

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI

«MEXANIKA» кафедраси

**“Texnik mexanika” fanidan “Siqilgan sterjenlarni ustivorlikka
hisoblash” mavzusida**

USLUBIY QO'LANMA



NAMANGAN 2024

Texnik mexanika fanidan uslubiy ko'rsatma 60721100- Neft va neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi ta'lim yo'nalishi talabalari uchun ishlab chiqilgan

Tuzuvchi:

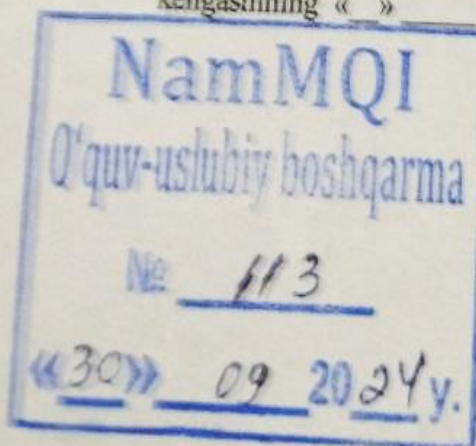
t.f.n., dots. A.F.Xakimov

Taqrizchi:

"Mexanika" kafedrasini dotsenti
U,Dehqonov

25» 11 Uslubiy ko'rsatma "Mexanika" kafedrasining
2024 yildagi yig'ilishida ko'rib chiqilgan va № 4 - sonli
bayonnomasi bilan tasdiqlangan

Uslubiy ko'rsatma Namangan muhandislik-qurilish instituti o'quv-uslubiy
kengashining « » yildagi qarori bilan, -sonli bayonnomasi
tasdiqlangan



Siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash.

Muvozanat turlari

Muhandislik amaliyotida shunday muammoli holatlar mavjud ekanki, garchi konstruktsiya yoki uning qismlari mustahkamlik talablarini qanoatlantirsada, biroq ularni muvozanat yoki harakat holatidan chetga chiqarishga intiluvchi “go’yoki kichik ta’sirlar” oqibatida ustuvorlik yo’qolib, xavfli yoki ayrim hollarda hatto halokatlar paydo bo’lar ekan. Boshqacha aytganda, mustahkamlik muammosi bilan bir qatorda konstruktsiya yoki uning qismlari ustuvorligi muammosini ham amalda to’laqonli hisob-kitob qilish g’oyat muhimdir.

Hayotda juda ko’p uchraydigan quyidagi 2ta vaziyatni tahliliy ko’rib chiqamiz.

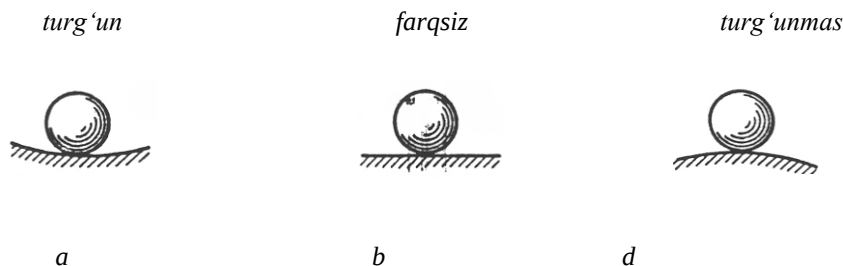
Birinchi vaziyat: mutlaq qattiq jismlarning muvozanat holatlari uch xil, ya’ni *turg’un*, *farqsiz* va *turg’unmas* holatlarda bo’lishi bizga Nazariy mexanika fanidan ma’lum.

Masalan, botiq sirt ichida sharcha (zoldir)ning muvozanati ustuvor bo’ladi, chunki sharcha joyidan bir oz qo’zg’atilib, qo’yib yuborilgach, yana o’zining dastlabki muvozanat holatiga qaytib keladi (1-shakl, a).

Gorizontaal tekislikda yotgan sharcha farqsiz muvozanat holatda bo’ladi (1-shakl, b); muvozanat holatdan chiqarilgan sharcha tashqi kuch ta’siri to’xtatilgach, o’zining dastlabki holatiga qaytmasdan yangi muvozanat holatni egallaydi.

Nihoyat, qavariq sirt ustida turgan sharcha turg’unmas muvozanat holatda bo’ladi (1-shakl, d); muvozanatdan chiqarilgan sharcha kuch ta’siri to’xtatilgandan keyin oldingi holatiga qaytmaydi.

Mutlaq qattiq jism - sharchaning
muvozanat holatlari



1-shakl

YUqorida tekshirilgan misollardan ko’rinib turibdiki, mutlaq qattiq jismlarning ustuvorligi ularga qo’yilgan tashqi kuchlarga bog’liq emas. Masalan, sharchaning og’irligi uning ustuvorligiga “go’yoki” ta’sir ko’rsatmaydi. Ammo deformatssiyalanuvchi qattiq jismlarning ustuvorligi ularga ta’sir etuvchi kuchning qiymati, yo’nalishi, qo’yilish joyi, ta’sir etish turi, jismlarning materiali kabi bir qancha omillarga uzviy bog’liqdir.

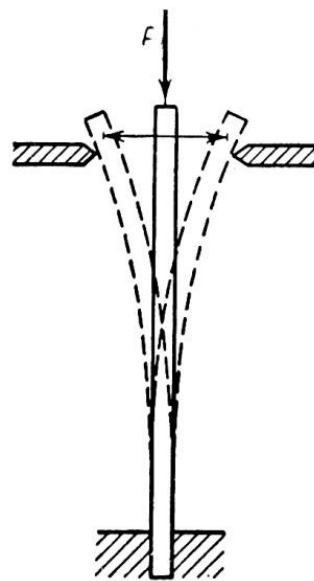
Ikkinchi vaziyat: aytaylik, pastki uchi bilan qistirib mahkamlangan to’g’ri chiziqli vertikal uzun va ingichka sterjen yoki lineykaga o’xshash jismning yuqori uchiga statik ravishda asta-sekin oshib boruvchi $F = F_1$ siquvchi kuch qo’yilgan bo’lsin (2-shakl).

Agar etarli darajada kichik siquvchi kuch ta’siridagi sterjenni birorta ko’ndalang kuch bilan yonboshdan tartib yuborsak, tashqi ta’sir to’xtatilgach, sterjen vertikal o’qqa nisbatan bir oz tebranib o’zining dastlabki to’g’ri chiziqli holatiga qaytishi, tabiiydir. Odatda, sterjenning bu holati **ustuvor muvozanat** deyiladi.

Ta’kidlash lozimki, ushbu sterjenning tebranish takroriyligi siquvchi kuchning miqdoriga qarab turlicha bo’ladi: ta’sir kuchining qiymati oshgan sari tebranish takroriyligi kamaya boradi.

Endi quyidagi holatni tahlil qilishga o’tamiz.

Siquvchi kuchni sekin-asta oshira borib, uning shunday qiymatini topish mumkinki, bu qiymatda ko’ndalang yo’nalishdagi turtkidan keyin tashqi ta’sir to’xtatilgach, sterjen to’g’ri chiziqli muvozanat holatiga qaytmasdan, egilganicha qoladi



2-shakl

Bordi-yu, sterjen to’g’rilab qo’yilsa, u o’zining dastlabki to’g’ri chiziqli muvozanat holatini egallaydi. Sterjenning bu holati **farqsiz muvozanat** deyiladi; bu holatga to’g’ri keluvchi siquvchi kuchning qiymati esa **kritik qiymat** yoki **kritik kuch** deb aytiladi hamda F_{cr} harfi bilan belgilanadi.

SHuni alohida ta’kidlash o’rinliki, siquvchi kuchning qiymati kritik qiymatga etganda sterjenning tebranish takroriyligi nolga teng bo’ladi

Kritik kuchdan kattaroq $F = F_2$ kuch bilan siqilgan sterjen tabiiyki, kuch ta'siri to'xtatilgach, u dastlabki to'g'ri chiziqli vertikal holatiga to'liq qaytmaydi, balki egilib, ustuvorligini yo'qotadi. Sterjenning bu holati **noustuvor muvozanat** deyiladi.

Demak, kritik kuch $F_1 < F_{cr} < F_2$ oraliqda o'zgaruvchi va farqsiz muvozanat holatiga tegishli shunday kuch ekanki, agar uning qiymati «salgina» kamaytirilsa sterjen ustuvor, aksincha oshirilsa, u noustuvor muvozanat holatni egallaydi.

To'g'ri chiziqli uzun va ingichka siqilgan sterjenlar ustuvorligining yo'qolish hodisasi **bo'ylama egilish** deb ataladi.

Bo'ylama egilishni xavfli deyishimizga asosiy sabablardan biri shuki, sterjenni siquvchi kuch salgina oshirilganda ham uning egilishi tez ortib, jadallasha boradi (bu jarayonni uzun xivchin misolida ham tekshirib ko'rish mumkin). Matematik jihatdan qaraganda ta'sir kuchi va salqilik orasida chiziqli bo'lmagan bog'lanish yuzaga keladi: salqilikning keskin o'zgarishi oqibatida egilishdan hosil bo'ladigan kuchlanish ham tez ortadi. Tabiiyki, bunday paytda deformatsiyalanish jarayoni ham tezlashib, u hatto sterjenning emirilishiga ham sababchi bo'ladi. Ayniqsa bunday holatlarni yupqa devorli sterjenlar misolida ko'p uchratish mumkin.

Ustuvorlik masalasi mukammal o'rganilmagan paytlarda yoki unga etarlicha e'tibor berilmagan hollarda tarixda juda ko'p ko'ngilsiz voqealar sodir bo'lgan.

Konstruksiya qismlarining bo'ylama egilishi xavfli bo'lganligi sababli amalda unga yo'l qo'yib bo'lmaydi. Masalan, siquvchi kuch F_{cr} dan salgina oshirilgandayoq egilish juda tez o'sib (salqilik bilan siquvchi kuch orasida chiziqli bog'lanish mavjud) sterjen *to'satdan emirilishi* ham mumkin.

SHu jihatdan qaraganda, siqilgan sterjenlarning xavf-xatarsiz ishlashini ta'minlovchi siquvchi kuchning haqiqiy qiymati F ni kritik kuch F_{cr} dan kichik qilib olish maqsadga muvofiqdir:

$$F = \frac{F_{cr}}{n^s} \quad (1)$$

Bunda n^s -ustuvorlikning hisoblab aniqlanadigan yoki haqiqiy ehtiyot koeffitsienti*.

Ustuvorlikning talab etiladigan yoki zaruriy yoxud ruxsat etilgan ehtiyot koeffitsienti maxsus jadvallardan olinadi.

Masalan, mashinasozlik konstruksiyalarining po'lat materiallardan yasalgan qismlarini hisoblashda $n_{adm}^s = 4 \div 5$

oraliqda, qurilish konstruksiyalarining qismlarini hisoblashda esa n_{adm}^s quyidagicha olinadi:

$$n_{adm}^s = 1,8 \div 3 \quad (\text{po'lat uchun})$$

$$n_{adm}^s = 2,8 \div 3,2 \quad (\text{yog'och uchun})$$

$$n_{adm}^s = 5 \div 5,5 \quad (\text{cho'yan uchun})$$

YUqoridagilardan ayonki, ustuvorlikka oid muammolarni hal etishda kritik kuchning qiymatini topish muhim ekan.

Kritik kuchni topishning Eyler usuli

Elastik tizimlarning ustuvor muvozanati bir necha nazariy va tajribaviy tadqiqotlarga tayanuvchi statik va dinamik usullarda tekshirib ko'rilgan.

Eyler usuli statik usul hisoblanib, bir muncha oddiyoqdir.

Ta'kidlash o'rinliki, hozirgi paytlarda qurilish va mashinasozlikda uchraydigan turli konstruksiya yoki uning qismlarining ustuvorligiga oid muammolar dinamik usulda o'rganilmoqda. Bu usulning asoslari va ulardan foydalanish metodikasi maxsus kurslarda o'rganish ko'zda tutilgan.

Eyler formulasini keltirib chiqarish uchun bikrligi o'zgarmas, uchlari sharnirli mahkamlangan prizmatik uzun sterjendan foydalanamiz (3-shakl, a).

Sterjenni miqdor jihatidan teng, ammo yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lgan ikkita siquvchi kuch bilan yuklaymiz. Siquvchi kuch $F = F_{cr}$ bo'lganda, sterjen egri chiziqli muvozanat holatiga o'tadi (3-shakl, b).

Sterjenning deformatsiyasini juda kichik deb faraz qilib, elastik chiziqning taqribiy differensial tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$EJ_x v_z'' = \pm M_z \quad (a)$$

Bu erda $EJ_x = EJ_{\min}$ ga teng, chunki ustuvorlikning yo'qolishi bikrligi kichik tekislikda sodir bo'ladi.

Istalgan kesimdagi eguvchi moment $M_z = -F_{cr} \cdot v_z$ ga teng; bu erda minus ishora egrilikning kamayishini ko'rsatadi.

Eguvchi momentning ifodasini (a) ga qo'yib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$EJ_{\min} = -F_{cr} \cdot v_z \quad \text{yoki} \quad v_z'' + k^2 v_z = 0 \quad (b)$$

$$\text{Bunda} \quad k^2 = \frac{F_{cr}}{EJ_{\min}} \quad (c)$$

Hosil qilingan bir jinsli differensial tenglamaning umumiy integrali

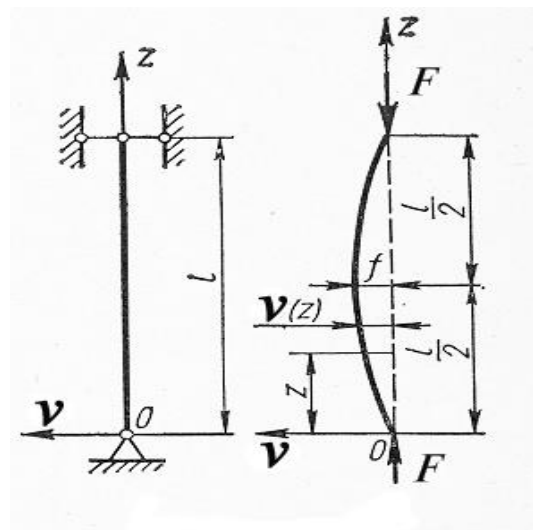
$$v_z = C_1 \cos kz + C_2 \sin kz \quad (d)$$

ko'rinishga ega.

C_1 va C_2 integral o'zgarmaslari quyidagi chegaraviy shartlardan foydalanib topiladi:

$z = 0$ bo'lganda, salqilik $v_z = 0$ bo'ladi;

$z = \ell$ bo'lganda, salqilik $v_z = 0$ bo'ladi.



3-shakl

Birinchi chegaraviy shartdan $C_1 = 0$ ekanligi kelib chiqadi; shu sababli

$$v_z = C_2 \sin kz \quad (e)$$

ko'rinishda yoziladi. Ikkinchi chegaraviy shartdan ushbu tenglamani hosil qilamiz:

$$C_2 \sin kl = 0$$

Matematik nuqtai nazardan qaraganda bu tenglamada

$$C_2 = 0 \text{ yoki } \sin kl = 0$$

bo'lishi kerak.

Birinchi hol bizni qiziqitmaydi: B nolga teng bo'lishi mumkin emas, chunki bu shartning bajarilishi sterjenning o'qi to'g'ri chiziqligicha qoladi degan ma'noni anglatadi; tabiiyki, bu masalaning shartiga zid.

Bundan chiqdi, ikkinchi holni, ya'ni $\sin kl = 0$ bo'lgan holni tahlil qilish muhimdir. Bu tenglamadan $kl = n\pi$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) yoki $k = \frac{n\pi}{l}$ ekanligi kelib chiqadi.

Oxirgi ifodani ikkala tomonini kvadratga oshirgandan so'ng uni (c) ifoda bilan tenglashtiramiz:

$$\frac{F_{cr}}{EJ_{min}} = \frac{n^2 \pi^2}{l^2}$$

Bundan izlanayotgan kritik kuchning formulasi kelib chiqadi:

$$F_{cr} = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} EJ_{min} \quad (2)$$

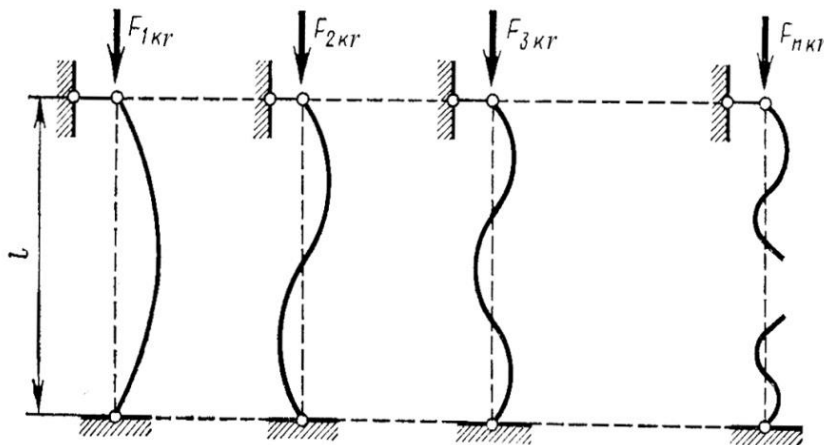
YOki, sterjen egilgan o'qi – elastik chiziqligining tenglamasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$v_z = C_2 \sin \frac{n\pi}{l} z \quad (3)$$

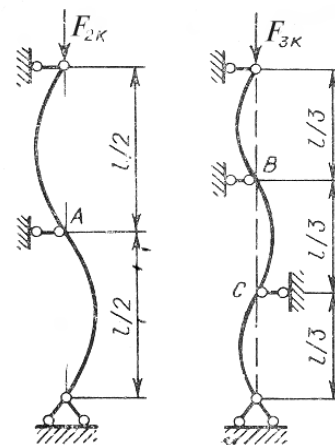
Demak, sterjen sinusoida qonuniyati bo'yicha egilishga qarshilik ko'rsatar ekan. Oxirgi ikkita formuladan quyidagilarni yozib olish mumkin:

$n = 0,$	$F_{cr}^{(0)} = 0,$	$v_z = 0;$
$n = 1,$	$F_{cr}^{(1)} = \frac{\pi^2}{l^2} EJ_{min},$	$v_z = C_2 \sin \frac{\pi}{l} z$
$n = 2,$	$F_{cr}^{(2)} = \frac{4 \pi^2}{l^2} EJ_{min},$	$v_z = C_2 \sin \frac{2 \pi}{l} z$
$n = 3,$	$F_{cr}^{(3)} = \frac{9 \pi^2}{l^2} EJ_{min},$	$v_z = C_2 \sin \frac{3 \pi}{l} z$
.....,	,	

Nihoyat, kritik kuchning bitta emas, balki bir necha qiymatlariga ega bo'ldik. Har bir kritik kuchga tegishli muvozanat holati mavjud (4-shakl).



4-shakl



5-shakl

SHuni ta'kidlash muhimki, egilishning faqat birinchi shakliga mos keluvchi muvozanat ustuvor bo'ladi (bu holatda $n = 1$ teng). Qolgan barcha ko'rinishdagi muvozanat esa toki B, C kesimlarga qo'shimcha tayanch qo'yilmaguncha noustuvor bo'ladi (5-shakl).

Kritik kuchning eng kichik qiymatini aniqlash amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2}{l^2} EJ_{min} \quad (4)$$

Bu formulani 1744 yilda Peterburg Fanlar Akademiyasining a'zosi Leonard Eyler birinchi bo'lib taklif etganligi sababli uni Eyler **formulasi**, bu formula bo'yicha topilgan kuch esa Eyler **kuchi** deb ataladi.

Eyler formulasidan ko'rinish turibdiki, kritik kuchning qiymati sterjenning bikrligiga to'g'ri mutanosib bog'lanishda, sterjen uzunligi kvadratiga esa teskari mutanosib bog'lanishda ekan.

Endi quyidagi muhim xulosaga to'xtalamiz:

Elastiklik chegarasida qarshilik ko'rsatuvchi sterjen uchun kritik kuch sterjen materialining elastiklik moduli va uning geometrik o'lchamlariga bog'liq, lekin sterjen tayyorlangan materialning mustahkamligini tavsiflovchi naviga bog'liq emasligi tajribalardan tasdiqlangan.

Masalan, Cr.3 va yuqori navli ayrim po'latlar uchun elastiklik moduli E deyarli bir xil bo'lganligi sababli ular uchun kritik kuchning qiymatlari ham o'zaro teng bo'lar ekan. SHuningdek, geometrik o'lchamlari bir xil, lekin turli sortli po'latlardan yasalgan va faqat elastiklik chegarasida ishlaydigan ikkita sterjen deyarli bir xil kritik kuchda ustuvorligini yo'qotadi.

Demak, ustuvorlik masalalarini muhokama etayotganda siqilishga va cho'zilishga ishlaydigan sterjenlar orasida keskin farq mavjudligiga e'tibor berish lozimdir. CHegaraviy cho'zuvchi kuch bevosita materialning mustahkamlik tavsiflariga bog'liq bo'lganligi sababli turli navli po'latlar uchun turlichadir. Biroq elastiklik chegarasidagi siqilishda butunlay boshqa holni ko'ramiz: chegaraviy cho'zuvchi kuch sterjenning uzunligiga bog'liq emas, ammo chegaraviy siquvchi kuchning qiymati sterjen uzunligi ortishi bilan keskin kamayar ekan.

Sterjen uchlari mahkamlanish usullarining kritik kuchga ta'siri

Sterjen uchlarning qanday usulda tayanchga o'rnatilganligi yoki mahkamlanganligiga qarab kritik kuchning kattaligi sezilarli darajada o'zgaradi: oshadi yoki kamayadi.

Buni oydinlashtirish maqsadida uchlari tayanchga turlicha biriktirilgan sterjenlar uchun kritik kuchni aniqlaymiz (6-shakl).

a) sterjenning uchlari vertikal yo'nalishda erkin harakatlana oluvchi polzunga sharnir vositasida 6-shakl, a da tasvirlangandek mahkamlangan (asosiy hol).

Birinchi usul bo'yicha tayanchlarga mahkamlangan sterjenlar uchun kritik kuch

$$F_{1kr} = \frac{\pi^2 EJ_{min}}{l^2} \quad (a)$$

formuladan topiladi.

b) sterjenning faqat pastki uchi qistirilgan holda tayanchga tiralgan (6-shakl, b).

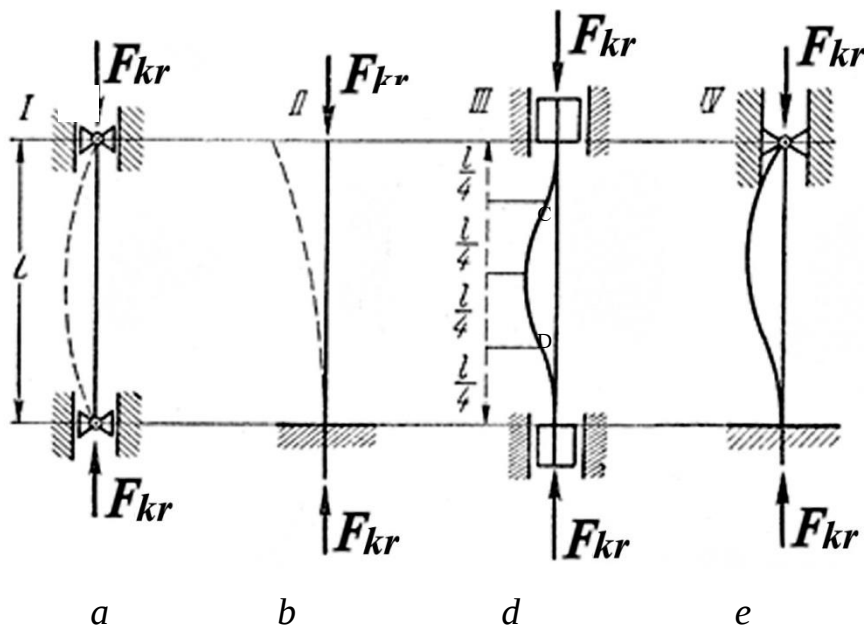
Sterjenning o'q chizig'ini chizmada ko'rsatilgandek, davom ettirib quyidagi xulosaga kelish mumkin: *bir uchi tayanchga qistirib tiralgan, ikkinchi uchi esa mutloq erkin turgan sterjen uzunligi $2l$ ga teng bo'lgan va asosiy usul bo'yicha mahkamlangan sterjen kabi sharoitda qarshilik ko'rsatadi.*

$$\mu = 1$$

$$\mu = 2$$

$$\mu = 0,5$$

$$\mu = 0,7$$



6-shakl

Bundan chiqdi, ikkinchi usul bo'yicha mahkamlangan sterjen uchun kritik kuchni topishda (3) formuladagi ℓ ni 2ℓ ga almashtirish kifoya:

$$F_{2kr} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(2\ell)^2} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{4\ell^2} \text{ yoki } F_{2kr} = \frac{1}{4} F_{1kr} \quad (b)$$

d) sterjen ikki uchi bilan qistirib tiralgan yoki sterjenning ikkala uchi ham vertikal yo'nalishda erkin harakatlanuvchi polzunga biriktirilgan (6-shakl, d).

Sterjenning elastik chizig'i ikkita: C va D burilish nuqtalariga ega bo'lgan uchta bo'lakchadan iborat; uzunligi 0.5ℓ ga teng bo'lgan CD bo'lakcha «go'yoki» asosiy usul bo'yicha mahkamlangan sterjen kabi sharoitda qarshilik ko'rsatadi. SHu sababli (3) dagi ℓ ning o'rniga 0.5ℓ ni qo'yish lozim:

$$F_{3kr} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(0,5\ell)^2} = \frac{4\pi^2 EJ_{\min}}{\ell^2} \text{ yoki } F_{3kr} = 4 F_{1kr} \quad (d)$$

e) sterjenning bir uchi qistirib tiralgan, ikkinchi uchi esa qo'zg'aluvchan sharnirli tayanchga yoki vertikal yo'nalishda erkin harakatlanuvchi polzunga sharnir vositasida mahkamlangan (6-shakl, e).

Elastik chiziqda bitta buralish nuqtasi mavjud bo'lib, u ikki bo'lakdan iborat; sterjenning $CD \approx 0,7\ell$ qismi asosiy usul bo'yicha mahkamlangan sterjen singari sharoitda qarshilik ko'rsatadi.

Tekshirilayotgan hol uchun kritik kuch

$$F_{4kr} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(0,7\ell)^2} \text{ yoki } F_{4kr} \approx 2 F_{1kr}. \quad (g)$$

ko'rinishlarda ifodalanadi.

SHunday qilib, yuqorida bayon etilgan barcha hollar uchun kritik kuch aniqlanadigan formulalarni

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{\ell_{kel}^2} \quad (5)$$

ko'rinishda umumlashtirish mumkin.

Bunda $\ell_{kel} = \mu \cdot \ell$ -sterjenning keltirilgan uzunligi;

μ -uzunlikni keltirish koeffitsienti; yuqoridagi chizmadan ayonki, u sterjen uchlarining tayanchlarga mahkamlanish usuliga bog'liqdir.

(5) formulani birinchi bo'lib 1892 yilda Peterburg yo'llar institutining professori F.S.YAsinskiy taklif etgan.

Kritik kuchlanish. Eyler formulasining tadbqiq etilish chegarasi

Eyler formulasi bo'yicha kritik kuch topilgach, kritik kuchlanishni quyidagicha yozish mumkin:

$$\sigma_{kr.} = \frac{F_{kr.}}{A}, \quad \sigma_{kr.} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu\ell)^2 \cdot A} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{\mu\ell}{i_{\min}}\right)^2} \quad (6)$$

Bunda A -sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi.

$i_{\min}$ -ko'ndalang kesimining eng kichik inersiya radiusi.

Oxirgi formulaning maxrajidagi miqdorni λ harfi bilan belgilaymiz:

$$\lambda = \frac{\mu\ell}{i_{\min}} \quad (7)$$

bu erda λ -sterjenning egiluvchanligi bo'lib, o'lchamsiz miqdordir.

Oxirgi ifodani e'tiborga olib, kritik kuchlanishni quyidagicha yozamiz

$$\sigma_{kr.} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (8)$$

Eyler formulasini hamma vaqt ham amalda tadbiq etib bo'lmaydi, chunki uning Guk qonuni kuchga ega bo'lgan chegarada keltirib chiqarilganligini unutmaslik dardkor.

Hatto Eyler formulasidan amalda foydalanish mumkin bo'lmagan chegaralarni aniq bilmaslik oqibatida ko'p yillar mobaynida Eyler formulasi bo'yicha bahs-munozaralar ham bo'lgan. Oddiyroq aytganda, sterjenning egilgan o'qini aniqlashda Guk qonuni asosida chiqarilgan differensial tenglama ishlatilganligining mazmun-mohiyatiga tahliliy e'tibor berilmagan edi.

Bundan asosiy xulosa shuki, Eyler formulasidan faqat mutanosiblik chegarasidagina foydalanish mumkin, ya'ni uni ishlatishda

$$\sigma_{kr.} \leq \sigma_{mut} \quad \text{yoki} \quad \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \leq \sigma_{mut} \quad (9)$$

shartni buzmaslik kerak.

Bunda σ_{mut} -sterjen materialining mutanosiblik chegarasi bo'lib, uning qiymati ba'zi materiallar uchun 3-jadvalda berilgan.

Eyler formulasini tadbiq etilish chegarasini aniqlash maqsadida (9) shartdan λ ni ushbu ko'rinishda yozib olamiz:

$$\lambda \geq \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{mut}}} \quad (10)$$

YUqoridagi jadvalda egiluvchanlikning chegaraviy qiymati keltirilgan.

Demak, Ст.3 navli po'latdan yasalgan sterjenlar uchun Eyler formulasini egiluvchanlik 100 dan katta bo'lgandagina tadbiq etish mumkin, xolos.

Bordi-yu, tekshirilayotgan sterjenning egiluvchanligi jadvalda berilgan qiymatlardan kichik bo'lsa, F.S.YAsinskiy tomonidan taklif etilgan quyidagi empirik (tajribalar natijasiga asoslangan) formula ishlatiladi:

$$\sigma_{kr.} = a - b \cdot \lambda \quad (11)$$

cho'yan uchun:

$$\sigma_{kr.} = a - b \cdot \lambda + c \cdot \lambda^2 \quad (12)$$

bunda a, b, c -materiallarning xossasiga bog'liq bo'lgan o'zgarmlar bo'lib, ular tajribalardan aniqlanadi (1-jadval).

7-shaklda Ст.3 navli po'lat materialidan yasalgan sterjen uchun kritik kuchning egiluvchanlikka bog'liqlik grafigi tasvirlangan.

Grafikning $\lambda = 0 \div 40$ oralig'ida kritik kuchlanishning qiymati o'zgarmlar bo'lib, $\sigma_{kr.} = \sigma_{o.ch.}$ ga teng.

Grafikning $\lambda = 40 \div 100$ oralig'i (11) formula yordamida qurilgan.

Grafikning $\lambda > 100$ qismi giperbola ko'rinishida bo'lib, (8) formula asosida chizilgan.

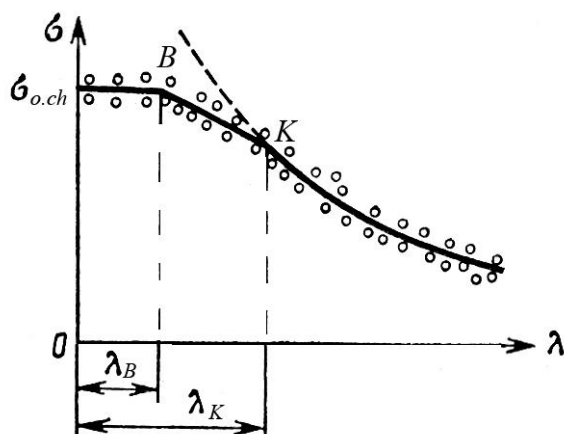
1-jadval

№	Materiallarning nomlanishi	σ_{mut}	λ_{cheg}	a	b	c
		MPa	-	MPa		

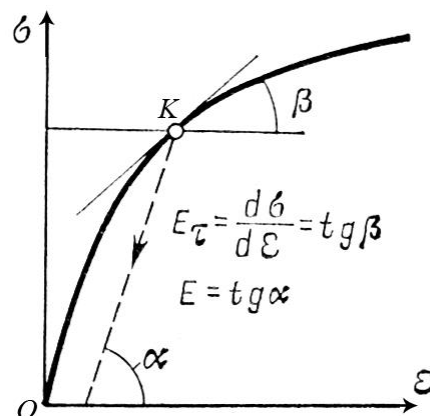
1	Po'lat:					
	St 2, St 3	20	100	310	1,14	-
	St 5	24		464	3,26	-
	St 40		90	321	1,16	-
2	Tarkibida kremniy miqdori oshirilgan po'lat		100	589	3,82	-
3	CHo'yan	18	80	776	12	0,53
4	YOg'och (qarag'ay)	8	110	29,3	0,19	-

SHunday qilib, bo'ylama egilishga hisoblanayotgan sterjenlarni uchta, ya'ni bikr, bikrligi o'rtacha va egiluvchan sterjenlar guruhiga ajratish mumkin:

$$\sigma_{kr.} = \begin{cases} \sigma_{o.ch.} = const, & 0 \leq \lambda \leq 40 \text{ (bikr sterjenlar);} \\ a - b\lambda, & 0 \leq \lambda \leq 100 \text{ (o'rtacha bikrlidagi sterjenlar);} \\ \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}, & \lambda > 100 \text{ (egiluvchan sterjenlar)} \end{cases}$$



7-shakl



8-shakl

Tajriba natijalari va Eyler formulasiga tayanib, boshqa materiallar uchun ham $\sigma_{kr.} = f(\lambda)$ bog'lanish grafigini qurish mumkin.

Eyler va YAsinskiy formulalarini qo'llash siqilgan sterjenlar ustuvorligiga oid muammolarni barcha egiluvchilik chegarasida hal qilish imkonini beradi.

Ko'pincha elastik-plastik sohalarida ishlaydigan sterjenlar ustuvorligi masalalari tajribaviy usullarda o'rganiladi. SHunga qaramasdan YAsinskiy tomonidan "go'yoki" Eyler formulasiga o'xshash quyidagi formula taklif etilgan bo'lib, unga muvofiq muammoni nazariy usulda echish mumkin:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 E_r J}{(\mu l)^2} \quad (13)$$

Bu erda E_r elastik-plastik sohalarida ishlaydigan sterjenlar uchun "keltirilgan model" deb nomlanadi va quyidagicha aniqlanadi:

$$E_r = \frac{4E_1 E_2}{(\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2} \quad (14)$$

Bu erda E_1 – yuksizlanishdagi elastiklik moduli bo'lib, boshlang'ich moduliga

teng (masalan, po'lat uchun $E_1 = E = (1,9 - 2,15)10^5$ MPa);

$E_2 = E_r$ – biror o'q bo'yicha kuchlanishga mos keluvchi elastiklik moduli

bo'lib, u siqilish egri chizig'iga o'tkazilgan ununma og'ish

burchagining teng bo'ladi (ko'pincha bu parametr ununma modul

ham deb yuritiladi).

Amalda "keltirilgan model" E_r dan foydalanish g'oyasi quyidagicha: avvaliga siqilgan sterjen keyinchalik egilganida cho'zilish va siqilishda elastiklik moduli turlicha bo'lgan sterjen kabi ishlaydi.

Aytaylik, biror sterjen markaziy qo'yilgan kuch bilan siqilgan va kuchlanishi elastiklik chegarasidan yuqori, sterjenga ta'sir etayotgan kuch kritik qiymatga yaqin. Kuchning qiymati kritik miqdorga etishi bilanoq sterjen egila boshlaydi. Eguvchi moment ta'sirida sterjen ko'ndalang kesim yuzasining bir qismida qo'shimcha ravishda siquvchi kuchlanish, qolgan qismida esa cho'zuvchi kuchlanish paydo bo'lishi, shubhasiz. Boshqacha aytganda sterjenning ikkinchi qismida *yuksizlanish* paydo bo'ladi.

Ma'lumki, material yuksizlanganda uning elastiklik moduli odatdagi elastiklik moduli bilan bir xil bo'ladi, yanada takroriy yuklanganida esa elastiklik moduli siqilish diagrammasiga o'tkazilgan urunma og'ish burchagining tangensiga teng bo'ladi (8-shakl).

Demak, sterjen elastiklik chegarasidan katta kuchlanish bilan markaziy kuch bilan siqilgan bo'lsa hamda egila boshlasa yoki qiyshaya boshlasa, u cho'zilish va siqilishdagi elastiklik moduli turlicha bo'lgan sterjen singari ishlar ekan.

Siqilgan sterjenlarni amalda hisoblash usuli

(5) formula yordamida siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka hisoblash ancha noqulay, chunki kritik kuchning har bir formulasi uchun o'ziga tegishli egiluvchanlikning alohida o'zgarish oralig'i mavjud. Aytilgan kamchilikni bartaraf etish uchun uchta formulani sterjenning istalgan egiluvchanligi uchun yaroqli bo'lgan bitta formula bilan almashtirish maqsadga muvofiqdir; bunga erishishning yo'li (5) ifoda bo'yicha aniqlanuvchi kritik kuchlanishdan bo'ylama egilish (ustuvorlik) dagi joiz kuchlanishga o'tishdan iborat.

YUqorida aytib o'tilganidek, $F_{kr.}$ emiruvchi, xavfli kuch hisoblanadi. SHu sababli sterjenning ustuvorligi va mustahkamligini ta'minlay oladigan siquvchi kuchning ruxsat etilgan qiymati yoki boshqacha aytganda, ruxsat etilgan kritik kuch F_{adm}^s kritik kuch $F_{kr.}$ dan n_{adm}^s marta kichik bo'lishi lozim:

$$F_{adm}^s = \frac{F_{kr.}}{n_{adm}^s} \quad (15)$$

Bu ifodaning ikkala tomonini A marta kamaytirib, ustuvorlik uchun berilgan ruxsat etilgan kritik kuchlanish σ_{adm}^s ham kritik kuchlanish $\sigma_{kr.}$ ning n^s qismini tashkil etishini ko'ramiz:

$$\sigma_{adm}^s = \frac{\sigma_{kr.}}{n_{adm}^s} \quad (16)$$

Oldingi paragrafda berilgan $\sigma_{kr.} = f(\lambda)$ grafikdan foydalanib, kritik kuchlanishning har bir qiymatini n marta kamaytirib, σ_{adm}^s ning egiluvchanlikka bog'liqlik grafigini quramiz (bu grafik ingichka chiziq bilan ko'rsatilgan).

Ustuvorlik uchun berilgan ruxsat etilgan kuchlanish σ_{adm}^s bilan mustahkamlik uchun berilgan asosiy (oddiy siqilishdagi) ruxsat etilgan kuchlanish $\sigma_{adm} = \frac{\sigma_u}{n}$ ni o'zaro taqqoslab, $\sigma_{adm}^s < \sigma_{adm}$ ekanligiga ishonch hosil qilamiz.

Oxirgi ifodaning o'ng tomonini $\varphi < 1$ miqdorga ko'paytirib, tengsizlik belgisidan tenglik belgisiga o'tiladi va quyidagi muhim formula hosil qilinadi:

$$\sigma_{adm}^s = \varphi \cdot \sigma_{adm} \quad (17)$$

Bunda φ - mustahkamlik uchun berilgan asosiy ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish (bo'ylama egilish) koeffitsienti.

(15) va (16) formulalarni e'tiborga olib, φ ni quyidagicha yozamiz:

$$\varphi = \frac{\sigma_{kr.}}{n_{adm}^s} \cdot \frac{n_{adm}}{\sigma_{o.ch.}} \quad \text{yoki} \quad \varphi = \frac{\pi^2 E}{\sigma_u} \cdot \frac{n_{adm}}{n_{adm}^s} \cdot \frac{1}{\lambda^2} \quad (18)$$

Demak, φ sterjen materiali va uning egiluvchanligiga bog'liq ekan; turli materiallar uchun φ ning qiymatini "Русча: СНиП II – В.3 – 84" ga muvofiq 2-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan olish mumkin.

Quyidagi ikkita shart bajarilgan holda siqilgan sterjenlar tashqi siquvchi kuchga etarli darajada qarshilik ko'rsata oladi:

- ustuvorlik sharti

$$\sigma^s = \frac{F^s}{A} \leq \sigma_{adm}^s \quad (19)$$

- mustahkamlik sharti

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{adm} \quad (20)$$

SHuni eslatib o'tish muhimki, sterjenni ustuvorlikka hisoblashda kesimning to'liq yuzasi olinadi, ya'ni $A = A_{br}$ qabul qilinadi. Mustahkamlikni hisoblashda esa parchin mixlar uchun teshiklar va turli o'yiqlar ochish natijasida zaiflashtirilgan haqiqiy kesim yuza $A = A_{net}$ ishlatiladi.

2-jadval

Egiluvchilik	“ φ ” ning qiymati		Egiluvchilik	“ φ ” ning qiymati	
	Ст.3 va Ст.4	Ст.5		Ст.3 va Ст.4	Ст.5
0	1.00	1.00	120	0.45	0.37
10	0.99	0.98	130	0.40	0.32
20	0.97	0.96	140	0.36	0.28
30	0.95	0.93	150	0.32	0.25
40	0.92	0.89	160	0.29	0.23
50	0.89	0.85	170	0.26	0.21
60	0.86	0.80	180	0.23	0.19
70	0.81	0.74	190	0.21	0.17
80	0.75	0.67	200	0.19	0.15
90	0.69	0.59	210	0.17	0.14
100	0.60	0.50	220	0.16	0.13
110	0.52	0.43	230	0.15	0.12

(17) ifodani e'tiborga olsak, siqilgan sterjenlarning ustuvorlik sharti

$$\frac{F^s}{\varphi \cdot A_{br}} \leq \sigma_{adm} \quad (21)$$

ko'rinishni egallaydi; ko'pincha, (21) ifoda **ustuvorlikdagi hisob tenglamasi** ham deb yuritiladi.

Hisob tenglamasidan ruxsat etilgan kritik kuchni aniqlaymiz:

$$F_{adm}^s = A_{br} \cdot \varphi \cdot \sigma_{adm} \quad (22)$$

O'z-o'zidan ravshanki, agar ustuvorlikning haqiqiy ehtiyot koeffitsienti zaruriy ehtiyot koeffitsientidan kichik bo'lmasa, siqilgan sterjenlarning ustuvorligi ta'minlangan bo'ladi:

$$n^s \geq n_{adm}^s \quad (23)$$

Bu tengsizlik ham *ustuvorlik shartini* ifodalaydi.

(1) va (15) formulalarni nazarda tutib, (23) ni birmuncha o'zgartirib yozamiz:

$$\frac{F_{kr.}}{F} \geq \frac{F_{kr.}}{F_{adm}^s} \quad \text{yoki} \quad F \leq F_{adm}^s \quad (24)$$

Oxirgi tengsizlikning ikkala tomonini A_{br} marta kamaytirib, ustuvorlik shartini kuchlanishlar orqali ifodalaymiz:

$$\sigma \leq \sigma_{adm}^s \quad (25)$$

Bunda $\sigma = \frac{F}{A_{br}}$ -siquvchi kuchlanishning haqiqiy qiymati.

Ustuvorlikka hisoblash ikki usulda olib boriladi.

1. Tekshiruv hisobi (ruxsat etilgan kritik kuchni topish).

Ko'ndalang kesimning geometrik tavsifnomasi va sterjen uchlarining tayanchlarga mahkamlanish usuliga qarab, uning egiluvchanligi λ aniqlanadi; so'ngra sterjen materiali uchun λ bo'yicha yuqorida keltirilgan jadvaldan bo'ylama egilish koeffitsienti φ topiladi.

Nihoyat, ruxsat etilgan kritik kuch

$$F_{adm}^s = A \cdot \varphi \cdot \sigma_{adm} \quad (26)$$

yoki ruxsat etilgan kritik kuchlanish

$$\sigma_{adm}^s = \varphi \cdot \sigma_{adm} \quad (27)$$

lar topilib, tegishli $F \leq F_{adm}^s$ yoki $\sigma \leq \sigma_{adm}^s$ shartlar tekshirib ko'riladi. Bordi-yu, bu shartlar bajarilmasa, tekshirilayotgan sterjen noustuvor muvozanat holatida, deb hukm yuritiladi.

2. Loyiha hisobi (ustuvorlikni ta'minlay oladigan kesim yuza tanlash).

Ustuvorlikdagi hisob tenglamasi (XII.21) dan ko'rinib turibdiki, uning tarkibida ikkita noma'lum bor: bo'ylama egilish koeffitsienti φ va aniqlanishi zarur bo'lgan A_{br} kesim yuza. SHuning uchun loyiha hisobida ketma-ket yaqinlashish usulini qo'llab, quyidagi ishlarni navbat bilan bajarish tavsiya etiladi:

- bo'ylama egilish koeffitsientining boshlang'ich qiymati $\varphi_1 = 0,5 \div 0,6$ oralig'ida tanlanadi;
- kesim yuza aniqlanadi:

$$A_i = \frac{F}{\varphi_i \cdot \sigma_{adm}}$$

bunda $i = 1, 2, 3, \dots$ -ketma-ket yaqinlashishdagi qadamlar soni;

d) hosil qilingan A bo'yicha kesim yuza o'lchamlari (sortamentlar uchun esa zaruriy ma'lumotlar olinadi) aniqlangach, egiluvchanlik

$$\lambda_i = \frac{\mu \cdot \ell}{i_{min}}$$

hisoblanadi;

e) topilgan λ_i uchun sterjen materialiga qarab bo'ylama egilish koeffitsientining haqiqiy qiymati φ'_i aniqlanadi. Agar φ'_i va φ_i lar orasida katta farq mavjud bo'lsa, σ_{his} kuchlanish ham asosiy ruxsat etilgan kuchlanishdan katta farq qiladi.

Odatda, kuchlanishlar orasidagi farq 5% dan oshmasligi lozim. Bordi-yu, bu shart bajarilmasa

$$\varphi_{i+1} = 0,5(\varphi_i + \varphi'_i)$$

bo'yicha yangi "urinish" qilib, φ'_{i+1} ni aniqlamaguncha hisoblashni davom ettirish kerak;

f) ruxsat etilgan kritik kuch yoki kuchlanishlar topilgach, tegishli (19) yoki (20) shartlar tekshirib ko'riladi.

Eslatma: shuni alohida ta'kidlash o'rinliki, muammoning qo'yilishiga qarab yana quyidagi 3 ta masalani ham echish mumkin.

1-masala: tekshiruv hisobi.

Bunda (23) formulaga muvofiq, ustuvorlikning amaldagi haqiqiy ehtiyot koeffitsienti zaruriy yoki ruxsat etilgan ehtiyot koeffitsientiga taqqoslanadi:

$$n^s \geq n_{adm}^s \quad \text{yoki} \quad n^s = \frac{F_{kr}}{F} \geq n_{adm}^s \quad (28)$$

Bu erda F — sterjenni siquvchi kuchning miqdori.

2-masala: ruxsat etilgan yukni aniqlash.

YUqoridagi shartga ko'ra:

$$F_{adm} = \frac{F_{kr}}{n_{adm}^s} \quad (29)$$

3-masala: loyiha hisobi (ustuvorlikni ta'minlay oladigan kesim yuza o'lchamlarini topish).

Bunda (XII.5) formulaga muvofiq, dastlab talab etiladigan inersiya momentining minimal qiymati aniqlanadi:

$$J_{min} \geq \frac{F n_{adm}^s (\mu l)^2}{\pi^2 E} \quad (30)$$

Keyin esa inersiya radiusining minimal qiymati va sterjenning egiluvchanligi aniqlanib, Eyler formulasining qo'llanilish chegarasi ham tekshirib ko'riladi.

Misol:

Qistirib mahkamlangan ikkinchi uchi sharnir vositasida mahkamlangan St3 po'latdan yasalgan ustun uchun quyidagilar topilsin:

1. Ko'ndalang kesim tanlansin.
2. Kritik kuch miqdori aniqlansin.
3. Ustivorlikning talab etilgan ehtiyot koeffitsienti aniqlansin.

Berilgan:

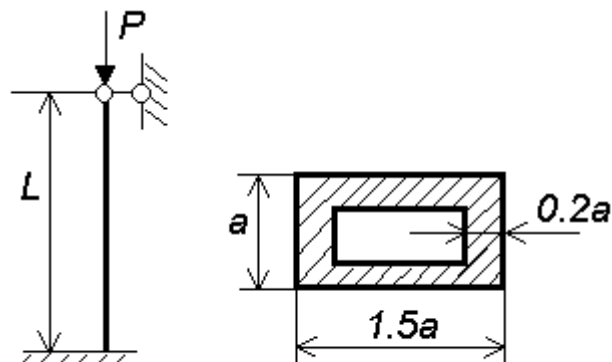
$$P=21,5 \text{ T} = 21500 \text{ kg}$$

$$l=3 \text{ m} = 300 \text{ sm}$$

$$\varphi_0=0,5$$

$$[\sigma]=1600 \text{ kg/sm}^2$$

$$\mu=0,7$$



1. Po'lat ustunni ko'ndalang kesim yuzasini topamiz:

$$F=1,5 \cdot a^2 - 1,1 \cdot a \cdot 0,6 \cdot a = 1,5 \cdot a^2 - 0,66 \cdot a^2 = 0,84 \cdot a^2$$

Ko'ndalang kesim o'lchami:
$$a = \sqrt{\frac{F}{0,84}}$$

2. Ko'ndalang kesimning minimal inertsia momentini hisoblaymiz:

$$I_{\min} = \frac{a^3 \cdot 1,5}{12} - \frac{(0,6 \cdot a)^3 \cdot 1,1 \cdot a}{12} = \frac{a^4 (1,5 - 0,2376)}{12} = 0,1052 \cdot a^4$$

3. Ko'ndalang kesimning minimal inertsia radiusini topamiz:

$$\tau_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F}} = \sqrt{\frac{0,1052 \cdot a^4}{0,84 \cdot a^2}} = 0,354 \cdot a$$

I-yaqinlashishda mustahkamlik uchun berilgan asosiy ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish koeffitsienti $\varphi_0=0,5$ deb qabul qilamiz.

Ko'ndalang kesim yuzi
$$F = \frac{N}{\varphi_0 [\sigma]} = \frac{21500}{0,5 \cdot 1600} = 26,88 \text{ cm}^2$$

Ko'ndalang kesim o'lchami
$$a = \sqrt{\frac{F}{0,84}} = \sqrt{\frac{26,88}{0,84}} = \sqrt{32} = 5,66 \text{ cm}$$

Ustunning keltirilgan uzunligi $l_{\text{kel}} = \mu \cdot l = 0,7 \cdot 300 = 210 \text{ sm}$. Ustunning egiluvchanligi quyidagi formula yordamida topamiz:

$$\lambda = \frac{l_{\text{kel}}}{\tau_{\min}} = \frac{210}{0,354 \cdot 5,66} = \frac{210}{2} = 105$$

Mustahkamlik uchun berilgan asosiy ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish koeffitsienti φ ni $\lambda=105$ uchun jadvaldan qiymatini topishda $\lambda'=100$ va $\lambda''=110$ orasidagi qiymatlarni interpolatsiya qilamiz.

$$\begin{aligned} \lambda' &= 100 & \text{da} & \varphi' = 0,60 \\ \lambda'' &= 110 & \text{da} & \varphi'' = 0,52 \end{aligned}$$

$$\varphi_1 = \varphi' - \frac{\varphi' - \varphi''}{\lambda'' - \lambda'} \cdot (\lambda' - \lambda) = 0,60 - \frac{0,60 - 0,52}{10} \cdot 5 = 0,56$$

Ustun kesimida hosil bo'ladigan haqiqiy kuchlanishni quyidagicha aniqlaymiz:

$$\sigma_{x_1} = \frac{P}{\varphi_1 F} = \frac{21500}{0,56 \cdot 26,88} = \frac{21500}{15,05} = 1428,6 < [\sigma] = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]$ va haqiqiy kuchlanish σ_x lar orasidagi farq juda kata bo'lganligidan hisoblash ishlarini takrorlaymiz.

II- yaqinlashish.

$$\varphi_2 = \frac{0,56 + 0,5}{2} = 0,53$$

Yangi kesim yuzini topamiz.

$$F = \frac{N}{\varphi_2 [\sigma]} = \frac{21500}{0,53 \cdot 1600} = \frac{21500}{848} = 25,35 \text{ cm}^2$$

Ko'ndalang kesim o'lchamlari quyidagicha topiladi:

$$a = \sqrt{\frac{F}{0,84}} = \sqrt{\frac{25,35}{0,84}} = 5,5 \text{ cm}$$

Ustunning egiluvchanligi:

$$\lambda = \frac{l_{kel}}{r_{min}} = \frac{210}{0,354 \cdot 5,5} = \frac{210}{1,947} = 107,86$$

$\lambda=107,86$ uchun ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish koeffitsienti φ ni jadvaldan topishda $\lambda'=100$ va $\lambda''=110$ orasidagi qiymatlarni interpolatsiya qilamiz.

$$\begin{array}{lll} \lambda'=100 & \text{da} & \varphi'=0,60 \\ \lambda''=110 & \text{da} & \varphi''=0,52 \end{array}$$

$$\varphi_2^1 = \varphi^1 - \frac{\varphi^1 - \varphi^{11}}{10} (\lambda^1 - \lambda^{11}) = 0,60 - \frac{0,60 - 0,52}{10} \cdot 7,86 = 0,537$$

$$\sigma_{x_2} = \frac{N}{\varphi_2^1 \cdot F} = \frac{21500}{0,537 \cdot 25,35} = \frac{21500}{13,613} = 1579,37 < 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Bu kuchlanishlar orasidagi farq juda kata bo'lmaganligidan hisoblash ishlarini takrorlaymiz.

III-яқинлашиш

$$\varphi_3 = \frac{0,53 + 0,537}{2} = 0,534$$

Yangi kesim yuzini tanlaymiz:

$$F = \frac{N}{\varphi_3 [\sigma]} = \frac{21500}{0,534 \cdot 1600} = \frac{21500}{854,4} = 25,16 \text{ cm}^2$$

Ko'ndalang kesim o'lchami:

$$a = \sqrt{\frac{F}{0,84}} = \sqrt{\frac{25,16}{0,84}} = 5,473 \text{ cm}$$

Ustunning egiluvchanligi:

$$\lambda = \frac{l_{kel}}{r_{min}} = \frac{210}{0,354 \cdot 5,473} = \frac{210}{1,94} = 108,25$$

Ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish koeffitsienti φ ni jadvaldan topish uchun $\lambda'=100$ va $\lambda''=110$ orasidagi qiymatlarni interpolatsiya qilamiz.

$$\begin{array}{lll} \lambda'=100 & \text{da} & \varphi'=60 \\ \lambda''=110 & \text{da} & \varphi''=52 \end{array}$$

$\lambda=108,25$ uchun

$$\varphi_3 = \varphi^1 - \frac{\varphi^1 - \varphi^{11}}{10} (\lambda^1 - \lambda^{11}) = 0,60 - \frac{0,60 - 0,52}{10} \cdot 8,25 = 0,534$$

$$\sigma_{x_2} = \frac{N}{\varphi_3 \cdot F} = \frac{21500}{0,534 \cdot 25,16} = \frac{21500}{13,44} = 1599,7 < 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Haqiqiy kuchlanish bilan ruxsat etilgan kuchlanish farqini topamiz:

$$\frac{\sigma_x - [\sigma]}{\sigma_x} \cdot 100\% = \frac{1599,7 - 1600}{1599,7} \cdot 100\% = 0,019\%$$

Haqiqiy kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan 0,019% ga kichik ekan. Shunday qilib, ustunning ustivorligi ta'minlangan deb hisoblasak bo'ladi. Demak. ko'ndalang kesim o'lchamini $a = 5,473 \text{ sm} \leq 6 \text{ sm}$.

$F = 25,16 \approx 26 \text{ sm}^2$ deb qabul qilamiz.

Kritik kuchni aniqlaymiz:

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ_{mm}}{(\mu l)^2} = \frac{(3,14)^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,105(6)^4}{(210)^2} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,105 \cdot 1296}{44100} =$$

$$= \frac{20 \cdot 105 \cdot 12960}{441} = \frac{27216000}{441} = 61714,3 \text{ kg} = 61,7 \text{ t}$$

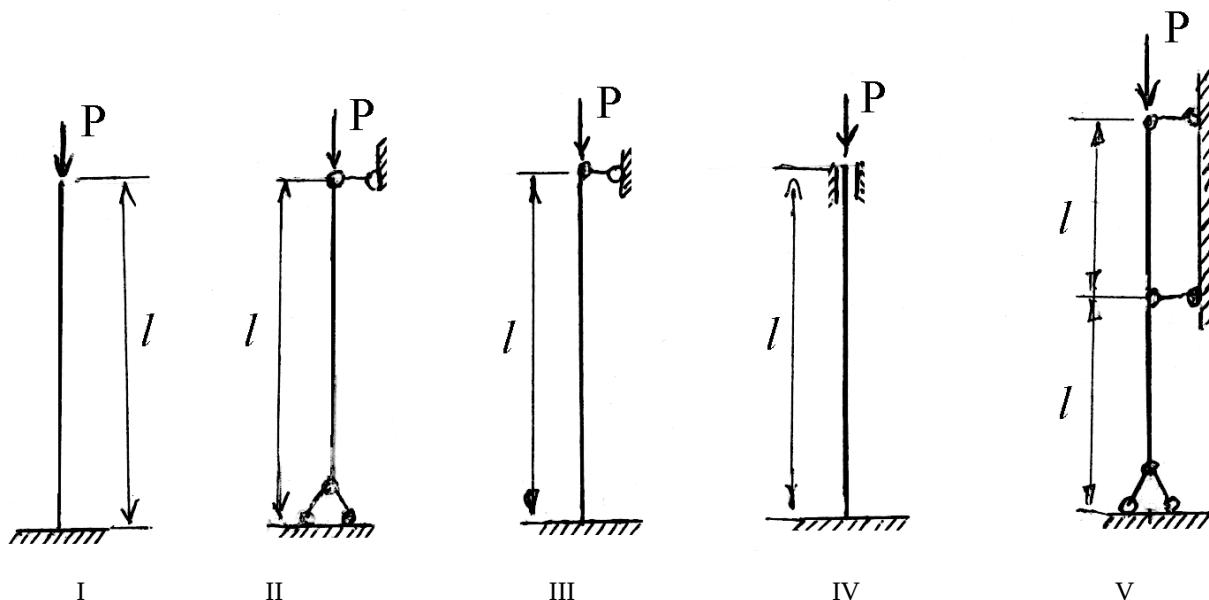
$$n_y = \frac{P_{kp}}{P} = \frac{61714,3}{21500} = 2,8$$

Masala shartlari: Uzunligi L ga teng po'lat sterjenga markaziy o'q bo'ylab siquvchi kuch qo'yilgan, Quyidagilarni topish talab etiladi;

1). Oddiy siqilishda mustahkamlik shartidan va ketma-ket yaqinlashish usulidan foydalanib (ketma-ket yaqinlashish usulini $\varphi = 0,5$ qiymatidan boshlab qo'llaniladi. $[\sigma] = 1600 \text{ kg/cm}^2$) sterjen ko'ndalang kesim yuzining ruxsat etilgan qiymatini toping,

2). Kritil kuchni va ustivorlik koeffitsientini aniqlang.
Kerakli ma'lumotlar 2-jadvaldan olinadi.

Siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash uchun masala variantini shakllari



2-JADVAL

№	Shakl	l	P	Sterjen ko'ndalang kesimining shakli
		m	kN	
1	2	3	4	5
1	I	1.9	1000	Diametri d ga teng doira.
2	II	1.2	1100	Asosi d ga va balandlidi 2d ga teng to'g'ri to'rtburchak
3	III	1.5	1200	Asosi d ga va balandlidi 1,5d ga teng to'g'ri to'rtburchak
4	IV	2.0	1300	Asosi va balandlidi d ga teng bo'lgan teng yonli uchburchak
5	V	1.3	1400	Tomonlari d ra teng bo'lgan kvadrat
6	I	3.0	1500	Tashqi va ichki diametri 1.1 d va d ga teng bo'lgan halqa
7	II	2.5	1600	Diametri d ga teng doira.
8	III	2.2	1700	Asosi d ga va balandlidi 2d ga teng to'g'ri to'rtburchak
9	IV	1.8	1800	Asosi d ga va balandlidi 1,5d ga teng to'g'ri to'rtburchak
10	V	1.6	1900	Asosi va balandlidi d ga teng bo'lgan teng yonli uchburchak
11	I	1.9	2000	Tomonlari d ra teng bo'lgan kvadrat
12	II	1.2	2100	Tashqi va ichki diametri 1.1 d va d ga teng bo'lgan halqa
13	III	1.5	2200	Diametri d ga teng doira
14	IV	2.0	2300	Asosi d ga va balandlidi 2d ga teng to'g'ri to'rtburchak
15	V	1.3	2400	Asosi d ga va balandlidi 1,5d ga teng to'g'ri to'rtburchak
16	I	3.0	1000	Asosi va balandlidi d ga teng bo'lgan teng yonli uchburchak
17	II	2.5	1100	Tomonlari d ra teng bo'lgan kvadrat
18	III	2.2	1200	Tashqi va ichki diametri 1.1 d va d ga teng bo'lgan halqa
19	IV	1.8	1300	Diametri d ga teng doira

1	2	3	4	5
20	V	1.6	1400	Asosi d ga va balandlidi 2d ga teng to'g'ri to'rtburchak
21	I	1.9	1500	Asosi d ga va balandlidi 1,5d ga teng to'g'ri to'rtburchak
22	II	1.2	1600	Asosi va balandlidi d ga teng bo'lgan teng yonli uchburchak
23	III	1.5	1700	Tomonlari d ra teng bo'lgan kvadrat
24	IV	2.0	1800	Tashqi va ichki diametri 1.1 d va d ga teng bo'lgan halqa
25	V	1.3	1900	Diametri d ga teng doira
26	I	3.0	2000	Asosi d ga va balandlidi 2d ga teng to'g'ri to'rtburchak
27	II	2.5	2100	Asosi d ga va balandlidi 1,5d ga teng to'g'ri to'rtburchak
28	III	2.2	2200	Asosi d ga va balandlidi 1,5d ga teng to'g'ri to'rtburchak
29	IV	1.8	2300	Tomonlari d ra teng bo'lgan kvadrat
30	V	1.6	2400	Tashqi va ichki diametri 1.1 d va d ga teng bo'lgan halqa

Фойдаланилган адабиётлар

1. Эргашов М. Материаллар қаршилигидан ҳисоблаш-лойиҳалаш ишлари. Тошкент, Молия, 2003 й.
2. Беляев Н.М. Материаллар қаршилигидан масалалар тўплами. Б. Қорабоев таржимаси. Тошкент, Ўзбекистон, 1993 й.
3. Мансуров К.М. Материаллар қаршилиги курси. Тошкент, Ўқитувчи, 1983 й.
4. Nabiyev A., Hasanov S. Materiallar qarshiligi //O'quv qo'llanma-T."Fan va texnologiya" nashriyoti, 2005 yil.-426 b.
5. Nabiyev A. Materiallar qarshiligi (nazariyalar va masalalar) //Darslik, T. "IQTISODIYOT QUNYOSI" nashriyoti, 2020 yil.-360 b