



"TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI" MILLIY TADQIQOT
UNIVERSITETI



Fan: Materiallar qarshiligi

Mavzu
15

Muvozanatning ustivor va noustivor
shakllari to'g'risida tushuncha va
bo'ylama egilish



Yuldoshev Bakhtiyor
Shodmonovich



Mexanika va kompyuterli
modellashtirish kafedrası dotsenti

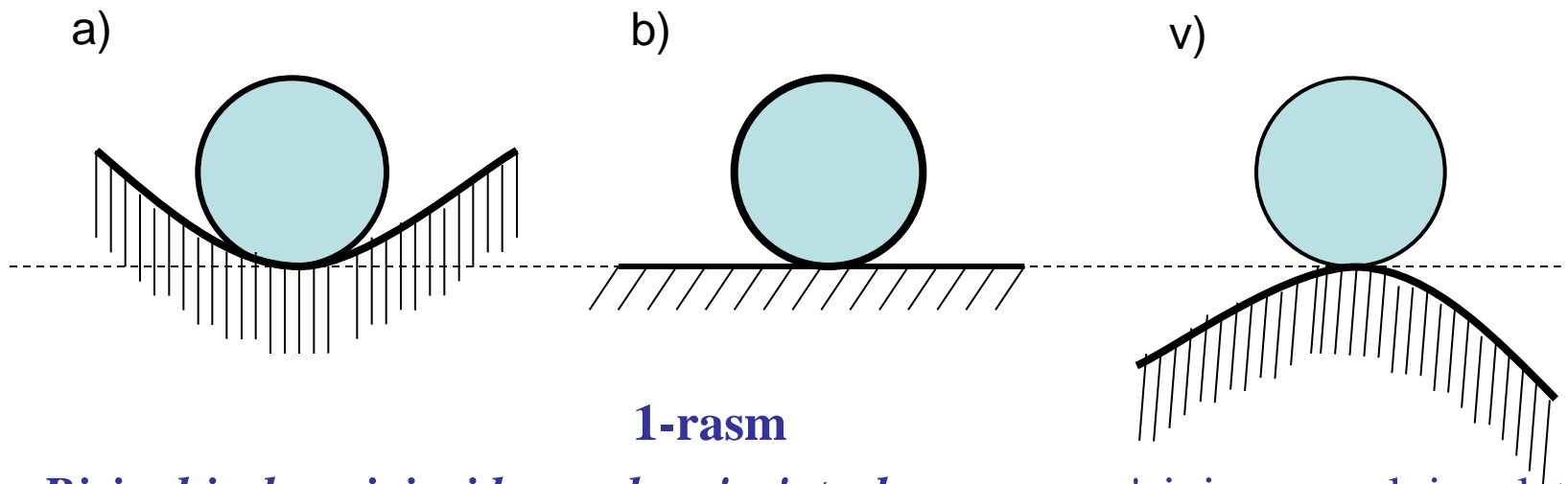
Reja:

1. Umumiy tushunchalar.
2. Kritik kuchni aniqlash. Eyler formulasi.
3. Kritik kuch qiymatiga sterjen uchlarini maxkamlanish turlarining ta'siri.
4. Kritik kuchlanish va Eyler formulasini ishlatish chegarasi.
5. Siqilgan sterjenlarni amaliy hisoblash.

Umumiy tushunchalar

Oddiy va murakkab deformatsiya turlarida konstruktsiya elementlarining mustaxkamligini va bikrligini baholashni ko'rib chiqdik. Ba'zi xollarda konstruktsiyaning xolatini bu kriteriyalar bilan baholashning o'zi etarli bo'lmaydi. Ya'ni, shunday xolatlar bo'lishi mumkinki hisobga olinmagan juda kichik bir ta'sir injenerlik ob'ektlarini umuman ishga yaroqsiz qilib qo'yishi mumkin. Bu xolat konstruktsiya elementlarining ustuvorligi bilan bog'liq bo'lgan xolatdir.

Nazariy mexanikadan ma'lumki absolyut qattiq jismning muvozanat xolati uch xil ya'ni, *ustivor, befarq va noustivor* bo'lishi mumkin. Silliq sirtlarda yotgan sharni muvozanatlarini ko'raylik (1-rasm).



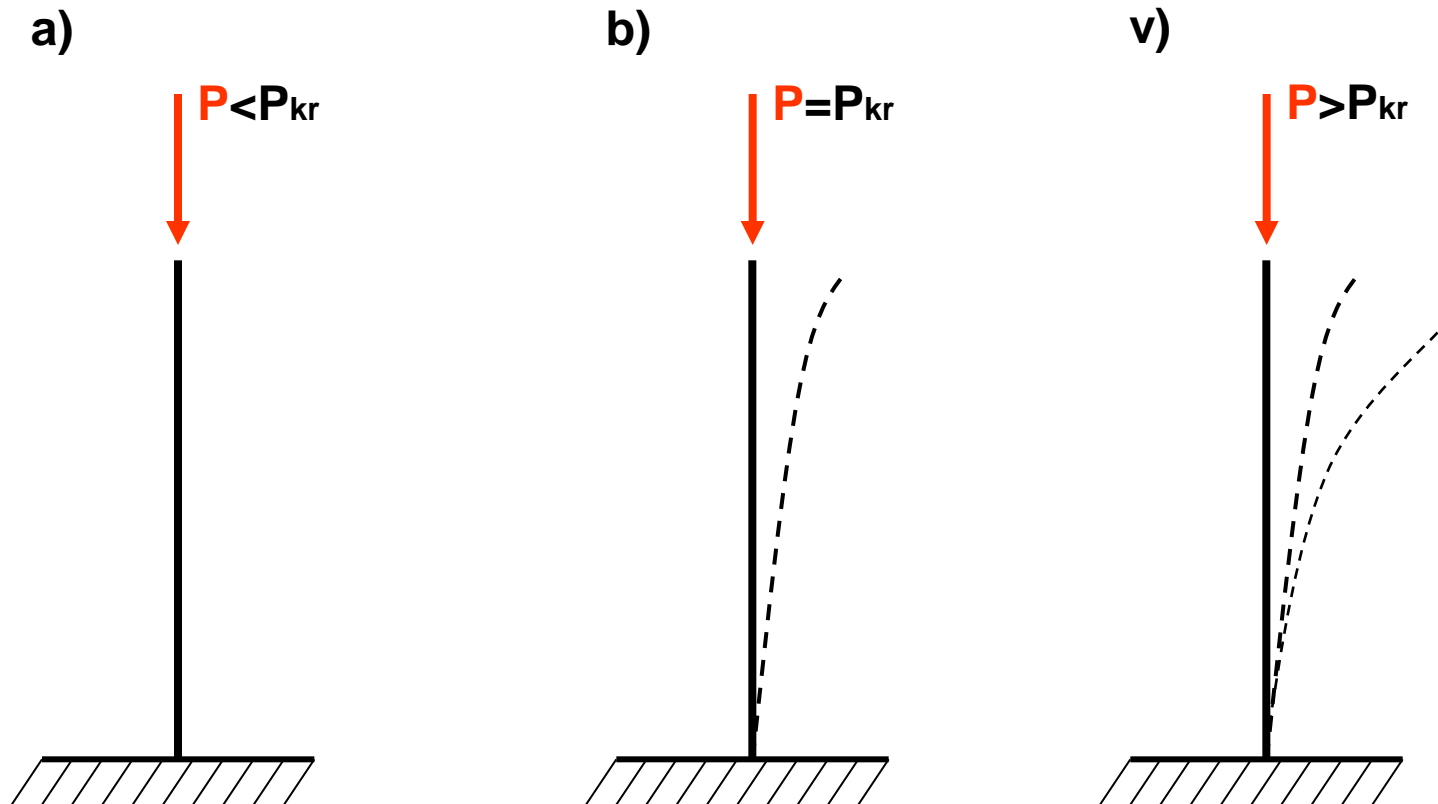
1-rasm

Birinchi sharni joyidan sal qo'zg'atsak, yana u o'zining avvalgi xolatiga qaytadi, ya'ni **bu xolat ustivordir**,

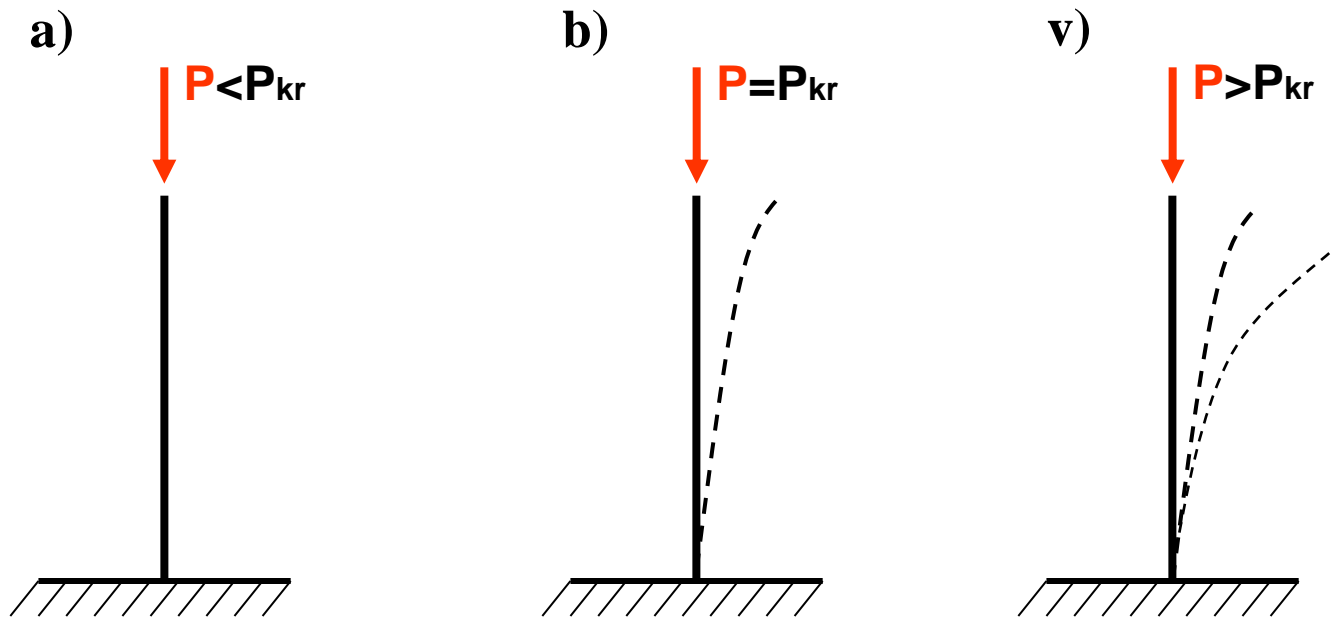
Ikkinchisini sal joyidan qo'zg'atsak, gorizontal tekislikda yotgan sharning muvozanati befarqdir chunki sharni tekislikning xar bir nuqtasiga kuysak xam shu joyda turib kolaveradi, ya'ni **bu xolat befarqdir**.

Uchinchisi esa sal joyidan qo'zg'atishimiz bilan u ketib koladi, ya'ni u **noustivor xolatda**. xuddi shunday xolatlar deformatsiyalanuvchi qattiq jismlarda ham kuzatilishi mumkin, ya'ni konstruktsiya elementlariga ta'sir qilayotgan kuchni qiymatiga qarab, uni muvozanat xolatda turishini belgilash materiallar qarshiligini **asosiy muammolaridan biri** hisoblanadi.

Bu xodisa asosan uzun va ingichka sterjenlarda ko'p uchraydi. misol tariqasida quydagi xolatlarni kuzatishimiz mumkin (2-rasm).



2-rasm

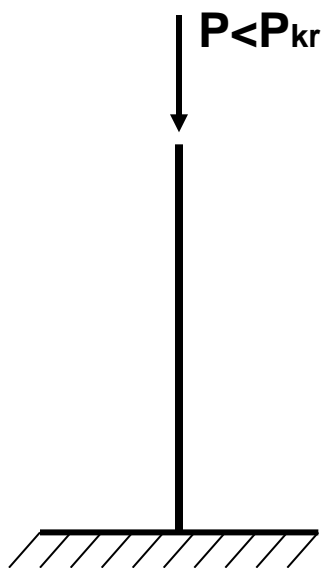


2-rasm

Birinchi xolatda uni yonidan sal turtsak u o'zini ilgarigi to'g'ri chiziqli xolatiga darxol qaytadi (2-rasm a) - **u ustivor xolatda**.

Ikkinchi xolatda esa kuchni miqdori ma'lum bir qiymatga etgan (2 rasm b), bu xolatda sterjenni sal turtsak u muozanatdan chiqib ma'lum bir egri chiziqli xolatni egallaydi va u bu xolatdan qaytmasda shu xolatda o'zining muvozanatini saqlab turishi mumkin. bu xolda agar, sterjenni to'g'rilab qo'ysak u yana to'g'ri chiziqli xolatda turishi mumkin (bu **befark xolatda**).

Uchinchi xolatda kuchni miqdorini tag'in juda ozgina oshirsak, u umuman egilib ketadi va boshqa to'g'ri chiziqli xolatga qaytmaydi (2-rasm v), ya'ni ustivorlikni umuman yo'qotadi (bu **noustivor xolatda**).



Agarda sterjen unga ta'sir qilayotgan kuchning biror qiymatida o'zining ham to'g'ri chiziqli, ham egri chiziqli xolatida muvozanatini saqlab tura olsa, bu xolatga to'g'ri kelgan kuch kritik kuch deyilib, u P_{kr} deb belgilanadi.

Kuchni miqdori, kritik kuchni qiymatiga etgandan keyin juda kichkina ta'sir ham sterjenni muvozanatdan chiqarib, u juda tez egilib ketishi mumkin. shuning uchun bu xolat juda xavfli bo'lib, bunday egilish ***bo'ylama egilish deb ataladi.*** Bu xodisa faqat sterjenli konstruktsiya elementlarida ro'y bermasdan, u plastinkalik va qobiqlik konstruktsiyalarda ham kup uchraydi.

Inshootlar qurilish tarixida bunday xodisalarni ko'p ro'y berganligini quyidagi misollar tasdiqlashi mumkin: *1907 yilda aqshdagi shimoliy lavrentiya daryosiga qurilgan proleti 549m konsol sistemali katta ko'prik ag'darilib tushgan. bu xalokat ko'prik qurilishini tugashiga ozgina vaqt qolganda, ish ketayotgan paytda sodir bo'lgan. Bu xalokatda 74 kishi xalok bo'lgan, 9000 tonna metal konstruktsiya 40 metrli chuqurlikdagi suvga cho'kkan.*





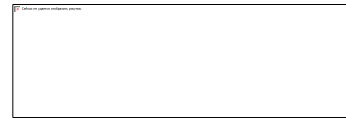
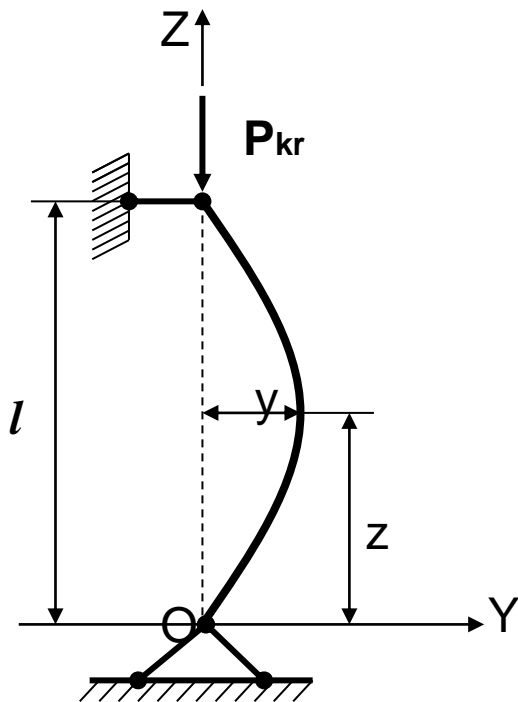
Xuddi shu yili kanadadagi kvebek ko'prigida xuddi shunday xodisa ro'y bergan. bu davrda xali sterjennlarni ustivorligini hisoblash usullari mukammal ishlab chiqilmaganligi loyixachini gunoxini engillashtirib, u javobgarlikka tortilmay omon qolgan. 1916 yilda bu ko'prik xuddi shu joyda qaytatdan qurilgan. lekin ozgina vaqt o'tkandan keyin bu ko'prikni osma prolyoti suvga ag'darilib, ko'prik cho'kib ketgan.

Xuddi shunday voqea 1891 yilda shveytsariyani menxenshteyin ko'prigida poezd ko'prikdan o'tib bo'lishiga ozgina qolgan vaqtda ro'y berib, juda katta xalokat ro'y bergan. Bunga esa fermani bitta tirgovichining ustuvorligini yo'qotishi sabab bo'lgan. bunday misollarni ko'plab keltirish mumkin. Shamol ta'sirida ham inshootlarning o'zini ustuvorligini yo'qotganligiga ko'plab misollar bor. Lekin bu dinamik ustuvorlik bilan bog'liq xodisalardir. Bunday xolatlar materiallar qarshiligi fanini maxsus bo'limlarida o'rganiladi.

Kritik kuchni aniqlash. Eyler formulasi

Elastik sistemalarning ustuvor muvozanatini tekshirish uchun bir necha usullar mavjud. ular qurilish va mashinasozlikda ishlatiladigan turli konstruktsiya elementlarini ustuvorliklarini tekshirishda ishlatiladi. Bulardan eng oddiy va eng asosiy eyler usuli bo'lib, bu usul bilan injenerlik praktikasida uchraydigan ko'pgina masalalarni oddiygina hal qilish mumkin.

Markaziy siqilgan va egiluvchi sterjenlarni ko'tarishi mumkin bo'lgan kritik kuchni qiymatini topish masalasini birinchi bo'lib 1744 yilda Leonard Eyler hal qilgan.



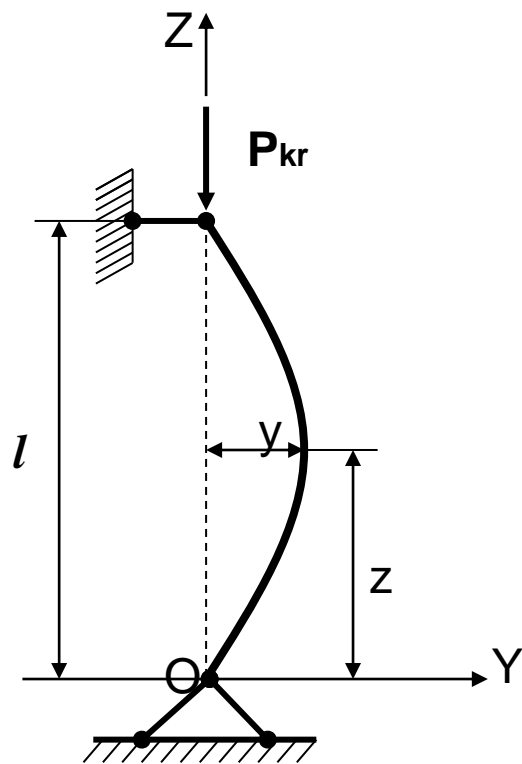
(1)

sterjen egilgan o'qini differentsial tenglamasi quyidagicha ifodalanadi



yoki $EI_{\min} y'' + P_{kp} \cdot y = 0$ (2)

bu tanlagan koordinata sistemamizda eguvchi moment (+) egrilik esa (-) bo'lgani uchun tenglamada (-) ishora olingan.



$$M = P_{kp} \cdot y \quad (1)$$

$$EI_{\min} y'' = -M \quad \text{yoki} \quad EI_{\min} y'' + P_{kp} \cdot y = 0 \quad (2)$$

(2) tenglama y'' nisbat echilsa u quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$y'' + k^2 \cdot y = 0 \quad (3)$$

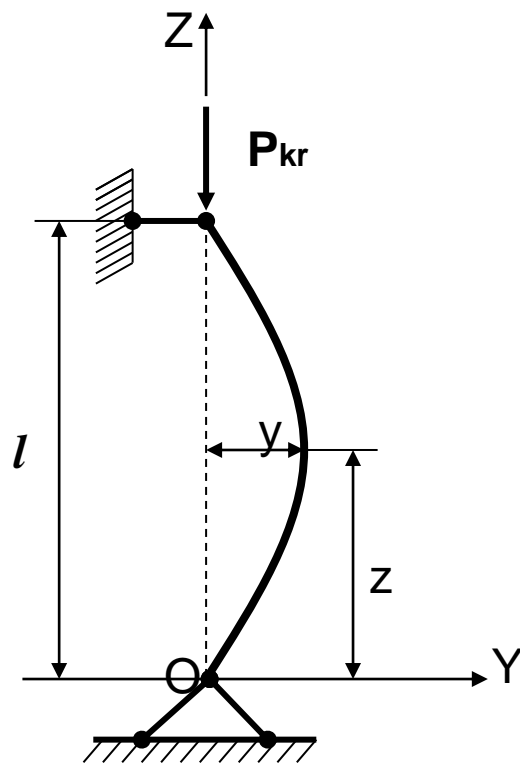
bu erda $k^2 = \frac{P_{kp}}{EI_{\min}}$

E – elastiklik moduli,

I_{\min} -sterjen ko'ndalang kesimining eng kichik inertsiya momenti.

(2) tenglama bir jinsli oddiy differentsial tenglama bo'lib, uni umumiy echimi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$y = A \cos kz + B \sin kz \quad (4)$$



$$y = A \cos kz + B \sin kz \quad (4)$$

A, B lar ixtiyoriy o'zgarmlar bo'lib, ular chegaraviy shartlardan foydalanib topiladi ya'ni,

$$z=0 \text{ da: } y=0.$$

demak, (4) dan $a=0$ bo'lib, echim quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

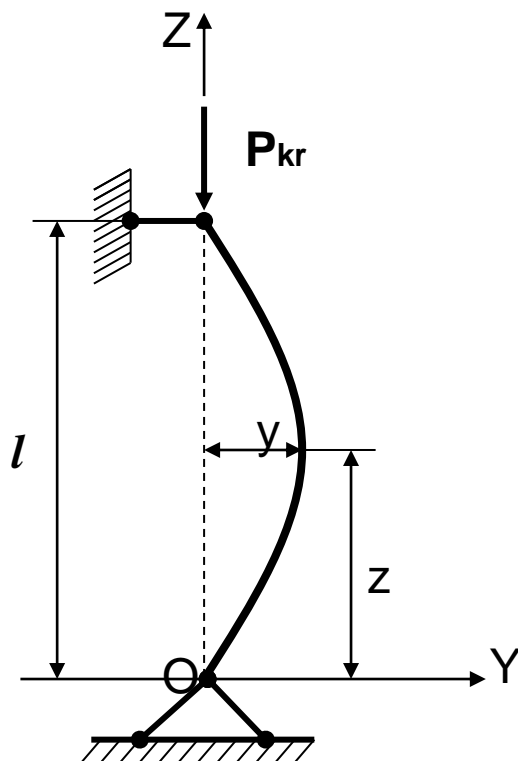
$$y = B \sin kz \quad (5)$$

bu esa sterjenimizni sinusoida ko'rinishda egilishini ifodalaydi.

ikkinchi chegaraviy shartni ko'radigan bo'lsak

$z=b$ da: $u=0$ ekanligidan

$$B \sin kl = 0 \quad (6)$$



$$B \sin kl = 0 \quad (6)$$

bu (6) tenglikni bajarilishi uchun:

1. $B=0$ yoki
2. $\sin kl = 0$ bo'lishi kerak.

Birinchi xol bizni qiziqtirmaydi chunki $v=0$ bo'lganda sterjenni barcha nuqtalarining solqiligi nolga teng bo'lib, sterjen to'g'ri chiziqlicha qoladi.

Ikkinchi xoldan esa kl ning quyidagi qiymatlarida, ya'ni tenglik bajariladi. $kl = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots, n\pi$
 $\sin kl = 0$

bundan kritik kuchni har xil qiymatlari quyidagicha bo'lishi kelib chiqadi

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l^2}; \quad \frac{(2\pi)^2 EI_{\min}}{l^2}; \quad \frac{(n\pi)^2 EI_{\min}}{l^2} \quad (7)$$

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l^2}; \quad \frac{(2\pi)^2 EI_{\min}}{l^2}; \quad \frac{(n\pi)^2 EI_{\min}}{l^2} \quad (7)$$

lekin bizni qiziqtiradigani bu kuchlarni eng kichkinasidir, ya'ni

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l^2} \quad (8)$$

bu kuchni topish formulasi (8) injenerlik hisoblar uchun katta amaliy ahamyatga ega. bu formuladan ko'rinib turibdiki bu kuchni qiymati E , I_{\min} l ga bog'liq. ayniqsa l ni o'zgarishi bu kuchning qiymatini katta o'zgartirishi mumkin. loyixalanayotgan inshoot uchun P_{kp} qancha katta bo'lsa, u shunchalik ustuvor bo'ladi.

Amaldagi xodisalarni kuzatish shuni ko'rsatadiki:

- cho'zilishga ishlayotgan sterjenlarda xavfli xolat (emirilish) belgilari oldindan paydo bo'ladi, ya'ni konstruktsiyada va materialda ba'zi o'zgarishlar paydo bo'ladi (emirilish, ko'ndalang kesimni kichrayishi va x.k.). Siqilgan sterjenlarda esa ustuvorlikni yo'qolishi sezilarli belgilersiz birdaniga xosil bo'lishi mumkin. bu ayniqsa o'lchamlari noto'g'ri tanlangan konstruktsiyalarda ko'p uchrab turadi.

Kritik kuch qiymatiga sterjen uchlarini maxkamlanish turlarining ta'siri

Biz yuqorida kritik kuchning P_{kr} qiymatini topganimizda sterjenning uchlari sharnirli mahkamlangan deb qaragan edik. Lekin amaliyotda uchraydigan konstruktsiyalarda sterjen uchlarini boshqacha mahkamlanish hollari ham juda ko'p uchraydi. Shuning uchun odatda kritik kuchni topishda sterjen uchlarini hamma mahkamlanish hollarini o'z ichiga oladigan quyidagi formula kritik kuchni topish uchun ishlatiladi.

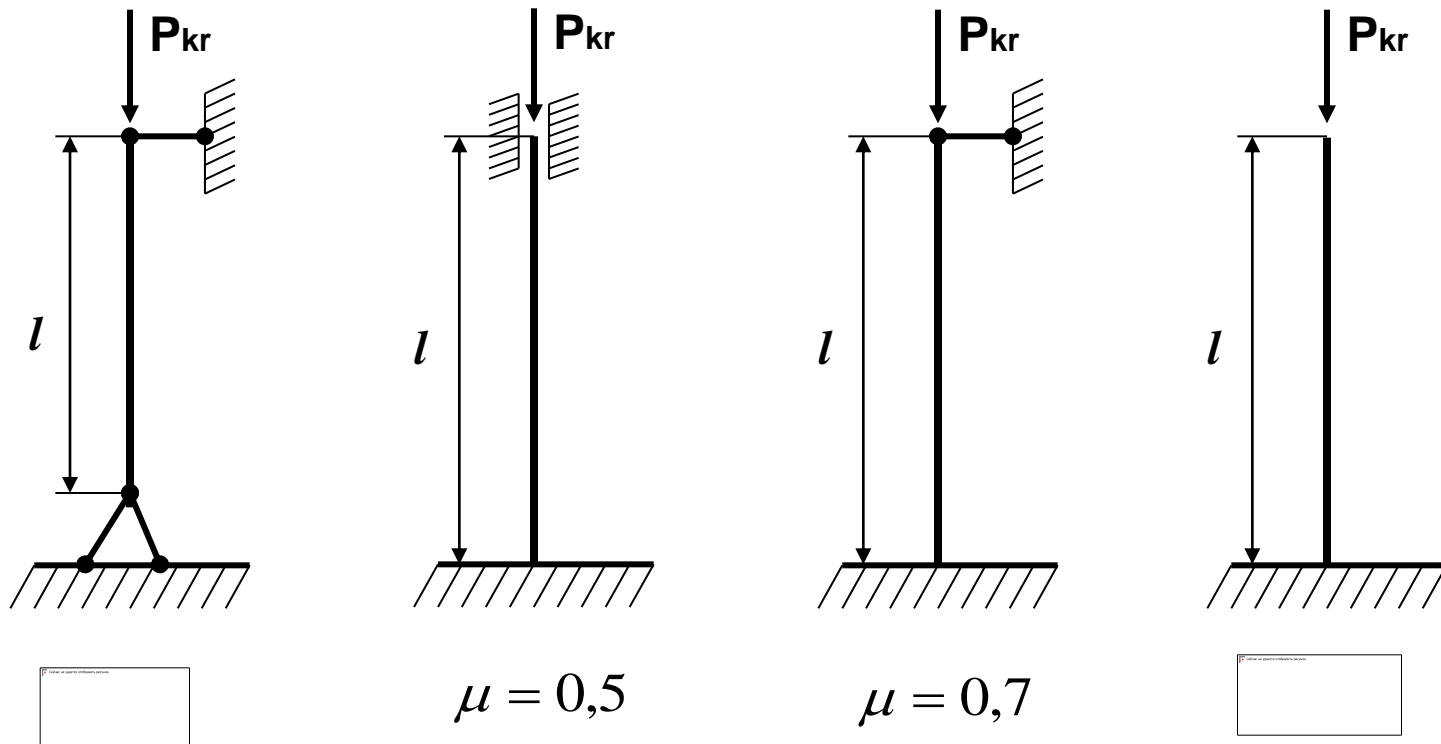
$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2} \quad (9)$$

bu erda, μ -keltirilgan uzunlik koeffitsenti deyilib, uning qiymati sterjen uchlarining har xil mahkamlangan hollari uchun quyidagicha bo'ladi.

Kritik kuch qiymatiga sterjen uchlarini maxkamlanish turlarining ta'siri

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2} \quad (9)$$

bu erda, μ -keltirilgan uzunlik koeffitsenti deyilib, uning qiymati sterjen uchlarining har xil maxkamlangan xollari uchun quyidagicha bo'ladi.



Kritik kuchlanish va eyler formulasini ishlatish chegarasi

Agarda sterjenga ko'ndalang kuch ta'sir qilmasa u o'zini to'g'ri chiziqli holatini kritik kuch P_{kr} ta'sir qilganda ham saqlaydi, shuning uchun sterjenda hosil bo'ladigan kritik kuchni quyidagi formuladan topsak bo'ladi:

$$\sigma_{kp} = \frac{P_{kp}}{F} = \frac{\frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2}}{F} = \frac{\pi^2 E}{(\mu l)^2 \frac{F}{I_{\min}}} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{\mu l}{i_{\min}}\right)^2} \quad (10)$$

bunda $i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F}}$ - sterjen ko'ndalang kesimining minimal inertsiya radiusi.

maxrajdagi miqdorni λ bilan belgilasak u xolda

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} \quad (11)$$

bo'lib, λ - sterjenning egiluvchanligi deyiladi.

demak kritik kuchlanishni quyidagicha ifodalash mumkin

$$\sigma_{kp} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (12)$$

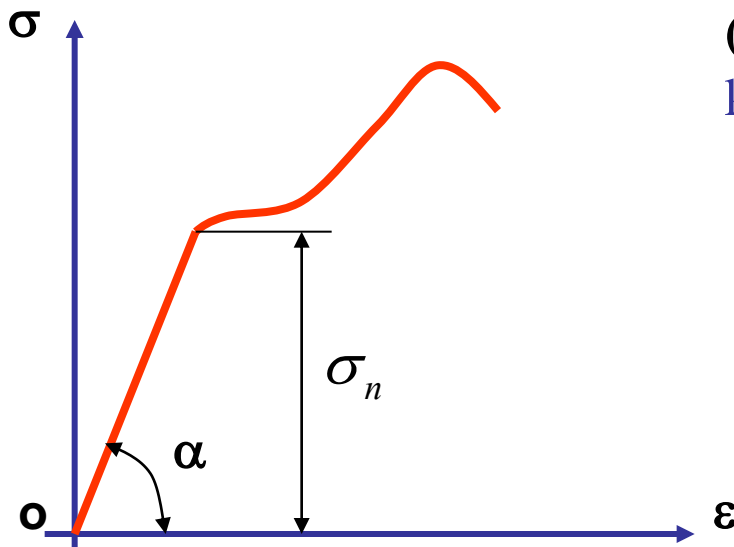
$$\sigma_{\kappa p} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (12)$$

Eylerning bu formulasidan hamma vaqt ham foydalanib bo'lavermaydi, chunki bu formulani chiqarishda material elastik va har doim kuchlanish bilan deformatsiya orasidagi bog'lanish huk qonuniga bo'ysunadi degan faraz inobatga olingan edi.

Shunga asosan Eyer formulasidan foydalanish uchun ushbu shart bajarilishi kerak:

$$\sigma_{\kappa p} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq \sigma_n \quad (13)$$

bunda σ_n - sterjen materialining proporsionallik chegarasidagi kuchlanishi.



(13) dan egiluvchanlikni topsak, u quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$\lambda \geq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_n}} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_n}} \quad (14)$$

Masalan: Po'lat St.3 uchun $\sigma_n=2000 \text{ kgk/sm}^2$ e'tiborga olib, buni tekshirib ko'rsak u holda Eylar formulasini ishlatish chegarasi

$$\lambda \geq \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_n}} = 3,14 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6 \text{ kgz/cm}^2}{2000 \text{ kgz/cm}^2}} = 100 \quad \text{bo'ladi.}$$

demak, Eylar fomulasini $\lambda > 100$ dan katta bo'lgandagina ishlatishimiz mumkin.

Agar xulosa qiladigan bo'lsak:

1. Egiluvchanlik $0 \leq \lambda < 40$ bo'lgan xollar uchun (kalta sterjenlar) kuchlanishni quyidagi formula yordamida topish kerak (bu xolda mustaxkamlikka baholash etarli):

$$\sigma_{kp} = \frac{P_{kp}}{F} \quad (15)$$

2. Egiluvchanlik $40 \leq \lambda \leq 100$ bo'lganda (o'rta sterjenlar) kuchlanishni quyidagi formula yordamida topish kerak:

(16)

bu formula empirik formula bo'lib u rus olimi **F.S.Yasinskiy** tomonidan taklif qilingan. bundagi **a, b** koeffitsentlar materialning xossasiga bog'lik bo'lgan kattaliklar. ular tajriba yo'li bilan topiladi.

3. Egiluvchanlik $\lambda > 100$ bo'lsa kuchlanishni birinchi holdagidek quyidagi formula orqali topish mumkin:

$$\sigma_{kp} = \frac{P_{kp}}{F}$$

Siqilgan sterjenlarni amaliy hisoblash

Siqilishga ishlaydigan sterjenlar tashqi kuchga qarshilik ko'rsata olishi uchun ular quydagi shartlar bo'yicha tekshirilgan bo'lishi kerak:

Mustaxkamlik sharti $\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma],$ bunda $[\sigma] = \frac{\sigma_n}{n_m}$

Ustuvorlik sharti $\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma_y],$ bunda $[\sigma] = \frac{\sigma_{kp}}{n_y}$

bu erda n_m - mustahkamlikning ehtiyotlik koeffitsenti; n_u - ustuvorlikning ehtiyotlik koeffitsenti.

Hisoblash ishlarini osonlashtirish uchun ustuvorlikda ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma_y]$ bilan mustahkamlikda ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]$ ni o'zaro bog'lash kerak. agar bu ikkita kattalikni bir-biri bilan bog'lasak, ya'ni

$$\varphi = \frac{[\sigma_y]}{[\sigma]} = \frac{\sigma_{kp} n_m}{n_y \sigma_n}; \quad \boxed{\phantom{\varphi = \frac{[\sigma_y]}{[\sigma]} = \frac{\sigma_{kp} n_m}{n_y \sigma_n}}}; \quad (17)$$

φ - qarshilikni kamaytiruvchi yoki bo'ylama egilish koeffitsenti deb ataladi.

φ - qarshilikni kamaytiruvchi yoki bo'ylama egilish koeffitsenti.

Bu koeffitsentni qiymatlari sterjenni materialiga va uni egiluvchanligiga qarab olinadi. φ - koeffitsentning qiymatlari standart jadvallarda berilgan bo'ladi.

Shunday qilib yuqoridagi munosabatlardan kelib chiqqan holda siqilgan sterjenning ustivorlik shartini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\sigma = \frac{P}{F \cdot \varphi} \leq [\sigma] \quad (18)$$

bu shartdan foydalanib siqilgan sterjen uchun *3 xil* masalani hal qilishimiz mumkin:

1. Ustuvorlikka tekshirish masalasi, ya'ni

$$\sigma = \frac{P}{F \cdot \varphi} \leq [\sigma] \quad (18)$$

2. Sterjenni qancha tashki kuchni kutarish qobiliyatini aniklash, ya'ni

$$[P] \leq F \varphi [\sigma] \quad (19)$$

3. Sterjenning ko'ndalang kesim yuzasining aniqlash masalasi, ya'ni

$$F \geq \frac{P}{[\sigma] \varphi} \quad (20)$$

3- masala (20) ni xal qilishning o'zining qiyinchiliklari bor, sababi bu xolda ikkita noma'lum kattalik paydo bo'ladi, ya'ni F va φ . bu xolda masalani echish ketma-ket yaqinlashish usuli yordamida xal qilinadi. buning uchun sterjen yuzasining taxminiy o'lchamlari yoki φ koeffitsentinining taxminiy qiymati (masalan, $\varphi = 0.5$) olinib, kesimni yuzasi F , inertsiya momenti I_{\min} , inertsiya radiusi i_{\min} , va egiluvchanligi λ hisoblanadi.

topilgan λ egiluvchanlik asosida jadvaldan φ ning yangi qiymati topiladi, bu qiymat asosida yuqorida bajarilgan hisob ishlari yangitdan bajariladi.

bu xol, oldingi topilgan kesim yuzasi bilan keyingi topilgan kesim yuzasi bir-biridan deyari farq qilmaguncha davom ettiriladi.

Nazorat savollari va topshiriqlar:

1. Siqilgan sterjen ustuvorligini yo‘qotish hodisasini tushuntiring?
2. Kritik kuch va kritik kuchlanish deb nimaga aytiladi?
3. Sterjen egiluvchanligi deb nimaga aytiladi?
4. Kritik kuch qiymatini topish uchun Eyler formulasini yozing.
5. Ko‘ndalang kesim birligi EJ_{min} va sterjen uzunligi kritik kuch kattaligiga qanday ta’sir etadi?
6. Keltirilgan uzunlik koeffitsienti nima va u siqilgan sterjenlar uchlari turli xilda mahkamlanganda nimaga teng?
7. Eyler formulasini qo‘llash chegarasi qanday aniqlanadi?
8. Egiluvchanlik nima?
9. Kritik kuchlanishni topish uchun Yasinskiy formulasini yozing va St 3 po‘lat sterjen uchun qanday egiluvchanlikda o‘rinli?
10. Yasinskiy bo‘yicha kritik kuch qanday topiladi?
11. Siqilgan sterjen mustahkamlik shartini yozing.
12. φ koeffitsient nima? Uning qiymati qanday aniqlanadi? Uning yordamida sterjenlar ustuvorligi qanday tekshiriladi?
13. Ustuvorlikka hisoblashda sterjen kesimi qanday topiladi?

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.Smironov 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