\max}} = \frac{77,4 \cdot 10^{-9}}{1,12 \cdot 10,2 \cdot 10^{-3}} = 6,79 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Eng katta(maksimal) urinma kuchlanish(eng qalin to'g'ri to'rtburchak, birini olib turgan holda tokcha uzun tomonlarining o'rtasida joylashgan nuqtalarda hosil bo'ladi):

$$\tau_{\max} = \frac{M_b}{W_b} = \frac{600}{6,79 \cdot 10^{-6}} = 88,4 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 88,4 \frac{\text{mN}}{\text{m}^2}$$

bu yerda $M = M_b$ deb olingan.

13-misol. O'rtacha diametri $D_{o'rt} = 15 \text{ sm}$ bo'lgan yupqa devorli quvur(truba)ning ko'ndalang kesimida $M_b = 50 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{sm}$ burovich moment hosil bo'ladi (18-rasm).



Quvurlar ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan urinma kuchlanish $[\tau] = 600 \text{ kg} / \text{sm}^2$ dan oshmasligi uchun devorning qalamligi δ qanday bo'lishi kerak?

Agar $G = 8 \cdot 10^5 \text{ kg} / \text{sm}^2$ shunday bo'lsa, $l = 1 \text{ m}$ uzunlikda burilish burchagi topilsin.

Yechish. Mustahkamlik shartidan

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\phi}}{2F_0 \delta} \leq [\tau]$$

izlanayotgan quvur(truba) devorining qalinligini aniqlaymiz:

$$\delta \geq \frac{M_{\delta}}{2F_0[\tau]}$$

bu yerda $F_0 = \frac{\pi D_{o'rt}^2}{4}$ -o'rtacha diametri $D_{o'rt}$ bo'lgan doira yuzi.

$$\text{Demak } \delta \geq \frac{50 \cdot 10^3 \cdot 4}{2 \cdot \pi \cdot 15^2 \cdot 600} = 0,236 \text{ sm}$$

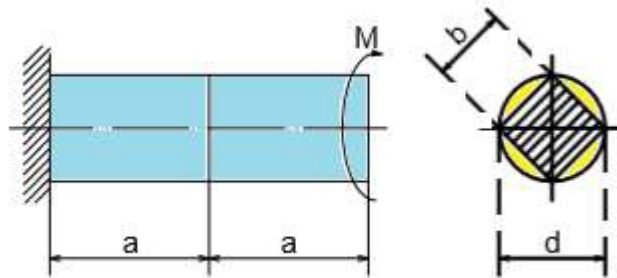
Yaxlitlab, $\delta = 2,5 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz.

Buralish burchagini avvalgi sahifalarda keltirilgan formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$\varphi = \frac{M_b \cdot l_s}{4 \cdot G \cdot F_0^2 \cdot \delta} = \frac{50 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 3,14 \cdot 15}{4 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{3,14}{4}\right)^2 \cdot 15^4 \cdot 0,25} = 0,00942 \text{ rad}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar.

11-misol. Val o'ng qismining ko'ndalang kesimi kvadrat shaklida (19-rasm). Val bu qismining mustahkamligi ko'ndalang kesimi doira shaklidagi chap qismining mustahkamligidan qancha (foizlarda) kam bo'ladi?. Javobi: 62,4%.



12-misol. Ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchak bo'lgan buroluvchi brus kesimi yuzasining to'liq to'rtburchak tomonlarining nisbat $h:b$ ga bogliq bo'lgan grafika mustahkamlik shartiga ko'ra burovchi momentning ruxsat etilgan miqdori o'zgarmas hol uchun yasalsin.

Ko'rsatma; $h: b$ ga 1, 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 8,10 qiymatlar berib grafik yasalsin. Kvadrat kesim yuzasi bir birlik uchun qabul qilinsin. Javobi; 1.63

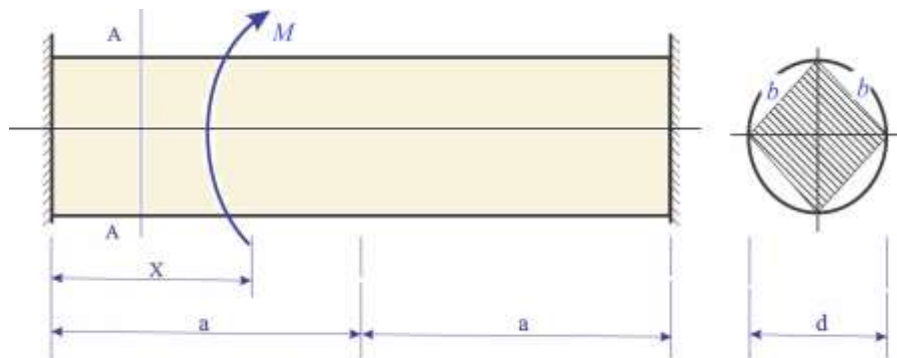
13-misol. $h:b$ nisbat uchun brus bikrligi teng deb qabul qilib, avvalgi masalada ko`rsatilgan grafik yasalsin. avvalgi masalaga oid ko`rsatmaga qarang.

Javobi. 2,12

14-misol. Agar brusning ko`ndalang kesimda $M_b = 120 \text{ kg} \cdot \text{m}$ burovchi momenti hosil bo'lsa, mustahkamlik va bikrlilik shartlaridan foydalanib, brus kvadrat ko`ndalang kesimi tamonining o'lchami aniqlansin. Ruxsat etilgan kuchlanish $[\tau] = 600 \text{ kg} / \text{sm}^2$ ruxsat etilgan burilish burchagi $[\varphi_0] = 1,0 \text{ gradus} / \text{m}$, $G = 8 \cdot 10^5 \text{ kg} / \text{sm}^2$

Javobi. 50 mm.

15-misol. Ikkinchi uchi bilan katta mahkamlangan brus birinchi yarmining ko'ndalang kesimi kvadrat, ikkinchi yarminiki esa doiradir (20-rasm).



Mahkamlangan kesimlarda hosil bo`ladigan reaktiv momentlarning bir xilda bo'lishlik shartidan foydalanib, x_0 masofa aniqlansin.

Javobi. $0,678a$.

5-§. O'q bo'ylab yuklagan kichik qadamli vintsimon silindr prujinalarni hisoblash.

Doiraviy kesimli simdan o'ralgan prujinaning cho'zilish yoki siqilishga mustahkamlik sharti quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\tau_{\max} = k \frac{8 \cdot P \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq [\tau]$$

bu yerda P-prujinaning o`qi bo'ylab ta`sir etuvchi tashqi kuchlar

D-prujinaning o'rtacha diametri;

d- prujinaning o'ramining diametri;

k-o'ram egriligi va ko'ndalang kuch ta'sirini ifodalovchi tuzatish koeffitsienti. Uning miqdori asosan prujinaning indeksiga bog`liq

$$C_n = \frac{D}{d}$$

va uni quyidagi berilganlar bo`yicha qabul qilish mumkin:

C_n	4	5	7	8	10	12
k	1,37	1,29	1,24	1,17	1,14	1,11

Prujina balandligining o`zgarishi λ (cho`zilishda uzayishi yoki siqilishda kichrayishi-cho`kishi) quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{8 \cdot P \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4}$$

bu yerda n-prujina ishchi oramlarining soni; G-siljish moduli.

Kvadrat kesimli simdan o'ralgan prujinaning mustahkamlik sharti:

$$\tau_{\max} = k_1 \frac{P \cdot D}{2 \cdot \beta \cdot d^3} \leq [\tau]$$

bu yerda k_1 - prujina diametri (D)ni o`ram kesimining tomoni nisbatiga bog`liq ravishda quyidagi berilganlarga ko'ra aniqlanadigan tuzatish koeffitsenti:

$\frac{D}{b}$	4	5	7	8	10	12
k_1	1,33	1,26	1,21	1,16	1,13	1,1

koefitsient $\beta = 0,208$ (1-jadvalga qarang). Prujina balandligining o'zgarishi

$$\lambda = \frac{P \cdot D^3 \cdot \pi \cdot n}{4 \cdot G \cdot a \cdot b^4}$$

bu yerda $\alpha = 0,141$ (5.1-jadvalga qarang)

9-misol. Bir xil D o'rtacha diametri ikki silindr vintsimon prujinaning biri ikkisidan shu bilan farq qiladiki, birinchi doiraviy kesimli, ikkinchi kvadrat kesimli simdan tayyorlangan. Prujinalarda miqdori bir xil maksimal urinma kuchlanishlar hosil bo'ladi. Bu ikki prujinaning og'irligi va uzayishi solishtirilsin. k - koefitsient ikkala prujina uchun bir xil deb hisoblansin.

Yechish. Prujinalar o'girliklari simlarining ko'ndalang kesim yuzalari o'lchamiga proporsional bo'ladi. Shuning uchun har bir prujina simlarining ko'ndalang kesim yuzalarini aniqlash kerak.

Doiraviy kesimli simdan, yasalgan prujina uchun

$$\tau_{\max} = k \frac{8 \cdot P \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

kvadrat kesimli simdan yasalgan prujina uchun

$$\tau_{\max} = k \frac{P \cdot D}{2 \cdot \beta \cdot b^3} = k \frac{P \cdot D}{2 \cdot 0,208 \cdot b^3}$$

tenglamalarning chap tomonlari (τ_{\max}) shartga ko'ra teng bo'lg'ani uchun

$$\frac{\pi d^3}{8} = 2 \cdot 0,208 \cdot b^3 \text{ bo'ladi. Bundan}$$

$$b = d \cdot \sqrt[3]{\frac{\pi}{16 \cdot 0,208}} = 0,981 \cdot d.$$

kesim yuzalarining nisbati

$$\frac{F_{doira}}{F_{kvadrat}} = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{b^2} = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{0,981^2 \cdot d^2} = 0,816$$

doiraviy kesimli simdan tayyorlangan prujina kvadrat kesimli simdan tayyorlangan prujinadan taxminan 19% ga yengilroq.

Doiraviy kesimli simdan tayyorlangan uzayishi

$$\lambda_1 = \frac{8P \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4}$$

kvadrat kesimli simdan tayyorlangan prujinaning uzayishi

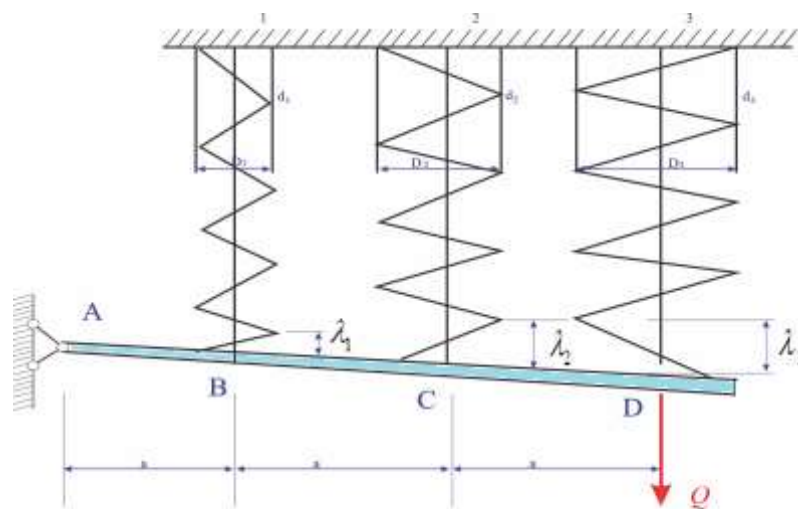
$$\lambda_2 = \frac{P \cdot D^3 \cdot \pi \cdot n}{4G \cdot a \cdot b^4}$$

uzayishlarining nisbati

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{32ab^4}{\pi d^4} = \frac{32 \cdot 0,141 \cdot b^4}{\pi \cdot d^4} = \frac{32 \cdot 0,14 \cdot (0,981)^4}{3,14} = 1,31$$

10-misol. O'ramlar soni bir xil bo'lgan uchta prujinaga osilgan biki(qattiq) AD richagga $Q=400$ kg kuch qo'yilgan (22-rasm). Har bir prujina uchun shunday diametri sim tanlash kerakki, natijada ulardagi kuchlanish bir xil va $[\tau]=5000\text{kg}/\text{sm}^2$ teng bo'lsin. Prujinalar o'ramlarning o'rtacha diametrlari: $D_1 = 6\text{sm}$, $D_2 = 8\text{sm}$, $D_3 = 10\text{sm}$.

Barcha prujinalar uchun tuzatish k-koeffitsiyentini birga teng deb olinsin.



5.22-rasm

Yechish. Masalan ikki marta statik aniqlash: sharnirda vertikal reaksiya hosil bo'ladi; bundan tashqari balkaga prujinalar tomonidan uchta vertikal reaktiv kuch hosil qiladi, demak, noma'lumlarning umumiy soni to'rtga teng, statika va tekislikdagi parallel kuchlar sistemasi uchun ikkita muvozanat tenglamasini beradi. Ularning bittasidan foydalanamiz, chunki sharnirdagi reaksiyasini aniqlashning hojati yo'q:

$$\begin{aligned}\sum m_A = 0; \quad Q \cdot 3a = P_1 \cdot a + P_2 \cdot 2a + P_3 \cdot 3a \text{ yoki} \\ P_1 + 2P_2 + 3P_3 = 3Q = 1200kg\end{aligned}\quad (1)$$

ikkitadan siljishlar tenglamasini esa, birgalikda quyidagicha ko'rinishda yozish qulaydir:

$$\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = a : 2a : 3a = 1 : 2 : 3$$

yoki

$$\frac{8P_1 D_1^3 n}{G d_1^4} : \frac{8P_2 D_2^3 n}{G d_2^4} : \frac{8P_3 D_3^3 n}{G d_3^4} = 1 : 2 : 3$$

bundan

$$\frac{27P_1}{d_1^4} = \frac{64P_2}{2d_2^4} = \frac{125P_3}{3d_3^4}; \quad (2)$$

prujinada hosil bo'ladigan kuchlanishlarning o'zaro tenglik shartidan ham foydalanamiz:*

$$\tau_{1\max} = \tau_{2\max} = \tau_{3\max} = [\tau]$$

yoki

$$\frac{8P_1 \cdot D_1}{\pi d_1^4} = \frac{8P_2 \cdot D_2}{\pi d_2^4} = \frac{8P_3 \cdot D_3}{\pi d_3^4}$$

bundan

$$\frac{3P_1}{d_1^3} = \frac{4P_2}{d_2^3} = \frac{5P_3}{d_3^3}; \quad (3),$$

(1), (2), (3) tenglamalar sistemasini yechib quyidagilarni topamiz

$$P_1 = 1,9 \cdot P_2 = 2,1 \cdot P_3 \quad \text{va} \quad P_1 = 345 \text{kg}$$

U vaqtda

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{8P_1 \cdot D_1}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 345 \cdot 6}{\pi \cdot 5000}} = 1,02 \text{sm}$$

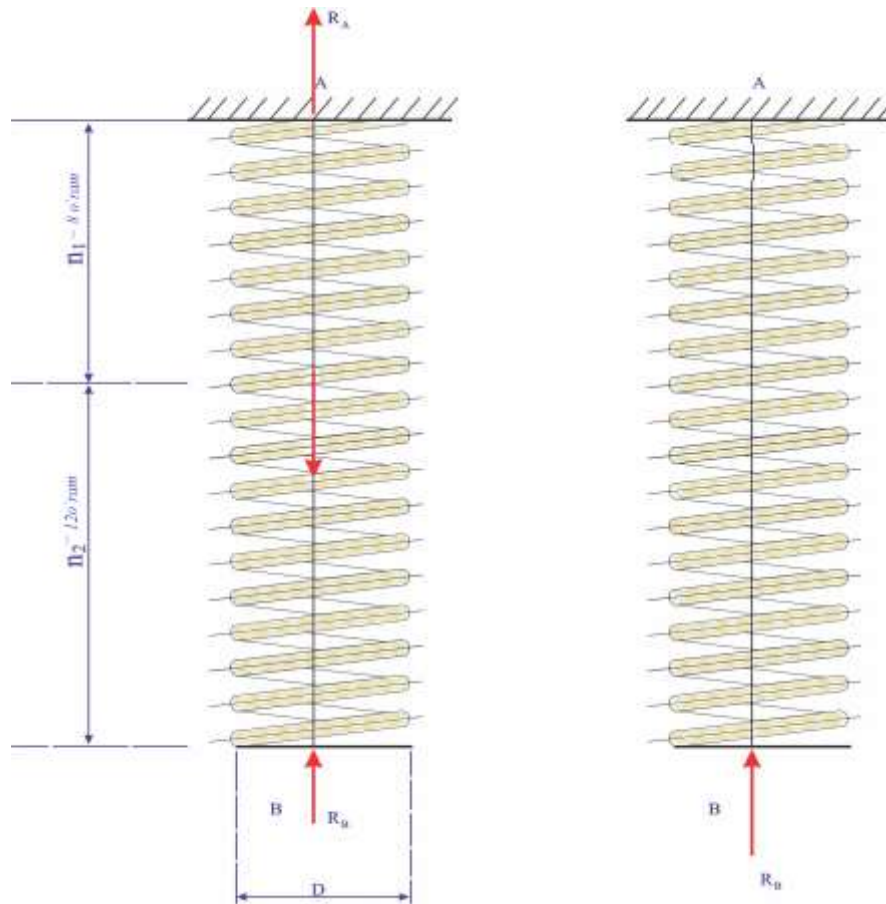
$$d_2 = \frac{8}{9} \cdot d_1 = 0,907 \text{sm}; \quad d_3 = \frac{25}{27} \cdot d_1 = 0,944 \text{sm}$$

shuni ta'kidlash kerakki, agar prujina diametrlari yaxlitlansa (aslini aytganda, texnologik mulohazalarga ko'ra bu zarurdir), u vaqtda prujinalar mustahkamligining tengligi sharti bajarilmaydi; ularda hosil bo'ladigan zo'riqishlar tabiiyki, yuqorida topilganlardan farq qiladi.

Agar $d_1 = 10 \text{mm}$, $d_2 = 9 \text{mm}$, $d_3 = 9,5 \text{mm}$. deb qabul qilinsa, u vaqtida zo'riqish va kuchlanishning miqdori (ishlatilgan) qanchalik o'zgarishini aniqlash bir muncha qiziqarlidir. Buni hisoblab ko'rishni talabalarga tavsiya qilamiz.

* *Prujinalardagi zo'riqishlarning o'rganish uchun ularning bikrlilari nisbati ma'lum bo'lishi kerak. Ko'rib chiqilayotgan masalani xosligi shundaki, ko'rsatilgan nisbat oshkor formada berilmagan (prujina tayyorlangan sim diametri noma'lum), lekin uni prujinalarning mustahkamligining tenglik sharti almastiradi.*

11-misol. Diametri $d = 20 \text{mm}$ li ko'ndalang kesimi doiraviy simdan tayyorlangan, diametri $D = 200 \text{mm}$ bo'lgan silindr vintsimon prujina ikkila uchi bilan mahkamlab qo'yilgan. Uning C nuqtasiga $P = 400 \text{kg}$ kuch qo'yilgan (23 rasm, a). Agar $G = 8 \cdot 10^5 \text{ kg/sm}^2$ bo'lsa, u holda prujinadagi eng katta urinma kuchlanish va C nuqtaning siljishi aniqlansin.



Yechish. Masalani yechish uchun prujinaga mahkamlangan A va B nuqtalarda hosil bo`ladigan reaktivlarini aniqlash zarur. Statikada faqat bitta muvozanat tenglamasini yozishga imkoniyat beradi:

$$R_A + R_B = P$$

shunday qilib, masala bir marta statik aniqmas.

Ikkinchi (yetishmaydigan) tenglamani tuzish uchun deformatsiya shartidan foydalanamiz.

Prujinani bog'lashning biridan (masalan, pastkidan) ozod qilamiz va uning ta`sirini R_B , kuch bilan almashtiramiz, ya`ni 23-rasm, b da tasvirlangan kuchlarning ta'sirining sxemada hosil qilamiz.

Prujinaning pastkalari uchi P kuch ta`sirida pastga siljishi - λ_p , R_B kuch taqsimida esa- λ_B , yuqoriga siljishi kerak.

Aslida esa, prujinaning B uchini mahkamlanganligi sababli, u yuqoriga ham, pastga ham siljiy olmaydi, demak,

$$|\lambda_p| = |\lambda_{R_B}| \text{ (siljish tenlamasi)}$$

bu yerda

$$\lambda_p = \frac{8PD^3n_1}{Gd^4}; \quad \lambda_{R_B} = \frac{8R_B \cdot D^3 \cdot (n_1 + n_2)}{G \cdot d^4}$$

o'rniga qo'ygandan keyin quyidagini topamiz:

$$\frac{8P \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4} = \frac{8R_B \cdot D^3 \cdot (n_1 + n_2)}{G \cdot d^4}$$

bundan

$$R_B = P \frac{n_1}{n_1 + n_2} = 400 \frac{8}{20} = 160 \text{ kg}$$

$$R_A = P - R_B = 400 - 160 = 240 \text{ kg}$$

shunday qilib, prujina CA uchastkada $R_A = 240 \text{ kg}$ kuch bilan cho'zilgan, CB uchastkada esa $R_B = 160 \text{ kg}$ kuch bilan siqiladi.

Demak, eng katta kuchlanishlar prujinaning CA uchastkasidagi ko'ndalang kesimda hosil bo'ladi. Bu kuchlanishlarni aniqlaymiz:

$$\tau_{\max} = k \frac{8 \cdot R_A \cdot D}{\pi \cdot d^3} = 1,14 \frac{8 \cdot 240 \cdot 20}{\pi \cdot 2^4} = 872 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

Bu yerda $C_n = \frac{D}{d} = \frac{20}{2} = 10$ bo'lganda avvalgi betda keltirilgan qiymatlar bo'yicha $k = 1,14$

Prujina bilan C nuqtasining pastga siljishi λ_c prujina yuqori CA qismining uzayishiga teng bo'ladi:

$$\lambda_c = \frac{8R_A D^3 n_1}{Gd^4} = \frac{8 \cdot 240 \cdot 20^3 \cdot 8}{8 \cdot 10^5 \cdot 2^3} = 9,6 \text{ sm}$$

ravshanki, shu natijani λ_c bilan siljish qiymati pruzina pastki CB qismining qisqarshisiga teng ekanligini e'tiborga olib ham hosil qilish mumkin edi.

Mustaqil yechish uchun masalalar.

17-misol. Ko'pincha kesimi doiraviy simdan o'ralgan silindrik vintsimon prujinaning o'rtacha diametri $D=40mm$. Agar eng katta siquvchi kuch $P=100kg$ bunga prujinaning qisqaririshi cho'kishi $\lambda=30mm$) bo'lsa, simning diametr d va o'ramlar soni- n topilsin. Ruxsat etilgan kuchlanish $[\tau]=4800\frac{kg}{sm^2}$.

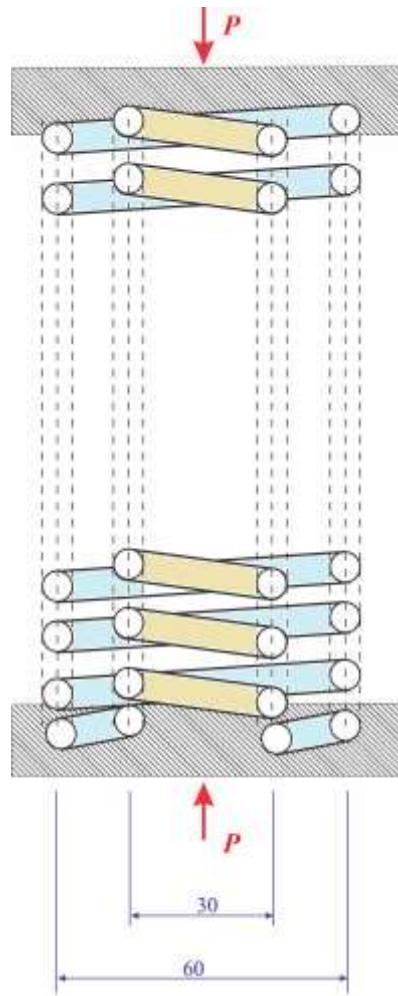
Siljish moduli $G=8\cdot 10^5\frac{kg}{sm^2}$, $k=1.0$ deb qabul qilinsin.

Javobi. $d=6mm, n=6$

18-misol. 15×15 mm kvadrat kesimli po'lat simdan tayyorgan vintsimon prujina 16 o'ramga va $D=12sm$ o'rtacha diametrga ega. Agar $[\tau]=3000\frac{kg}{sm^2}$ bo'lsa, o'qiy yuklanishi ruxsat etilgan qiymati- P aniqlansin. Prujina ruxsat etilgan kuch bilan yuklanganda uning cho'kishi hisoblansin. $G=8\cdot 10^5\frac{kg}{sm^2}$

Javobi. $[P]=303kg; \lambda=11,6 sm$

19-misol. Bir xil balandlikka va bir xil o'ramlar soniga $n_1=n_2=10$ ega bo'lgan ikki prujinaning biri ikkinchini ichiga qo'yilgan kontsentrik prujina). Prujinalar 24-rasmda ko'rsatilganidek, $P=90kg$ kuch bilan siqiladi. Agar $[\tau]=5000\frac{kg}{sm^2}$ bo'lsa, prujinaning mustahkamligi tekshirilsin. $G=8\cdot 10^5\frac{kg}{sm^2}$ deb qabul qilib, prujinaning cho'kishi aniqlansin.



Javobi; $\tau_{2\max} = 5480 \frac{kg}{sm^2}$; (prujina 9,6% ortiqcha yuklangan).

$$\tau_{2\max} = 1420 \frac{kg}{sm^2}; \lambda = 30,9mm$$

Foydalanilgan adabiyotlar ro`yhati:

1. Абдурашидов К.С., Ходжиметов А.И., Ёқубов Ш.М. Бикрлиги катта бўлган устунларни номарказий чўзилиш ва сиқилишга ҳисоблаш. – Тошкент, 2003. – 20 б.
2. Байдуллаев Б., Хамраев П.Х. Устунни устиворликка ҳисоблаш. – Тошкент, 1991. – 9 б.
3. Брюзгин С.Ф., Рахимбаев А.Г. Методические указания и задания к выполнению домашней расчетно-графической работы по сопротивлению материалов. Ташкент, 1991. – 19 с.
4. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1975. – 430 с.
5. Мансуров К.М. Материаллар қаршилиги курси. – Тошкент: Ўқитувчи, 1983. – 480 б.
6. Материаллар қаршилигидан ўқув қўлланма / Хамраев П.Х., Ёқубов Ш.М. ва б. - Тошкент, 1996. – 73 б.
7. Смирнов А.Ф. Материаллар қаршилиги. – Тошкент: Ўқитувчи, 1988. – 460 б.
8. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1979. – 537 с.
9. Эшметов Л.Х., Ляшко В.К. Материаллар қаршилиги курси бўйича методик кўрсатма. Балкани ҳисоблаш. – Тошкент, 1991. – 28 б.
10. Қорабоев Б. Материаллар қаршилигидан масала ечишга доир қўлланма. – Тошкент, 1978. – 80 б.