

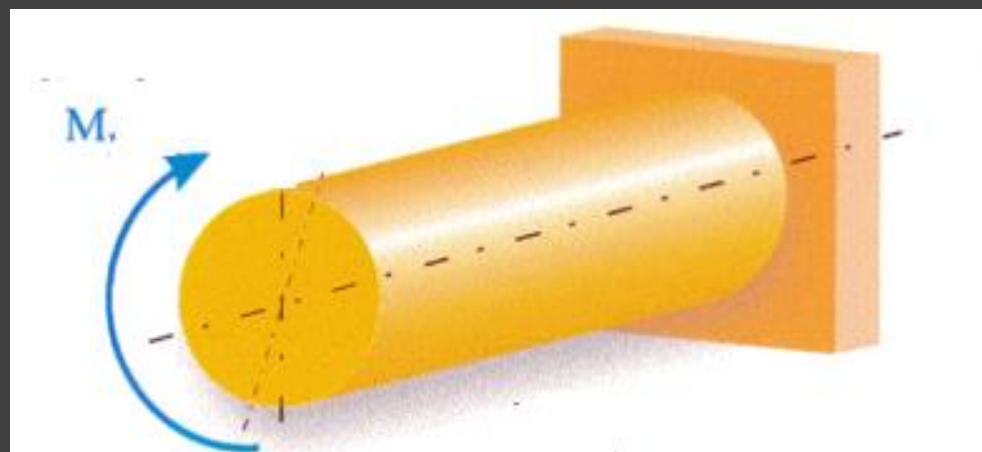
To'g'ri brusning  
buralishi

# Reja:

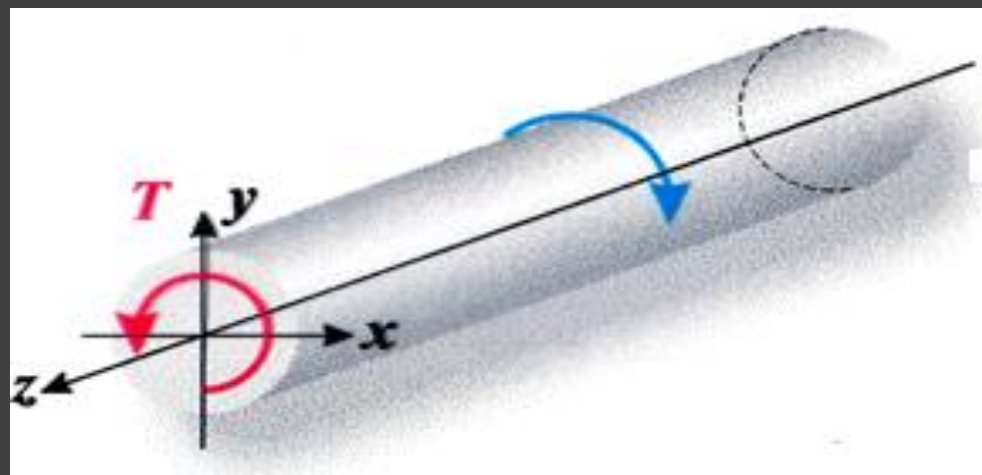
1. Buralish. Umumiy tushunchalar.
2. Burovchi moment. Burovchi moment epyuralarini qurish.
3. Buralishdagi mustahkamlik sharti.
4. Buralishdagi potentsial energiya
5. Buralishdagi asosiy kuchlanishlar.
6. Buralishda statik noaniq masala

# 1. Buralish. Umumiy tushunchalar.

O'qiga tik tekisliklarda uchlariga teng va qarama-qarshi yo'nalgan kuchlar jufti  $M$  qo'yilgan g'o'lachaning deformatsiyalanishi **buralish** deb ataladi.



Buralishda g'o'lachaning ko'ndalang kesimlarida burovchi momentlar  $T$  vujudga keladi. Buralishga ishlaydigan to'g'ri g'o'lacha **val** deb ataladi.



Shakldan ko'rinib turibdiki, burovchi moment to'plangan kuchdan juft kuchdan hosil bo'lishi mumkin. Burovchi moment kesish usuli yordamida topiladi. Sterjen ixtiyoriy kesimining bir tomonida qolgan tashqi kuchlardan hosil bo'ladigan momentlar yig'indisi burovchi moment deyiladi.

## 2. Burovchi moment. Burovchi momentlarni epyuralarni qurish.

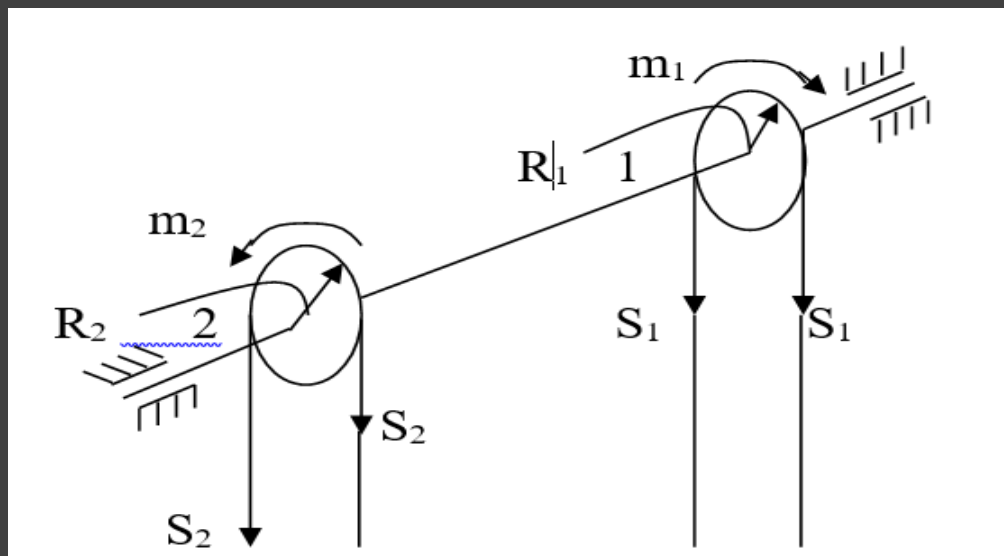
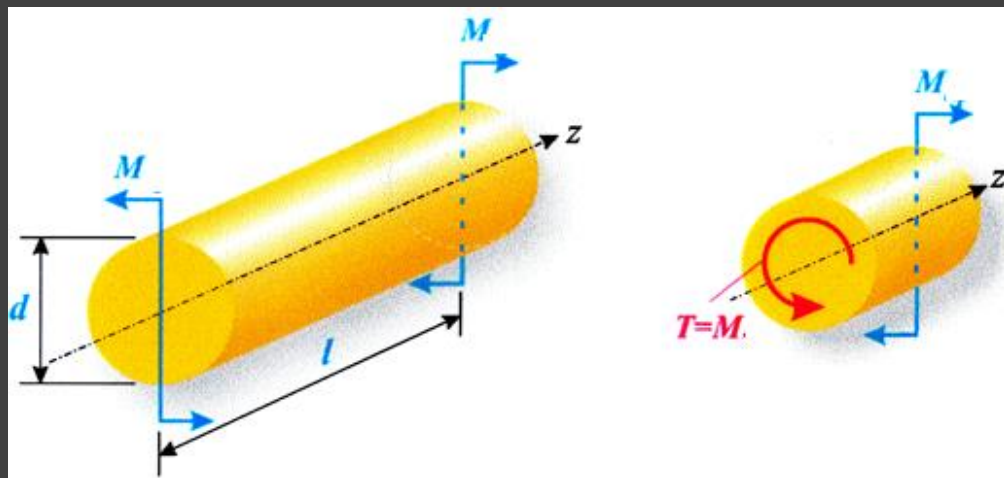
Buralishda g'ovlarning ko'ndalang kesimlarida burovchi momentlar  $T$  vujudga keladi.

Podshipniklarga tayanadigan va ikki shkiv maxkamlangan valni ko'rib chiqamiz (2-rasm). Tasmali uzatma orqali elektr dvigatelga biriktirilgan shkiv 1 valni aylantiradi, shkiv 2 tasmali uzatma orqali xarakatini stanokka uzatadi. Tasmali uzatma yetakchi va yetaklanuvchi tarmoqlarining taranglanish kuchlari xar xilligi tufayli val aylanadi.

Tasma yetakchi tarmog'ining taranglanish kuchi  $S$  yetaklanuvchi tarmog'ining kuchi  $s$  dan katta. Bu kuchlar shkivlarda xar xil tomonga yo'nalgan kuchlar jufti  $m$  ni vujudga keltiradi:

$$1 \text{ shkivda } m_1 = (S_1 - s_1) R_1,$$

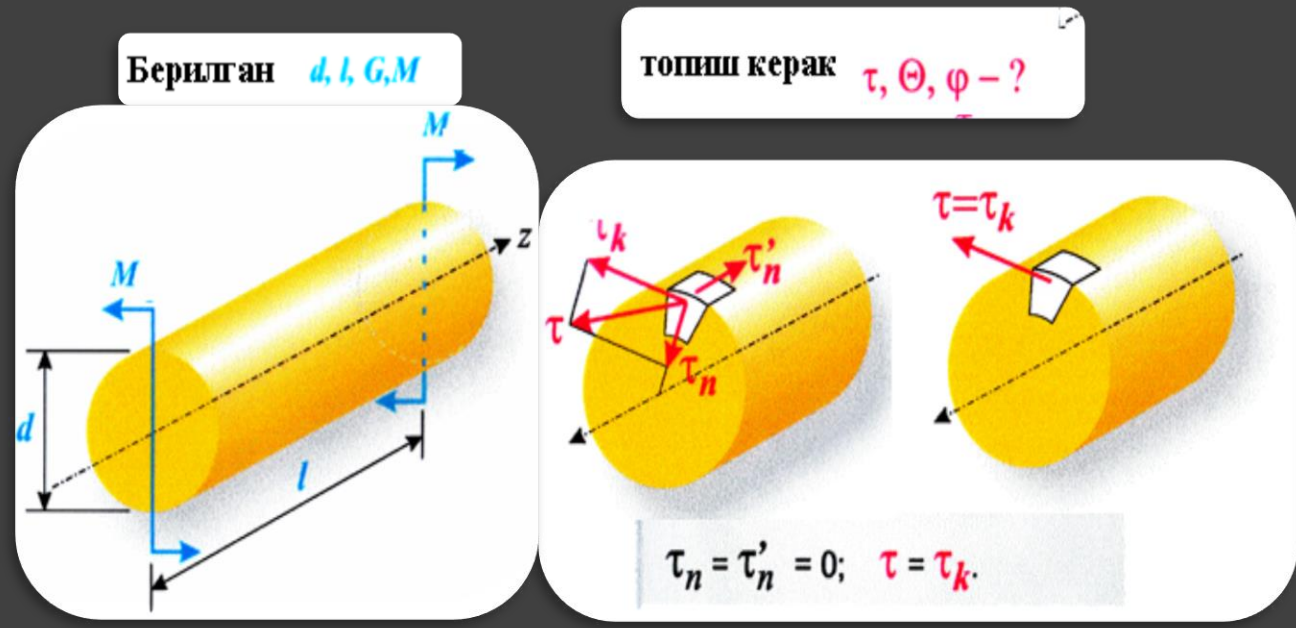
$$2 \text{ shkivda } m_2 = (S_2 - s_2) R_2.$$



Shkivlar bir tekis aylanganda podshipniklardagi ishkalanishni xisobga olmaganda

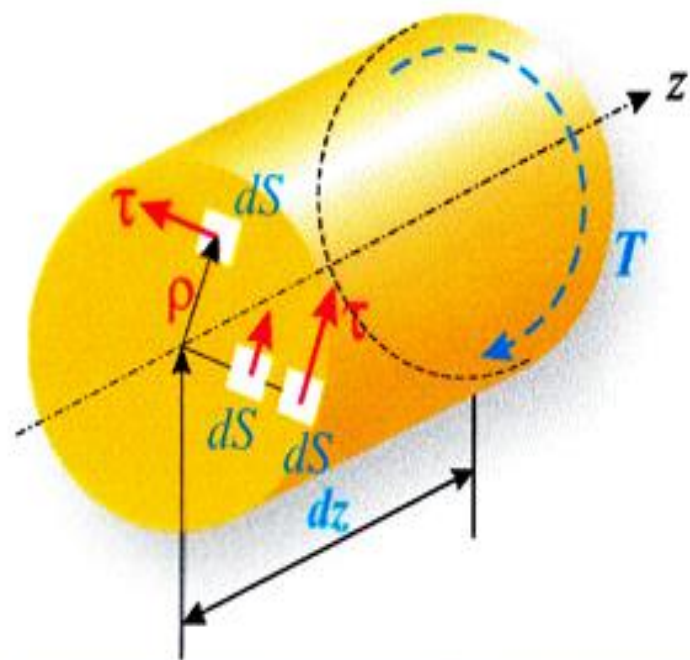
$$m_1 = m_2 = T. \quad (7.2.1)$$

Valning shkivlar orasidagi kismi buraladi. Valning umuman konstruktsiyalarning buralishdagi mustaxkamligini hisoblashda xavfli kesimdagi burovchi momentni aniqlash zarur. Buning uchun burovchi moment epyurasi chiziladi. Buruvchi moment epyurasi valda hosil bo'ladigan burovchi momentlarning val o'qi bo'yicha o'zgarishini ko'rsatuvchi grafikdir. Valga ta'sir qiladigan tashqi momentlarni tekkislikda ifodalash ham shu shaklda ko'rsatilagan. Uni aniqlash uchun quyidagi masalani ko'rib chiqamiz.



## 1. Масаланинг статик томони

$dz$  ўқининг мувозанатини кўрамиз

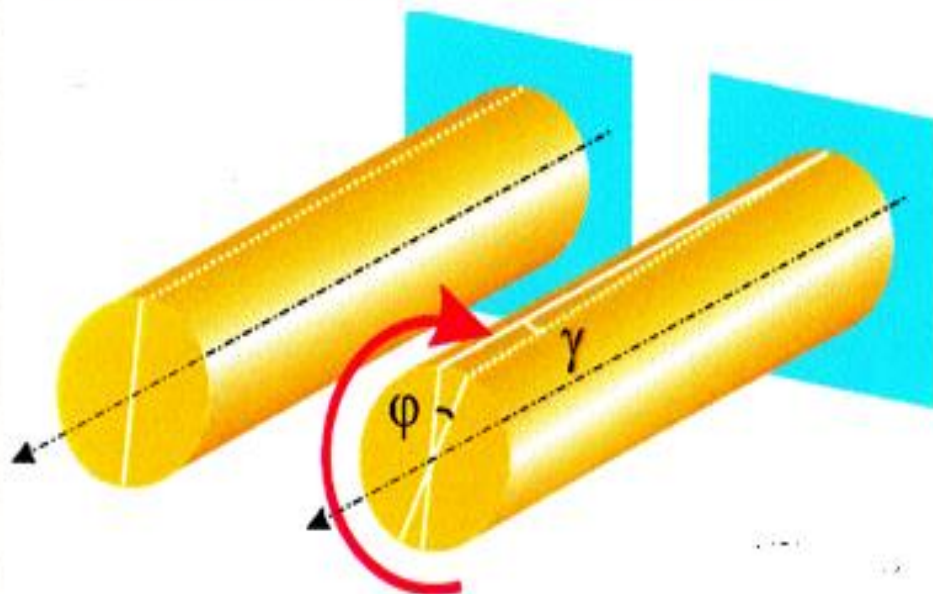


$$\sum M_z = 0;$$

$$T = \int_S \tau \rho dS, \quad (1)$$

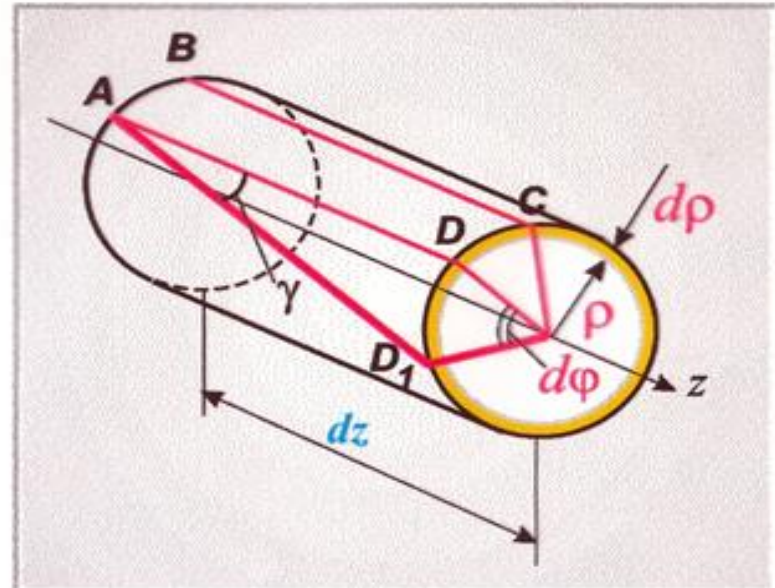
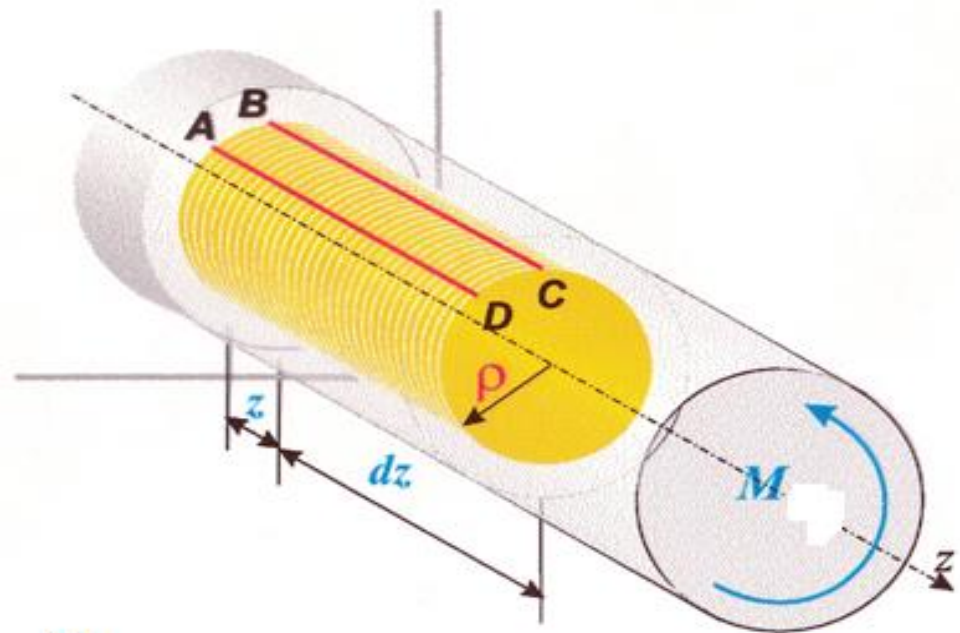
(1)  $\tau(\rho)$  қийматини аниқлаб бўлмайди.

## 2. Масаланинг геометрик томони.



Қузатишлар натижасида қуйидаги фаразлар қабул қилинади:

- 1) Ясси кўндаланг кесимлар деформациядан сўнг ясси ва гўла ўқига нормаллигича қолади. (Бернулли гипотезаси)
- 2) деформацияда кўндаланг кесимларнинг радиуслари бурилади, лекин тўғрилигича қолади.
- 3) кўндаланг кесимлар орасидаги масофа ўзгармайди. Бу фаразлар буралишдаги формулаларни чиқаришни соддалаштиради.



(2)  
**формуладан  
 бўлади.**

$$\gamma = \rho \frac{d\varphi}{dz}, \quad (2^*)$$

$$\theta = \frac{d\varphi}{dz} \quad \gamma = \rho\theta. \quad (2^{**})$$

$$DD_1 = \rho d\varphi = \gamma dz \quad (2)$$

$d\varphi$  -  $\overline{AB}$ ; **масофага бўлган буралниш бурчаги**  
 $\gamma$  - **тўла буралниш бурчаги**

Deformatsiyadan so'ng maxkamlangan joydan x masofada yotgan kesim 1-1 burchak  $\varphi_x$  ga kesim 2-2 esa burchak  $\varphi_x + d\varphi$  ga buraladi. Demak, kesim 2-2 kesim 1-1 atrofida  $d\varphi$  burchakka buriladi. To'g'ri turtburchak KVSD parallelogrammaga aylanadi, chunki uning burchaklari  $\gamma$  kiymatga karab o'zgaradi. G'o'lachadan element  $K^1 V^1 D^1 S^1 O_1 O_2$  ni kesib olamiz (3-rasm). Element materiali siljish deformatsiyasiga uchraydi. Uning yon yoqlari buylab urinma kuchlanishlar ta'sir qiladi. Bu kuchlanishlar Guk qonuni formulalari bo'yicha nisbiy siljish  $\gamma$  orqali quyidagicha ifodalaniladi:

$$\tau = G \cdot \gamma \quad (7.2.2)$$

Elementning mutloq siljishi:

$$VV' = rd\varphi. \quad (7.2.3)$$

Nisbiy siljish

$$\gamma = \frac{BB'}{K'B} = r \frac{d\varphi}{dx}. \quad (7.2.4)$$

G'o'lacha sirtidagi V' nuqtadagi urinma kuchlanish:

$$\tau = Gr \frac{d\varphi}{dx} \quad (7.2.5)$$

Kesim markazidan  $\rho$  masofada yotgan L' nuqtadagi kuchlanish xam shunday aniklanadi:

$$\tau_\rho = G \cdot \rho \cdot \frac{d\varphi}{dx} \quad (7.2.6)$$

Ko'rinib turibdiki, urinma kuchlanishlar va nisbiy siljish  $\rho$  masofaga mutanosib. Olingan formulalar urinma kuchlanishlarning chiziqli taksimlanish qonunini aniklaydi. (3-rasm)da urinma kuchlanishlarning g'o'lacha kesimi radiusi bo'yicha o'zgarishini ko'rsatadi. Kesim markazida eng kichik kuchlanish nolga teng; eng katta kuchlanish g'o'lacha sirtiga to'g'ri keladi.

$\tau_\rho$  kiymatini muvozanatlik shartiga kuyib, quyidagini xosil kilamiz:

$$T - G \frac{d\varphi}{dx} \int_A \rho^2 dA = 0. \quad (7.2.7)$$

$J_{\rho} = \int_A \rho^2 dA$  - qutbiy inertsiya momenti ekanligini xisobga olib, quyidagini olamiz:

$$T = GJ_{\rho} \frac{d\varphi}{dx} \quad (7.2.7)$$

U xolda uzunlik birligiga mos keluvchi buralish burchagi

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{T}{GJ_{\rho}} \quad (7.2.8)$$

Bu qiymatni (7.2.6) tenglamaga qo'yib, kesimning istalgan nuqtasidagi urinma kuchlanishlarning formulasini hosil qilamiz:

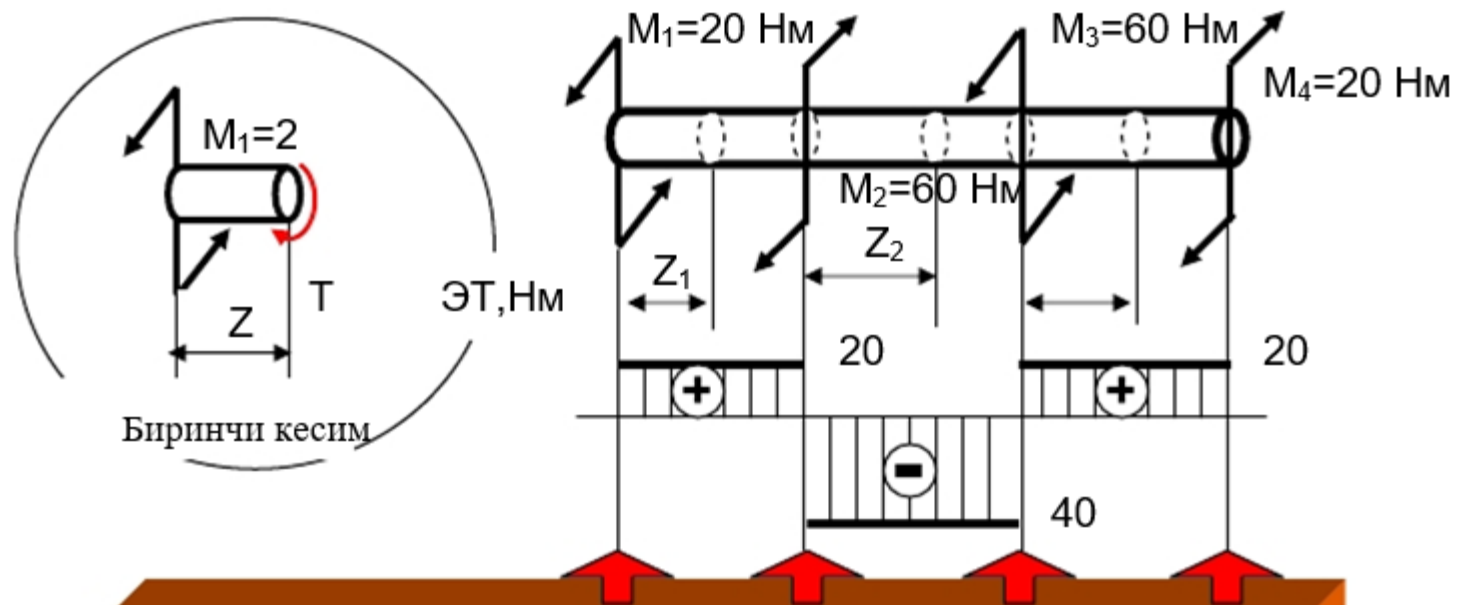
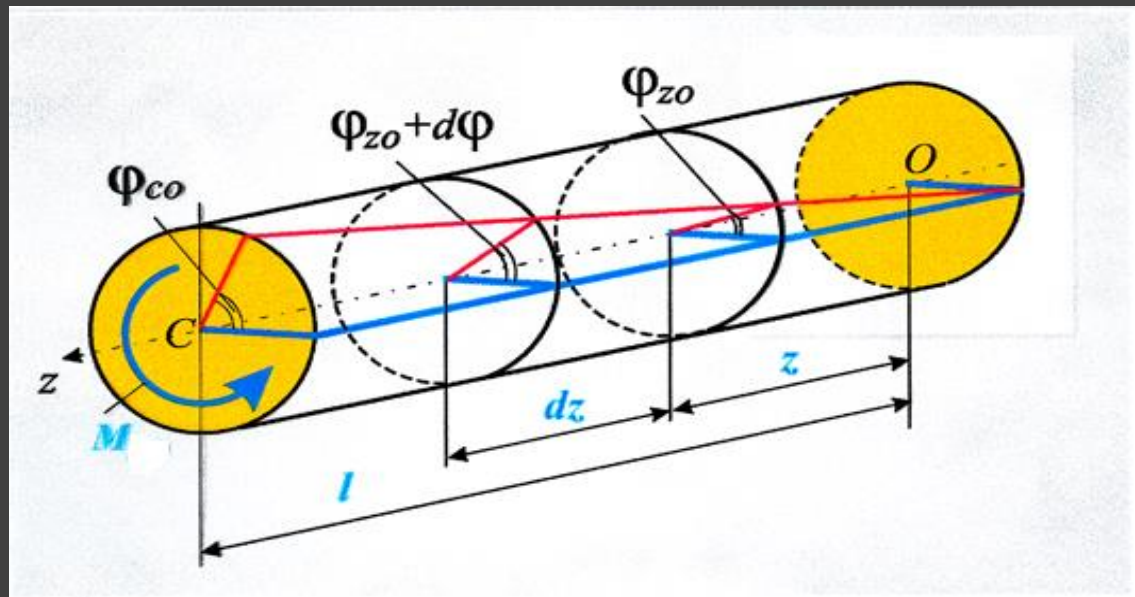
$$\tau_{\rho} = \frac{T}{J_{\rho}} \cdot \rho \quad (7.2.9)$$

Urinma kuchlanishlar quyidagi xolda eng katta qiymatiga erishadi:

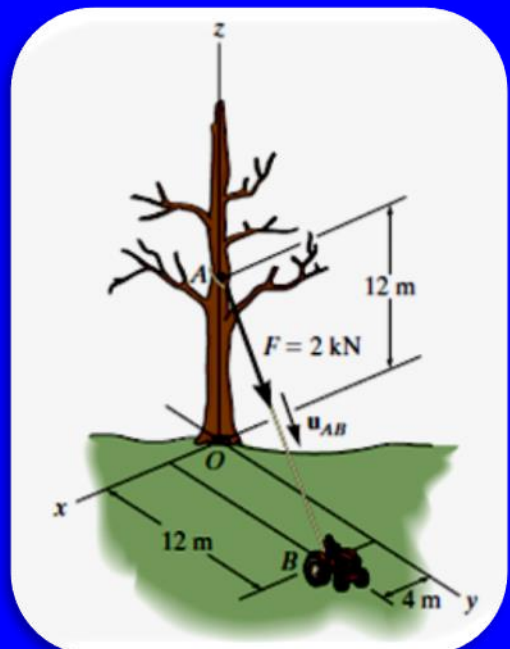
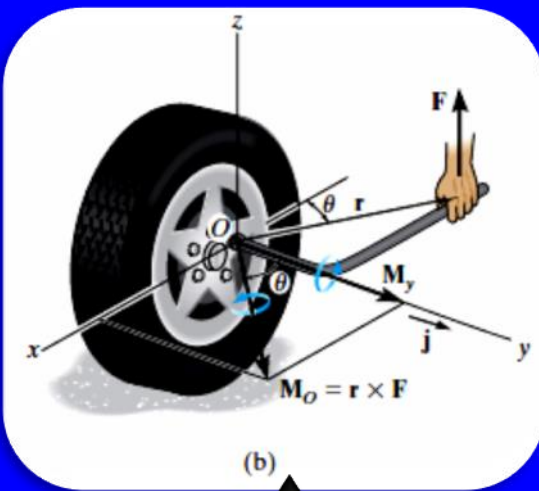
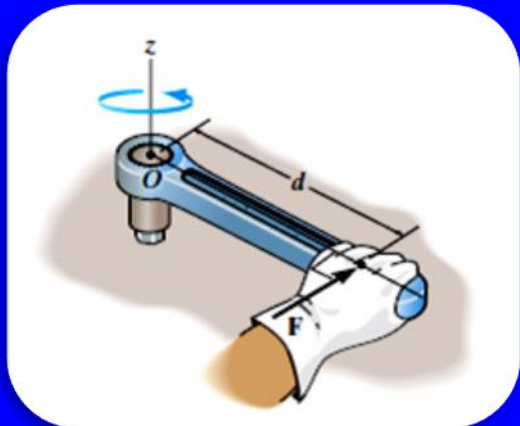
$$\rho = \rho_{\max} = r. \quad (7.2.10)$$

$$\tau_{\max} = \frac{T}{J_{\rho}} \rho_{\max} = \frac{T}{W_{\rho}} \quad (7.2.11)$$

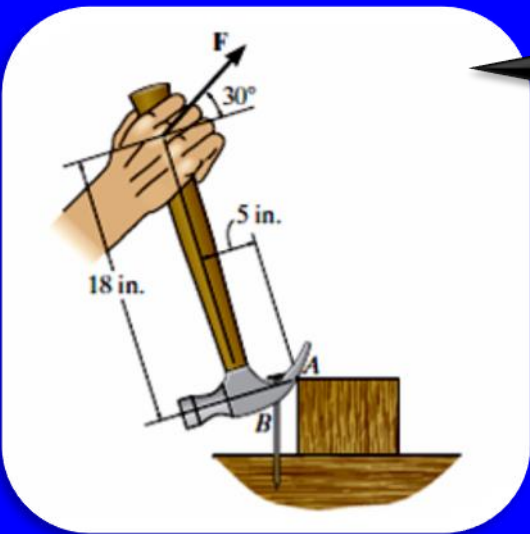
bunda:  $W_{\rho} = \frac{J_{\rho}}{\rho_{\max}}$  — buralishdagi qutbiy karshilik momenti.



Epyura ikki to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lib burovchi moment qo'yilgan kesimda burovchi moment epyurasi shu moment qiymatda sakrash bo'ladi.



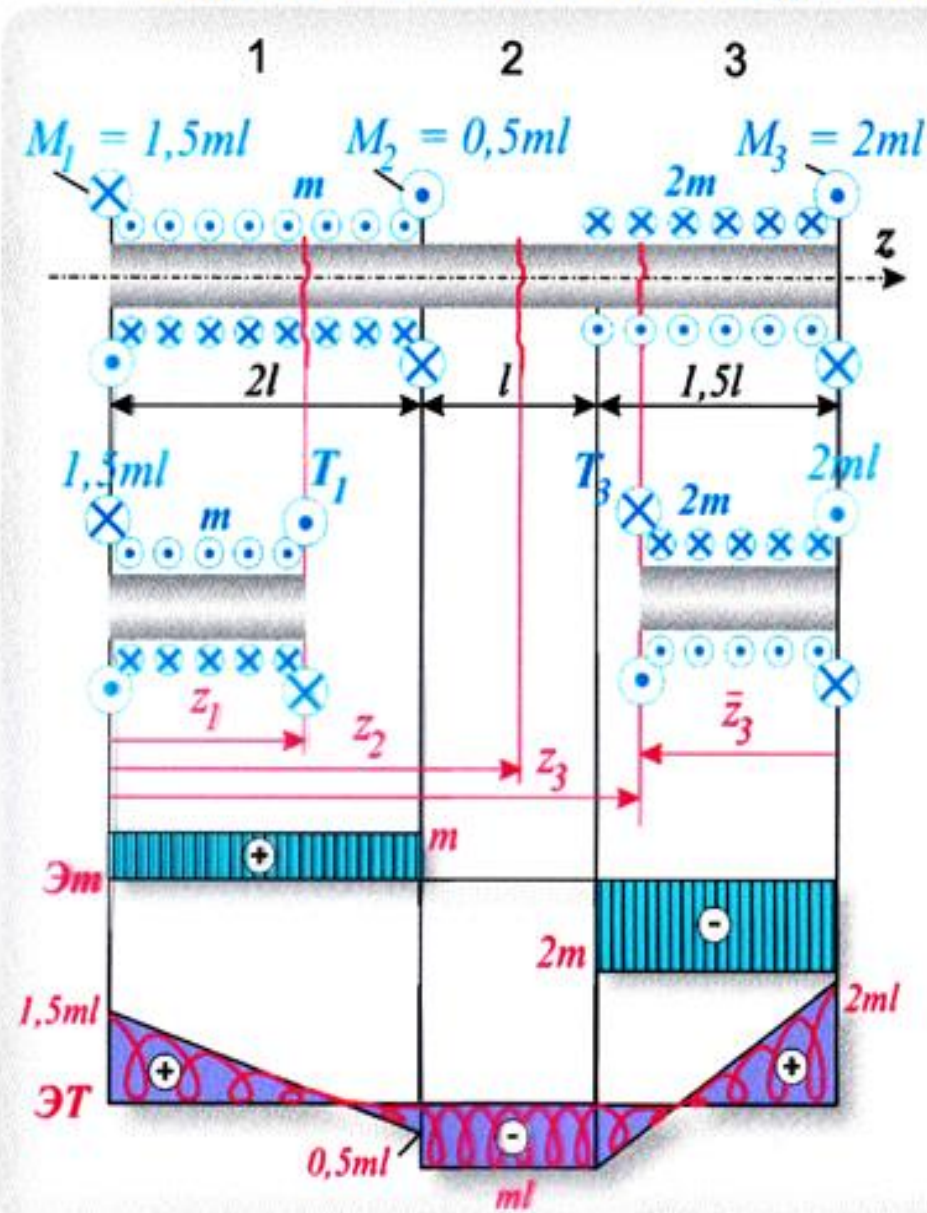
KUCH  
MOMENTI



# Burovchi momentlarning epyuralari qurish tartibi

- 1) Epyurlarni qurishda to'sinning kuchlar qo'yiladigan qismlariga bo'lib chiqiladi va kesish usuli qo'llaniladi
- 2) Sterjenlarni kesimlarga ajratamiz
- 3) Kesish chegaralarida quyidagilar qabul qilinadi:  
Qismlardagi burovchi momentlar doimiy. Vallarni 3 qismga bo'lamiz
- 4) To'sinni z masofada tekislik bilan xayolan qismlarga ajratamiz
- 5) Bir qismini tashlab yuboramiz va muvozanat shartlarini ko'rib chiqamiz
- 6) Eguvchi momentning qolgan qismini muvozanatini ko'rib chiqamiz
- 7) To'sinning ixtiyoriy qismidagi burovchi moment qismining bir tomonida to'sin qo'yilgan tashqi burovchi momentlar algebraik yig'indisiga teng
- 8) Agar to'sinning kesib olingan qismining yon tomoniga qaraganda burovchi moment soat strekasi yo'nalishi bo'yicha yursa burovchi moment musbat aks xolda manfiy ishorali bo'ladi

## Буровчи моментни эпюрасини куриш



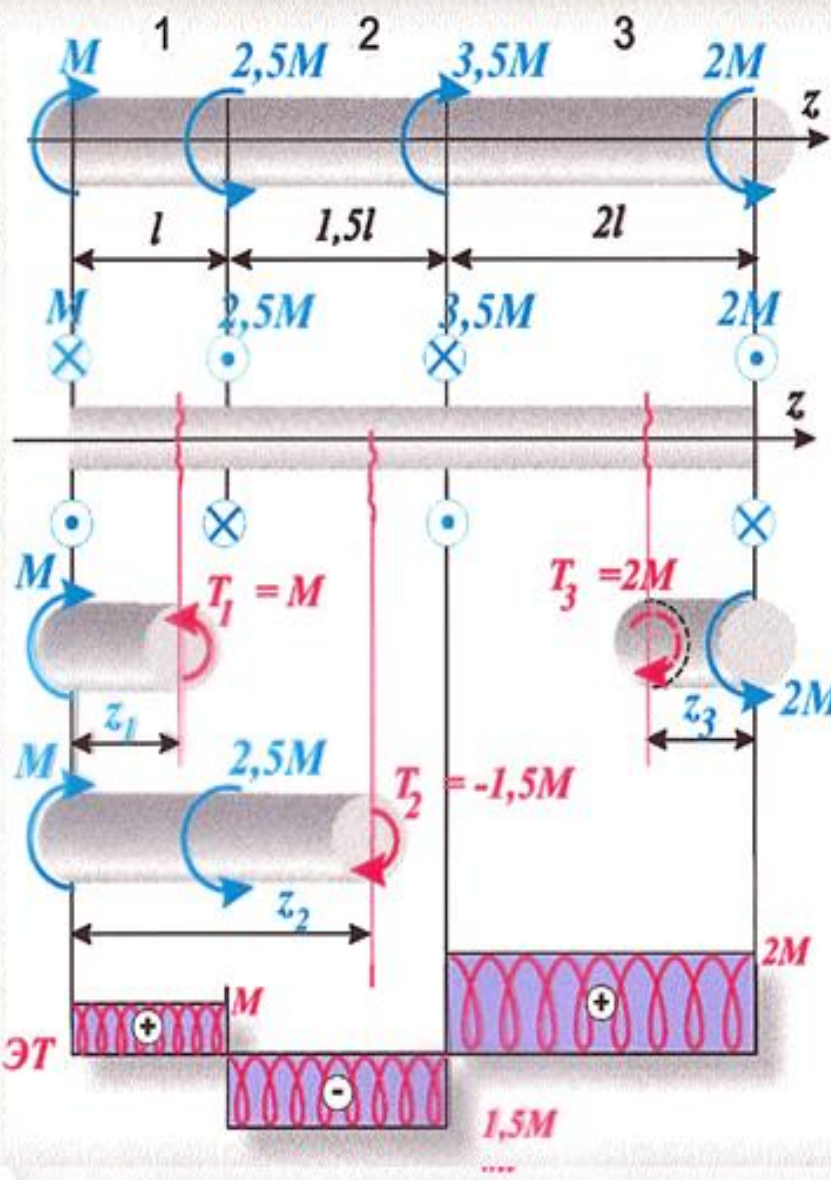
Валнинг мувозанат тенгламаси

$$\sum M_z = 1,5ml - m \cdot 2l - 0,5ml + 2m \cdot 1,5l - 2ml = 0;$$

Берилган буровчи момент  $M_1$ ,  $M_2$  ва  $M_3$  тақсимланган момент  $m$  ва  $2m$ .  
Қуйидаги  $\mathcal{E}m_z$  ва  $\mathcal{E}T$  бўйича эпюра қуриلسин

Вални 3та участкага бўламиз:

- ①  $0 \leq z_1 \leq 2l$ ,  $T_1(z) = 1,5ml - m \cdot z$ ;  
 $T_1(0) = 1,5ml$ ;  $T_1(2l) = -0,5ml$ .
- ②  $2l \leq z_2 \leq 3l$ ,  $T_2 = 1,5ml - m \cdot 2l - 0,5ml = -ml$ ;
- ③  $0 \leq \bar{z}_3 \leq 1,5l$ ,  $T_3(\bar{z}) = 2ml - 2m \cdot \bar{z}$ ;  
 $T_3(0) = 2ml$ ,  $T_3(1,5l) = -ml$ .  
 $\bar{z}_3 = 4,5l - z_3$ .



Вални буровчи жуфт кучлар  $T$  моменти буровчи момент деб аталади.

Валнинг мувозанат тенгламасини тузамиз:

$$\sum M_z = M - 2,5M + 3,5M - 2M = 0;$$

Кесиш усулини қўллаб буровчи моментни ҳар бир оралиқдаги кўндаланг кесимини топамиз

Эта участкага ажратамиз

- ①  $0 \leq z_1 \leq l, \quad T_1 = M;$
- ②  $l \leq z_2 \leq 2,5l, \quad T_2 = M - 2,5M = -1,5M;$
- ③  $0 \leq z_3 \leq 2l, \quad T_3 = 2M.$

Буровчи моментлар ҳар бир оралиқда ўзгармаган

# 3. Buralishdagi mustaxkamlik sharti

Buralishga ishlaydigan konstruktsiyalar elementlarining mustaxkamligini xisoblashda urinma kuchlanishlar yul qo'yiladigan qiymatdan oshmasligi kerak:

$$\tau_{\max} \leq \tau_{adm} \quad (7.3.1)$$

Buralishdagi mustaxkamlik sharti

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_{\rho}} \leq \tau_{adm} \quad (7.3.2)$$

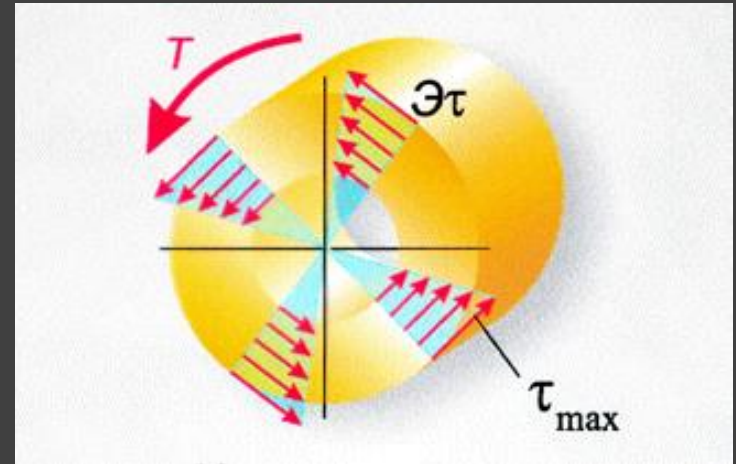
Po'latning buralishdagi yul qo'yiladigan urinma kuchlanish:

$$\tau_{adm} = (0,5 - 0,6)\sigma_{adm} \quad (7.3.3)$$

Mustaxkamlik shartidan foydalanib, quyidagi xisoblar bajariladi:

a) Tekshirish uchun xisoblash. Kesimning ma'lum o'lchamlari va burovchi moment bo'yicha urinma kuchlanish topilib, u elementining mustaxkamligini baxolash uchun yul qo'yiladigan kuchlanishga takkoslanadi:

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_{\rho}} \quad (7.3.4)$$



b) Loyixalash uchun xisob xavfli kesimdagi ma'lum burovchi moment va yul qo'yiladigan kuchlanish bo'yicha qutbiy karshilik momenti aniklanadi:

$$W_{\rho} \geq \frac{T}{\tau_{adm}}, \quad (7.3.5)$$

so'ngra zarur o'lcham xisoblanadi: dumalok kesim uchun

$$D = \sqrt[3]{\frac{W_{\rho} \cdot 16}{\pi}} \quad (7.3.6)$$

doiraviy halka kesim uchun

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_{\rho} \cdot 16}{\pi(1-a^4)}} \quad (7.3.7)$$

v) yo'l qo'yiladigan burovchi momentni aniqlash. Kesimning ma'lum o'lchamlari va yo'l qo'yiladigan kuchlanish bo'yicha:

$$T_{adm} \leq \tau_{adm} \cdot W_{\rho} \quad (7.3.8)$$

# 4. BURALISHDAGI POTENTIAL ENERGIYA

G'olacha elastiklik chegarasida buralganda tashqi momentlar ish bajaradi, u g'olachada potensial energiya tarzida to'planadi. Tashqi momentlar olingandan so'ng bu energiya g'olachani o'z xoliga kaytarishga sarflanadi. Buralishdaga potensial energiya ifodasining xulosasi cho'zilishdagiga o'xshaydi.

Statik tashqi burovchi momentning to'liq ishi shu moment qiymati g'olachani buralish burchagi kiymatiga ko'paytmasining yarmiga teng

$$W = \frac{m_1 \varphi_1}{2} \quad (7.4.1)$$

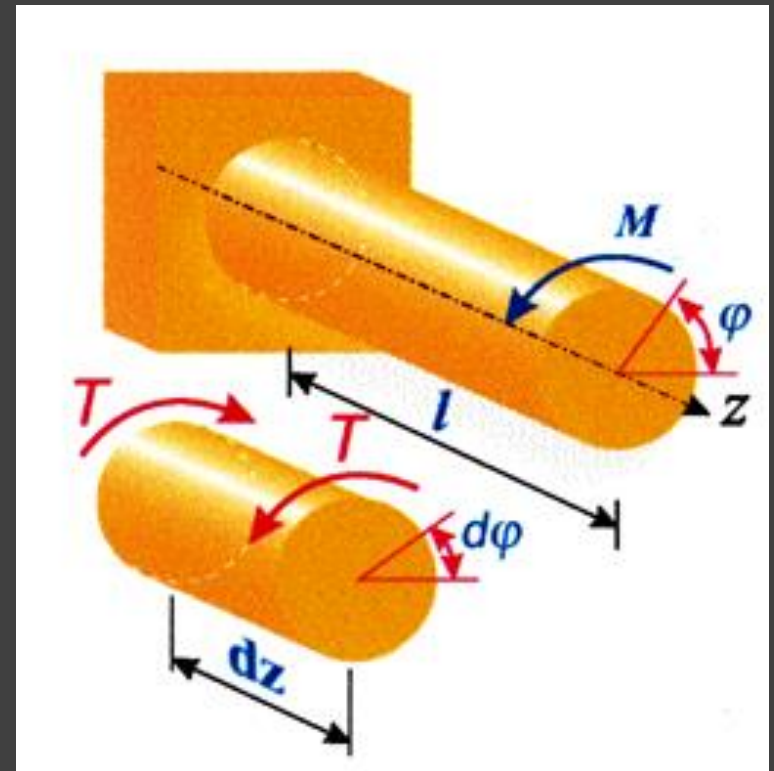
Buralish yunalishidan teskari tomonga yunalgan ichki elastiklik kuchlarining ishi ishorasi manfiy.

Ichki kuchlarning elementar ishi:

$$dW_f = -\frac{1}{2} T d\varphi \quad (7.4.2)$$

bunda:  $T$  - ichki burovchi moment;

$d\varphi$  - uzunligi  $dx$  elementning buralish burchagi.



Ushbu  $d\varphi = \frac{Tdx}{GI_p}$  ekanligini xisobga olib quyidagini hosil qilamiz.

$$dW_f = -\frac{T^2 dx}{2GI_p} \quad (7.4.3)$$

Bu ifodani integrallab,  $l$  uzunlikdagi g'olacha uchun ichki kuchlarning to'liq bajargan ishini topamiz:

$$W_f = -\int_0^l \frac{T^2 dx}{2GI_p} \quad (7.4.4)$$

Potensial energiya teskari ishorali ichki kuchlar ishiga teng:

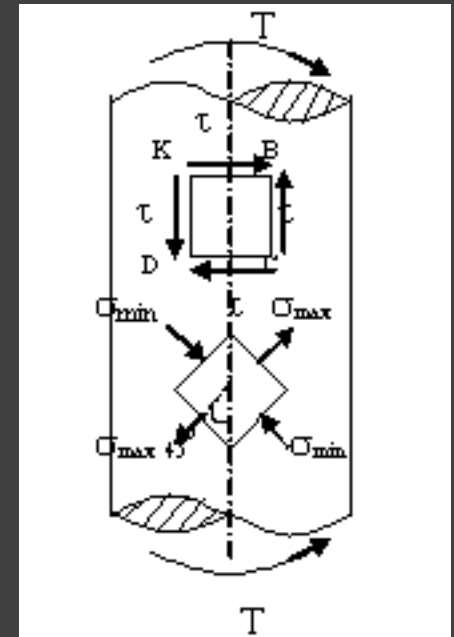
$$U = -W_f = -\int_0^l \frac{T^2 dx}{2GI_p} \quad (7.4.5)$$

G'olacha uzunligi bo'yicha burovchi moment qiymatlari va bikiqligi o'zgarmay kolganda:

$$U = -\frac{T^2 l}{2GI_p} \quad (7.4.6) \text{ bo'ladi.}$$

# 5. BURALISHDAGI ASOSIY KUCHLANISHLAR

Val buralganda uning ko'ndalang kesimlarida urinma kuchlanishlar vujudga keladi. Urinma kuchlanishlarning juftligi qonuniga ko'ra bo'ylama kesimlarda xam shunday kuchlanishlar ta'sir kiladi. Val sirtida yotgan nuqtalar eng zo'riqqan joylar hisoblanadi. KVSD elementni ajratamiz (7.2-rasm). Elementning ko'ndalang va bo'ylama tekisliklari bilan chegaralangan yon yoqlari bo'yicha urinma kuchlanishlar ta'sir qiladi. Element yassi zo'riqish, ya'ni - sof siljish holatida bo'ladi. Yassi zo'riqqanlik holatining umumiy holidagi asosiy kuchlanishlar:



$$\frac{\max}{\min} = \frac{\sigma_a + \sigma_\beta}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_a + \sigma_\beta)^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad (7.5.1)$$

Buralishda

$$\sigma_a = \sigma_\beta = 0 \quad (7.5.2)$$

Demak , asosiy kuchlanishlar urinma kuchlanishlarga teng ekan:

$$\sigma_{\max} = \tau \text{ va } \sigma_{\min} = -\tau \quad (7.5.3)$$

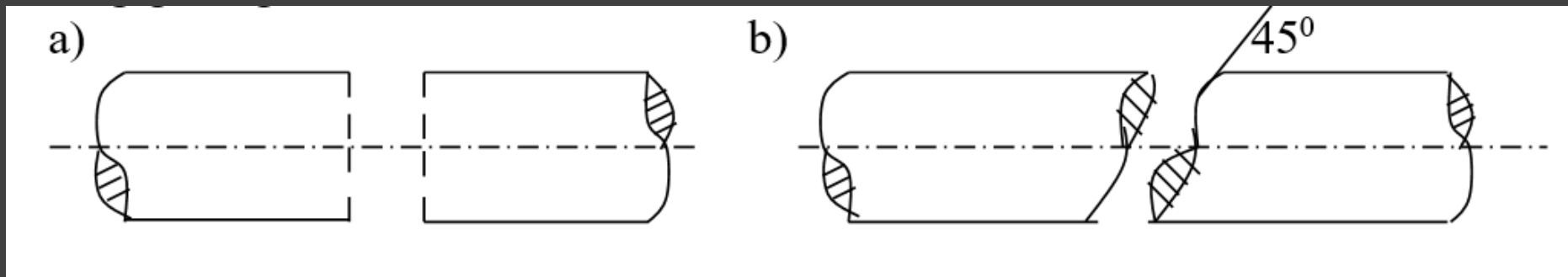
Ulardan biri -  $\sigma_{\max}$  -cho'zuvchi, ikkinchisi,  $\sigma_{\min}$  cikuvchi kuchlanish.

Asosiy yuzachalarning qiyalik burchagi:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = -\frac{2\tau}{\sigma_a - \sigma_\beta} = \infty \quad (7.5.4)$$

U xolda  $\alpha'$  q  $45^\circ$  va  $\alpha''$  q  $135^\circ$ .

Asosiy yuzachalar val o'qiga  $45^\circ$  va  $135^\circ$  burchak ostida qiya turadi. Burilashda yuzaga keladigan urinma va normal kuchlanishlar qiymat jixatidan teng bo'lganligi uchun yemirilishning ikki xili: kesilish va uzilish farq qilinadi. Yemirilish tarzi materialga, uning siljish va uzilishga bo'lgan qarshiligiga bog'lik.



Plastik materialarning yemirilishi urinma kuchlanishlar ta'sirida ko'ndalang kesim bo'yicha kesilish yo'li bilan yuz beradi. Mo'rt materialarning yemirilishi normal kuchlar ta'sirida val yasovchisiga  $45^\circ$  burchak qiya yotgan vintsimon sirt bo'yicha uzilish yo'li bilan yuz beradi. Kesilish va uzilishni o'z ichiga oladigan aralash emirilishlar ham uchraydi.

# O'z- o'zini tekshirish savollari :

1. Burovchi moment bilan val uzatadigan quvvat va aylanish sonlari orasida qanday bog'lanish bor?
2. Silindrik sterjenlarning buralishida qanday cheklanishlarga yo'l qo'yiladi?
3. Qanday burchak to'la buralish burchagi deb ataladi?
4. Polyar inertsiya momenti nima va u qanday o'lchamlikka ega?
5. Qanday miqdor buralishdagi bikrlik deyiladi?
6. Val buralganda uning kaysi nuqtasida eng katta kuchlanish hosil bo'ladi?
7. Val deganda nimani tushiniladi?
8. Buralish nima?
9. Burovchi moment nima?
10. Buralishdagi mustaxkamlik shart qanday yoziladi?
11. Buralishdagi asosiy tushunchalar nima ?