

SH.M.ISABOYEV  
M.B.BOYTEMIROV



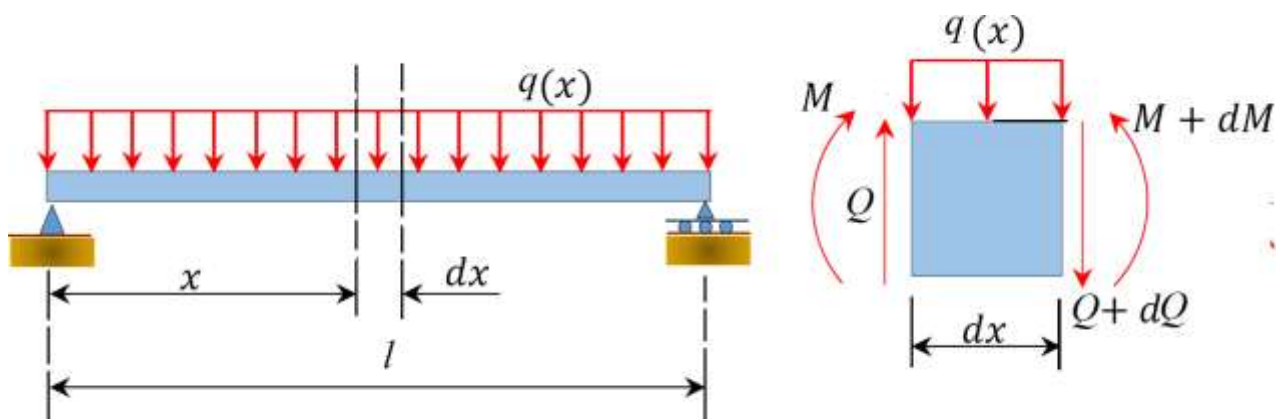
*Materiallar qarshiligi fanidan*

## “Balkalarning to`la hisobi”

*mavzusida amaliy mashg`ulot uchun tayyorlangan*

# USLUBIY KO`RSATMA

60730700-“Qurilish materiallari buyumlari,  
konstruksiyalarini ishlab chiqarish”  
yo`nalishi talabalari uchun



NAMANGAN-2022 yil

Mazkur ishdan ko'zlangan maqsad "**Balkalarning to'la hisobi**" mavzusini talabalar tomonidan to'la o'zlashtirish uchun ishlab chiqilgan uslubiy qo'llanmaning mazmunini yoritishdan iborat. Uslubiy qo'llanma o'qituvchi tomonidan keltirilgan mavzuni dasturiy ta'minot(chrome brauzeri) yordamida tushuntirish imkoniyatini beradi.

Ushbu uslubiy ko'rsatma "**Materiallar qarshiligi**" fanining "Egilish" bo'limidan amaliy mashg'ulot ishlarini bajarishda **60730700-"Qurilish materiallari buyumlari, konstiksiyalarini ishlab chiqarish"** yo'nalishi bo'lim talabalari uchun va barcha texnik ta'lim uchun yo'nalishlari foydalanishga mo'ljallangan.

**Tuzuvchilar:**

Sh.Isaboyev,  
M.Boytemirov

**Taqrizchi:**

Phd. M.Karabayeva- NamMQI

Uslubiy ko'rsatma "Materiallar qarshiligi va mexanika" kafedrasining umumiy yig'ilishida muhokama qilingan. Kafedra yig'ilishida ko'rib chiqilgan va chop etishga tavsiya etilgan.

Bayon: \_\_\_\_\_ 2022 yil.

Ushbu uslubiy ko'rsatma institut o'quv uslubiy kengashining \_\_\_\_\_

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 "Materiallar qarshiligi" fanining barcha 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 «Materiallar qarshiligi» 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, talabaning 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.

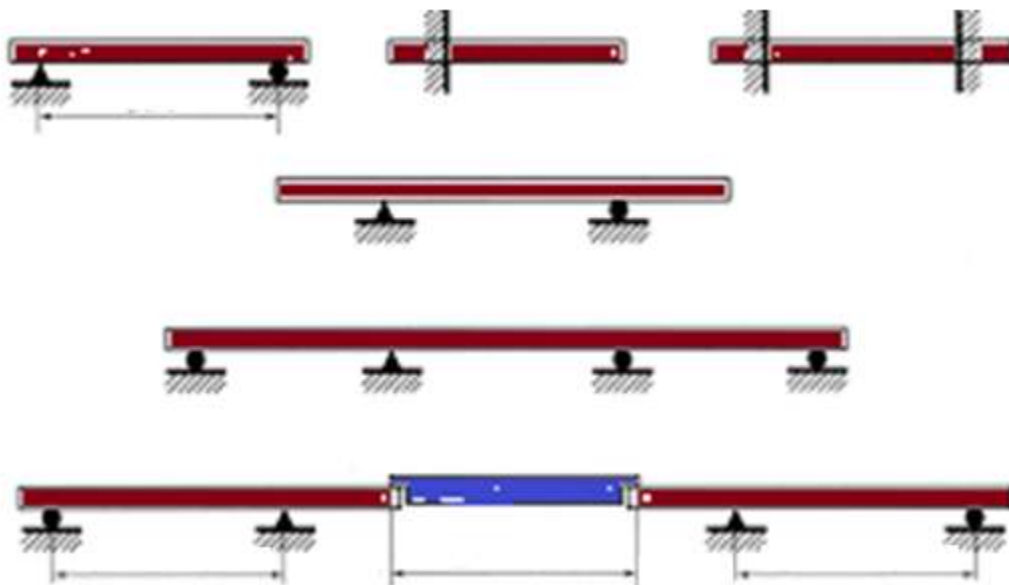
Dastlabki ma'lumotlarni tanlashga misol 1-jadvarda keltirilgan. Dastlabki ma'lumotlardagi "minus" belgisi dizayn sxemasida mos keladigan yukni teskari yo'nalishda yo'naltirish kerakligini bildiradi va "minus" belgisi qoldirilishi kerak. Hisoblash sxemasi va diagrammalari o'lchovni hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Masshtab qiymatini talaba mustaqil ravishda, tasvirning ravshanligi talabidan kelib chiqib tanlaydi. Semestr topshirig'i topshiriqlari 297×210 mm o'lchamdagi oq qog'ozning standart varaqlarida chiroyli tarzda rasmiylashtirilgan va belgilangan namunadagi sarlavha sahifasi bilan albomga yopishtirilgan bo'lishi kerak.

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.

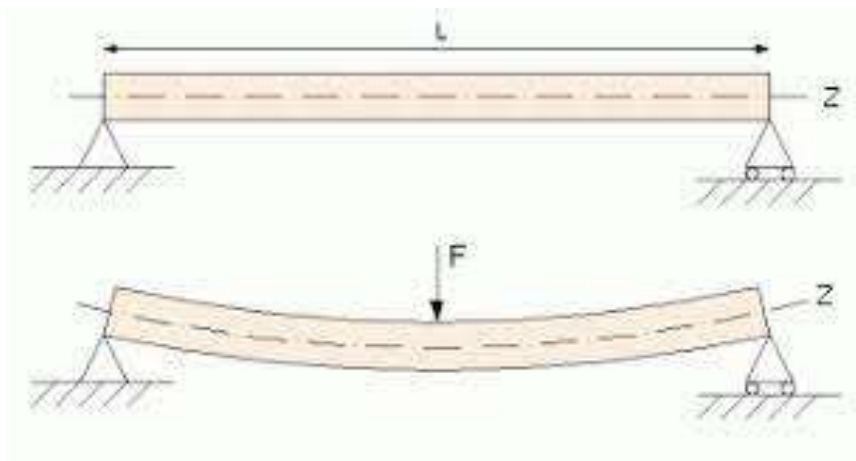
Yakuniy javoblar uchta muhim raqamga berilishi kerak (masalan, 12,3 mm; 246 MPa; 1,56 kN). Yakuniy javoblarni yozishda, kerak bo'lganda, "xavfsizlik chegarasiga" yaqlitlash amalga oshiriladi. Hisoblash yo'li bilan olingan chiziqli o'lchamlar millimetrda ko'rsatilishi kerak, DAST 6636-69 "Oddiy chiziqli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

**1.Egilish deformatsiyasi. Umumiy tushunchalar.**

Egilish deformatsiyasi, qurilish konstruktsiya elementlarida juda ko'p uchraydi. Egilishga qarshilik ko'rsatuvchi bruslar balka deb ataladi. Balkalar, o'qiga tik yo'nalgan kuchlar yoki undan o'tuvchi tekislikda yotuvchi juft kuchlar ta'sirida bo'ladi va ular ta'siridan egiladi. Balkaning o'zaro parallel ko'ndalang kesimlarining bir-biriga nisbatan og'ishi va nuqtalarning vertikal ko'chishi natijasida to'g'ri chizikli geometrik o'qning egri chiziqqa aylanishi egilish deformatsiyasini xarakterlaydi. Egilgan balkaning istalgan ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan zo'riqish kuchlari kesish usulidan foydalanib aniqlanadi.

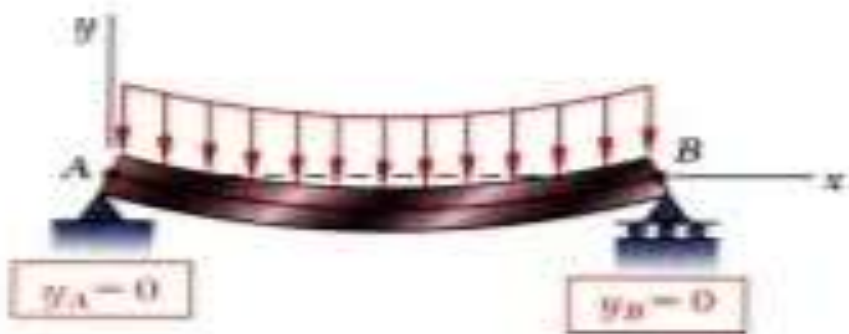


Balkaga ta'sir qilayotgan kuchlar, shu jumladan reaksiya kuchlari ham uning simmetriya tekisligida yotsa, egilish ham mazkur tekislikda sodir bo'lib, bu holdagi egilishga tekis egilish deyiladi.



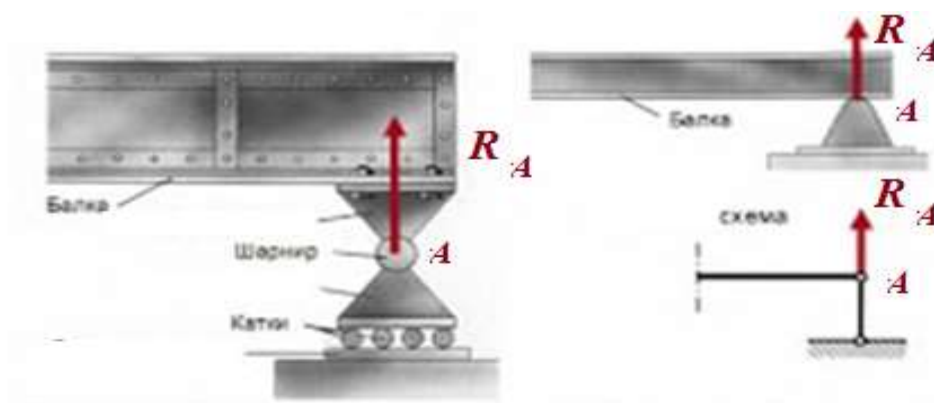
Amalda ishlatiladigan ko'pgina balkalarning ko'ndalang kesimining kamida bitta simmetriya o'qi bo'lganligi sababli tekis egilish holi hayotda juda ko'p uchraydi.

Tekis egilishda balkaning ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan kuchlanish va deformatsiyalarni hisoblashdan oldin ularga qo'yilgan kuchlarni aniqlash lozim. Balkaning hisobini tayanch reaksiyalarini hisoblashdan boshlaymiz, chunki unga bevosita qo'yilgan kuchlar qatoriga, tayanchlarida hosil bo'ladigan kuchlari ham kiradi.

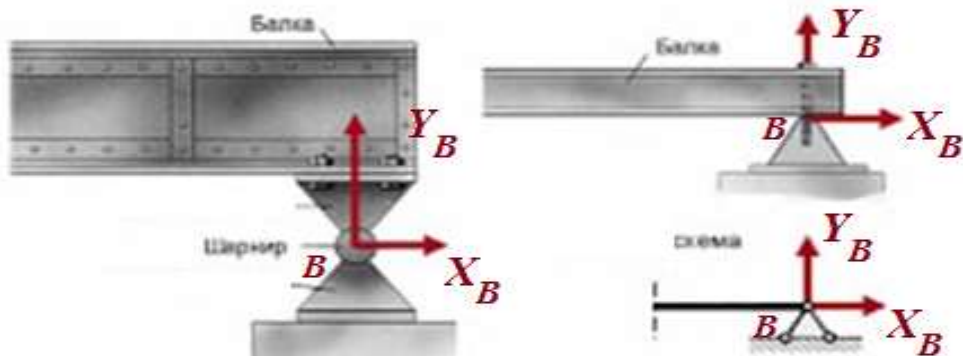


Balka o'ziga qo'yilgan kuchlarni qabul qilib, keyingi konstruksiyaga uzatish uchun u bilan tayanch bog'lanishlari yordamida birlashtirilgan bo'lishi kerak.

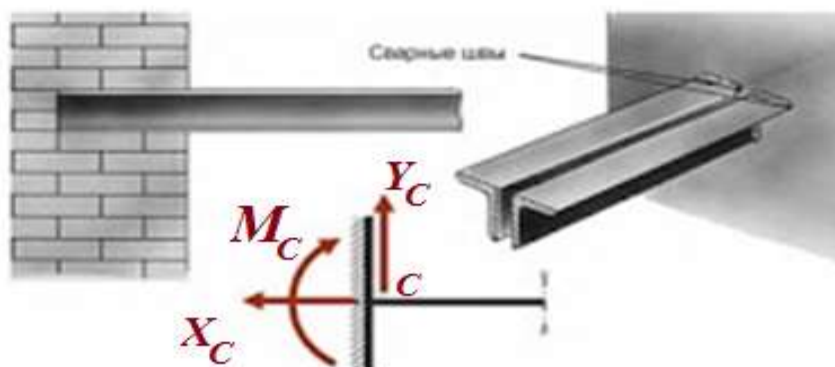
Qurilishda asosan uch xil tayanchlar uchraydi.



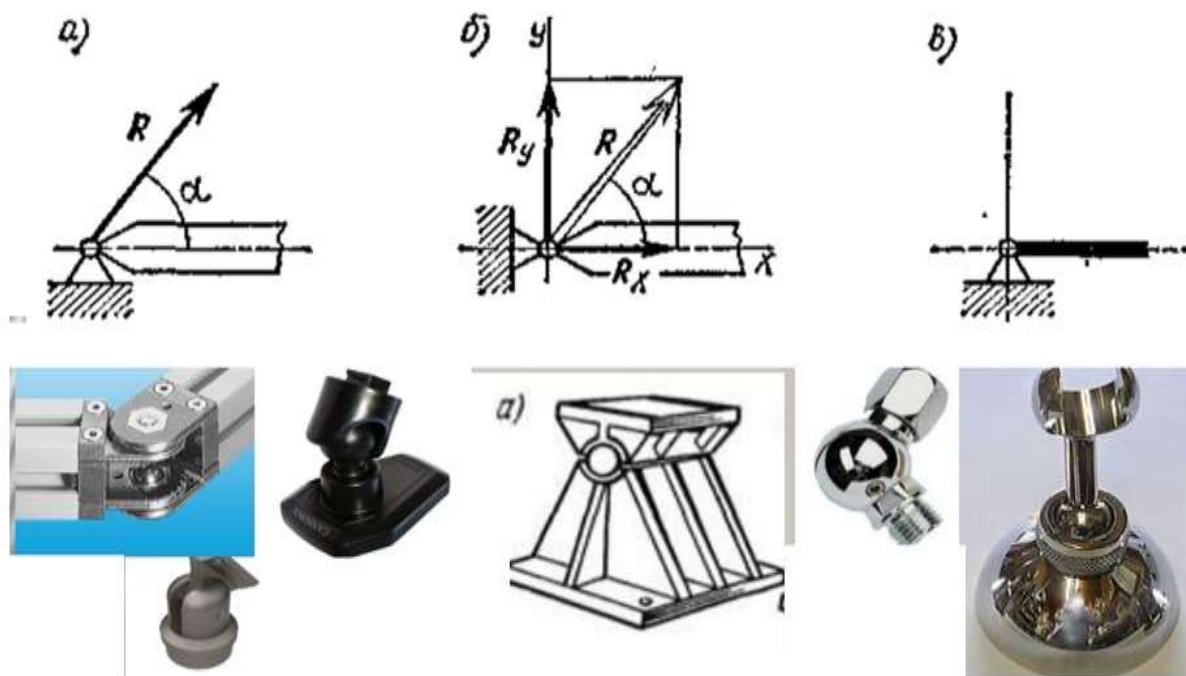
### 1. Sharnirli qo'zg'aluvchan tayanch



### 2. Sharnirli qo'zg'almas tayanch



### 3. Qistirib mahkamlanga tayanch





**2. Statik aniq balkalarning tayanchlarida hosil bo'ladigan reaksiya kuchlari.****Balkalarning tayanchlarida hosil bo'ladigan reaksiya kuchlari statikaning****quyidagi muvozanat tenglamalaridan foydalanib topamiz,****ular uch xil ko'rinishda bo'ladi:**

$$1) \quad \sum x = 0 ; \quad \sum y = 0 ; \quad \sum M_A = 0 ; \quad (1)$$

Bu yerda o'zaro parallel bo'lmagan ikki o'qqa nisbatan olingan proektsiyalar yig'indisi va kuchlar tekisligida yotgan biror nuqtaga nisbatan kuchlardan olingan momentlar yig'indisi olingan.

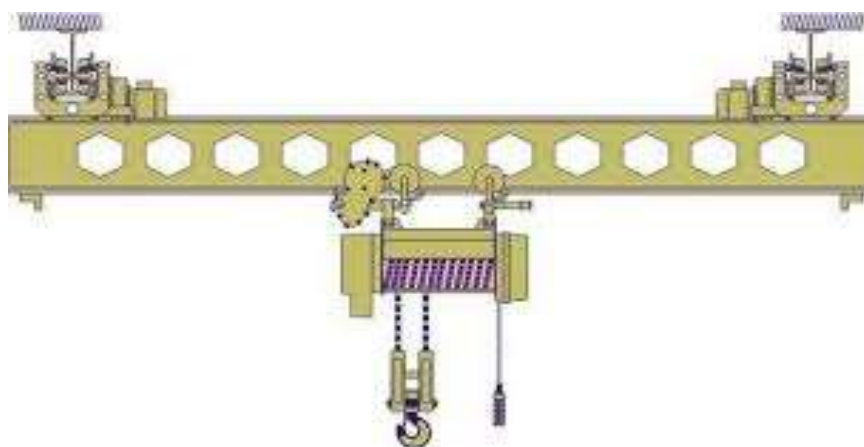
2) Tekislikning bir to'g'ri chizig'ida yotmagan uchta nuqtasiga nisbatan olingan momentlar yig'indisi

$$\sum M_A = 0 ; \quad \sum M_B = 0 ; \quad \sum M_C = 0 ; \quad (2)$$

3) Tekislikda yotgan ikki nuqtaga nisbatan olingan momentlar yig'indisi va nuqtalar yotgan chiziqqa perpendikulyar bo'lmagan o'qqa nisbatan olingan proektsiyalar yig'indisi

$$\sum Z = 0 ; \quad \sum M_A = 0 ; \quad \sum M_B = 0 ; \quad (3)$$

Balka tayanch reaksiyalarini topishda, muvozanat tenglamalarining har biriga bittadan noma'lum reaksiya kuchi kirishi kerak bo'ladi, ya'ni 3-variantdagidek, tayanch nuqtalariga nisbatan ikkita moment tenglamalarini tuzib, ikki tayanch reaksiyasini topib, ularning to'g'ri, noto'g'riligini  $\sum Z = 0$  tenglama yordamida tekshirib ko'ramiz. Bunday holda topilgan tayanch reaksiyalarining algebraik yig'indisi, balkaga ta'sir qilayotgan barcha vertikal kuchlarning algebraik yig'indisiga teng bo'lishi, ya'ni  $\sum Z = 0$  tenglik bajarilishi shart. SHunday holdagina balkaning muvozanati ta'minlanadi.



### 3.Balka kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Ichki kuchlarning epyuralarni chizish.

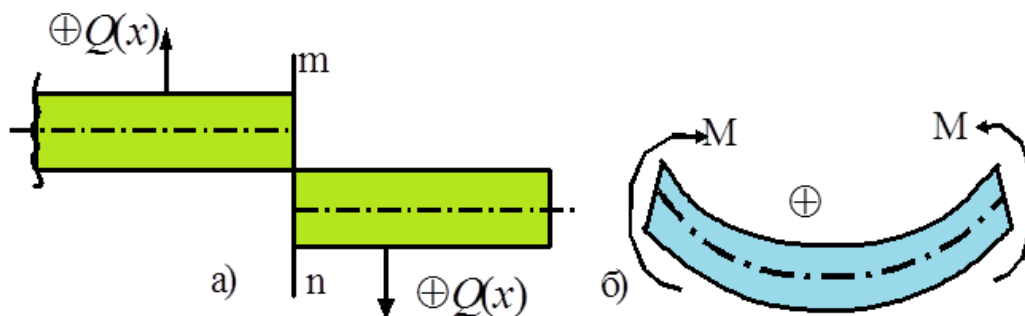
Endi  $N(x)$ ,  $Q(x)$  va  $M(x)$  larning ishoralari qoidasi qanday bo'lishini ko'ramiz:

agar bo'ylama kuch balkaning qoldirilgan qismini cho'zsa, uning ishorasi musbat, aks holda manfiy bo'ladi ;

balkaning qoldirilgan qismiga ta'sir etayotgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi  $mn$  kesimidan chap tomonda bo'lib, pastdan yuqoriga va o'ng tomonda bo'lib yuqoridan pastga yo'nalgan bo'lsa kesuvchi kuch ishorasi musbat, aks holda manfiy bo'ladi (4-shakl,a);

balkaning qoldirilgan qismining pastki tolalarini cho'zuvchi eguvchi moment musbat, yuqori tolalarini cho'zuvchi eguvchi moment esa manfiy deb olinadi (4-shakl, b).

4-shaklda kesuvchi kuch va eguvchi momentlarning musbat ishorali holiga to'g'ri keladigan shakli ko'rsatilgan. Ularning teskari ko'rinishi esa manfiy holiga to'g'ri keladi.



Balka ko'ndalang kesimlarida hosil bo'ladigan eguvchi moment va kesuvchi kuchlarning qiymatlari qaysi kesimda eng katta qiymatga erishishini, ya'ni xavfli kesimni bexato topish uchun ularning epyuralari quriladi.

Agar tashqi yuklamalar ta'sirida sterjen ko'ndalang kesimlarida shu ko'ndalang kesimga tik ichki kuchlar momenti hosil bo'lsa egilish yuzaga keladi. Agar sterjen kesimlarida faqat ichki kuchlar momenti  $-M$  hosil bo'lsa, sof egilish, momentdan tashqari ko'ndalang kuch  $Q$  ham hosil bo'lsa ko'ndalang egilish deyiladi.

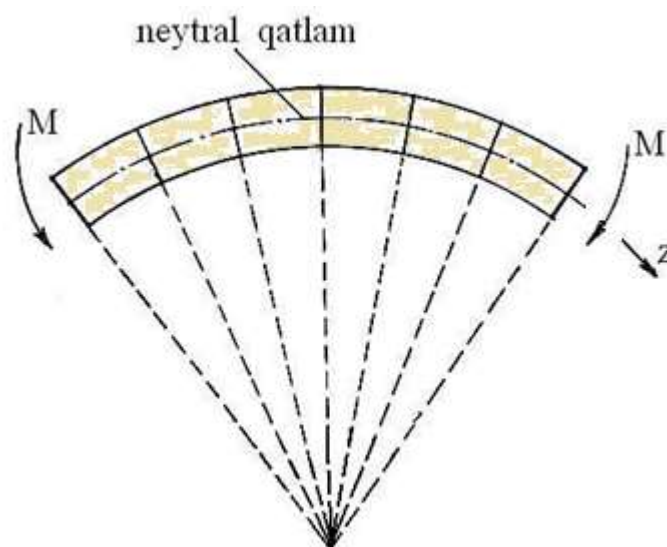
Agar eguvchi moment tekisligi ko'ndalang kesim bosh inersiya o'qlari biri bilan ustma-ust tushsa to'g'ri egilish, ustma-ust tushmasa qiyshiq egilish deyiladi. Egri egilish holi «Murakkab qarshilik» bo'limida ko'riladi, bu bo'limda to'g'ri egilish o'rganiladi.

Egilishning cho'zish va buralishga nisbatan o'ziga xos jihati birinchidan deformatsiyada sterjen bo'ylama o'qi to'g'ri chiziq holida qolmaydi, ikkinchidan sterjen ko'ndalang kesimlarida turli ishorali siquvchi va cho'zuvchi normal kuchlanishlar albatta hosil bo'ladi.

Qoida bo'yicha, egilayotgan sterjenlar ko'ndalang kesimida kamida bitta simmetriya o'qiga ega bo'ladi, shuning uchun hisoblashlarda tashqi yuklama yo'nalishi sterjen ko'ndalang kesimi simmetriya o'qi bilan ustma-ust tushadi deb faraz qilinadi.

Deformatsiyalanishda sterjen to'rining bo'ylama qatlamlari egiladi, lekin parallelligicha qoladi, to'r tik chiziqlari esa to'g'ri chiziqlicha qolib, bir-biriga nisbatan buriladi. Tik chiziqlarni to'g'riligicha qolishi tekis kesimlar gipotezasini qo'llash mumkinligini tasdiqlaydi.

Sterjen yuqori qatlamlari cho'zilgan, pastki qatlamlari siqilgani 1-rasmdan ko'rinib turibdi. Bundan siqilgan va cho'zilgan qatlamlar o'rtasida uzunligi o'zgarmaydigan, mos ravishda kuchlanishdan xoli qatlam mavjudligi kelib chiqadi. Ushbu qatlam neytral qatlam deyiladi.



1-rasm. Sterjenning sof egilishi.

Ko'ndalang kesimdagi neytral qatlamdan o'tuvchi o'q kesimni cho'zilgan va siqilgan sohalarga ajratadi. Bu o'qqa neytral o'q deyiladi.

Neytral o'qni  $x$  o'qi deb olamiz. Sterjen alohida qatlamlari siqilgan yoki cho'zilgan bo'lgani uchun, ko'ndalang kesimda  $\sigma$  normal kuchlanishlar hosil bo'ladi. Ta'sir etuvchi yuklanishga nisbatan kesimlar simmetrikligi shartidan neytral o'qqa parallel qatlamlarda normal kuchlanishlar o'zgarmas bo'ladi (2- rasm).

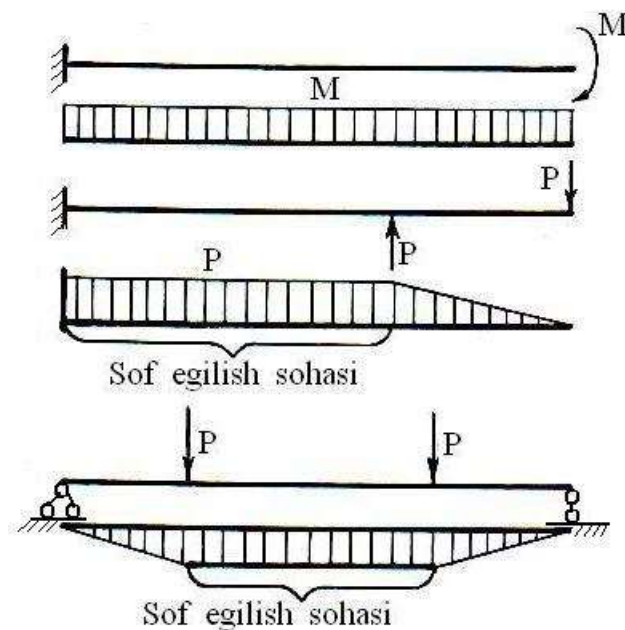


2-rasm. Sterjen ko'ndalang kesimida kuchlanishlarni taqsimlanishi.

Eguvchi moment neytral o'q indeksiga ega, ya'ni agar tashqi yuklama ta'sir chizig'i ko'ndalang kesim « $y$ » o'qidan o'tsa, « $x$ » o'qi neytral o'q bo'ladi va moment « $M_x$ » orqali, agar « $y$ » neytral o'q bo'lsa, moment mos ravishda « $M_y$ » orqali belgilanadi.

#### 4.Sof egilishda kuchlanishlar

Sof egilish, yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, sterjen ko'ndalang kesimida tashqi yuklamalar ta'siridan ichki kuchlarning  $M$  eguvchi momenti paydo bo'lsa va  $Q$  ko'ndalang kuch nolga teng bo'lsa hosil bo'ladi. 3-rasmda sof egilish hosil bo'luvchi sterjen sxemalari va epyuralariga misollar keltirilgan



3-rasm. Turli xil yuklamalar ta'siridan sof egilishning hosil bo'lishi.

Ikkita eguvchi moment bilan yuklangan sterjenni simmetriya o'qidan o'tuvchi kesimlar bilan ketma-ket kesamiz (4-rasm). Sterjenni necha bor kesmaylik, uning har bir ajratilgan bo'lagi simmetriya o'qiga ega. Cheksiz simmetriya o'qlariga ega bo'lgan egri chiziq aylana bo'lgani uchun sof egilishda sterjenning neytral qatlamini ham qo'shgan holda barcha qatlamlari aylana shaklini oladi.

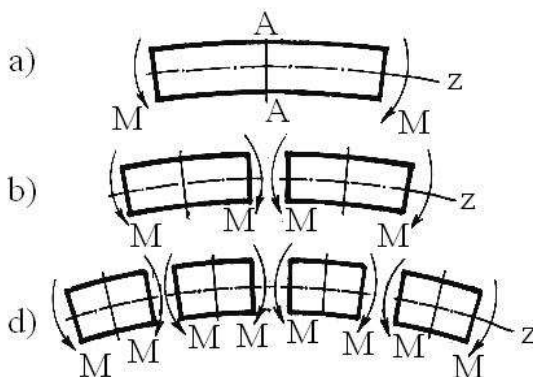
Egilgan sterjendan  $dz$  uzunlikdagi element ajratib, uning muvozanatini ko'ramiz (5-rasm).  $O - O^1$  - bu uzunligi o'zgarmaydigan neytral qatlam. Neytral qatlamdan  $y$  masofadagi  $AA^I$  qatlam  $AA^{II}$  ga uzayadi.  $O^1OC$  va  $A^{II}A^I O^1$

uchburchaklar o'xshashligidan  $\frac{A^I A^{II}}{y} = \frac{OO^1}{\rho} = \frac{A^I A^{II}}{OO^1} = \varepsilon$  neytral o'qdan  $y$

masofada yotuvchi qatlamni nisbiy bo'ylama deformatsiyasini topamiz.  $\varepsilon = \frac{y}{\rho}$ , Guk

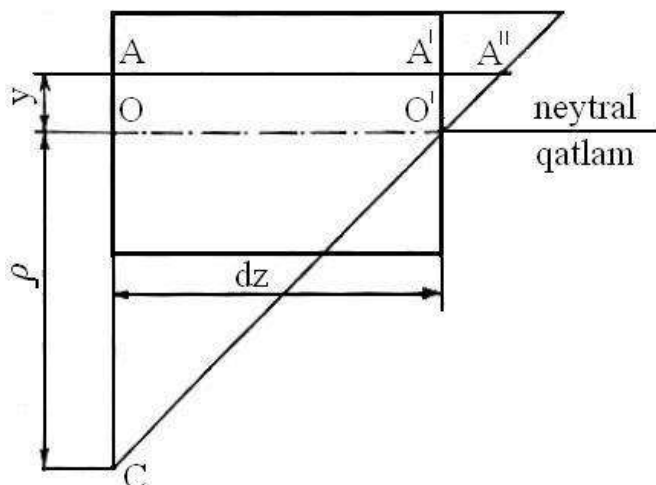
qonunidan  $\frac{\sigma}{E} = \frac{y}{\rho}$ , bu yerdan qatlamda hosil bo'luvchi normal kuchlanish

$$\sigma = \frac{yE}{\rho}$$



4-rasm. Sof egilish deformatsiyasida neytral qatlam sterjen o'qiga tik tekisliklar bilan kesilgan:

a) bitta tekislik bilan; b) ikkita tekislik bilan; d) to'rtta tekislik bilan.

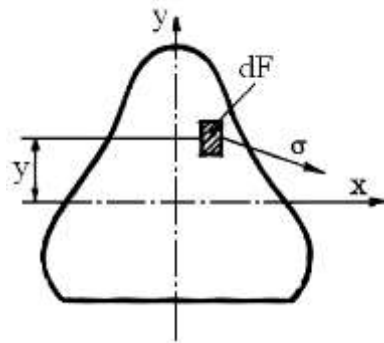


5-rasm. Sof egilishda normal kuchlanishlarni aniqlash.

Avvalda ko'rsatilganidek  $N = \int_F \sigma dF$  (6-rasm).

Ya'ni  $N = \int_F \frac{yE}{\rho} dx$ , chunki  $\frac{E}{\rho} = const$ , u holda  $N = \frac{E}{\rho} \int y dx$

Sof egilishda ko'ndalang kesimdagi ichki bo'ylama kuch  $N$  nolga teng,  $\frac{E}{\rho} \neq 0$ , demak  $\int Y dx = 0$ . (3.1) dan  $\int y dF = S_x$  – neytral « $x$ » o'qiga nisbatan ko'ndalang kesim yuzasining statik momenti. Kesim og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan statik moment nolga teng. Bundan neytral o'q kesim og'irlik markazidan o'tishi kelib chiqadi.



6-rasm. Sterjenning ko'ndalang kesim yuzasiga ta'sir etuvchi kuchlanish.

« $y$ » o'qiga nisbatan ichki kuchlar momenti  $M_y = \int \frac{E}{\rho} xy dF$  ifodadan aniqlanadi, ammo momentning ta'sir tekisligi « $y$ » o'qi orqali o'tgani uchun  $M_y = 0$  bo'ladi.  $\frac{E}{\rho} \neq 0$  bo'lgani uchun  $\int_A xy dF = 0$ . Bu yerdagi  $\int_F xy dF$  ifoda ko'ndalang kesimning « $x$ », « $y$ » o'qlariga nisbatan markazdan qochma inersiya momentiga teng, hamda bosh o'qlarga nisbatan markazdan qochma inersiya momentlari nolga teng. Demak « $y$ » o'qi shartga ko'ra markaziy o'q edi, endi bosh o'q ham bo'ladi, mos ravishda kesim og'irlik markazidan o'tuvchi  $x$  neytral o'qi ham simmetriya o'qiga tik bo'lib inersiya bosh markaziy o'qi bo'ladi.

Momentning « $x$ » neytral o'qiga nisbatan muvozanat sharti  $M_x - \int_F \sigma y dF = 0$

yoki  $M_x - \frac{E}{\rho} \int_F y^2 dF = 0$ ,  $\sigma = \frac{yE}{\rho}$  bo'lgani uchun  $\frac{E}{\rho} = \frac{\sigma}{y}$  hamda  $\int_F y^2 dF$  ifoda « $x$ »

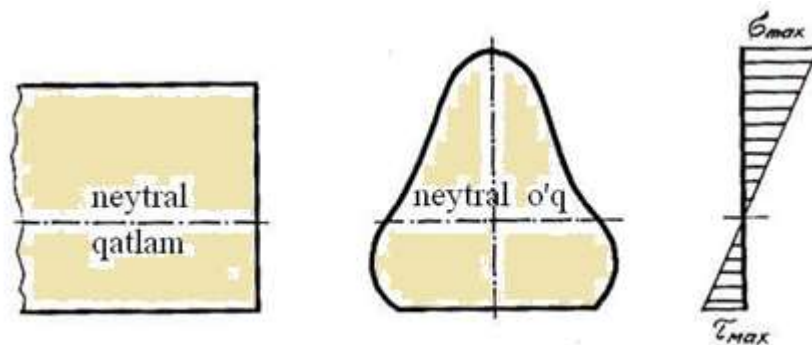
– neytral o'qqa nisbatan kesim inersiya momentiga teng.

$$M_x - \frac{\sigma}{y} I_x = 0 \quad \sigma = \frac{M_x}{I} y;$$



Ko'ndalang kesim ixtiyoriy nuqtasidagi normal kuchlanishlarni egilishdagi qiymatini (3.1) ifoda aniqlash imkonini beradi. Chunki har bir ko'ndalang kesim uchun eguvchi moment epyurasidan aniqlanuvchi  $M_x$  va  $I_x$  inersiya momentlari o'zgarmas kattalik bo'lganligi sababli ko'ndalang kesim har bir nuqtasidagi normal kuchlanishlar neytral o'qdan shu nuqtagacha bo'lgan masofa orqali aniqlanadi.

Kesim balandligi bo'ylab normal kuchlanishlar epyurasi to'g'ri chiziqli, chunki (8.1) ifodada ordinata «y» birinchi darajada qatnashmoqda (7-rasm).



7-rasm. Sterjenning ko'ndalang kesim yuzasida kuchlanishni taqsimlanishi.

Neytral o'qqa nisbatan ko'ndalang kesim simmetrik bo'lgan holda «y» o'qqa nisbatan normal kuchlanishlar epyurasi ham simmetrik bo'ladi.

Bu holda eng katta kuchlanishlarni topish uchun kesimning «x» o'qiga ( $W_x$ ) yoki «y» o'qiga ( $W_y$ ) nisbatan qarshilik momenti deb ataluvchi maxsus geometrik xarakteristika kiritiladi.

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}}, \quad W_y = \frac{I_y}{x_{\max}}$$

Masalan, to'g'ri to'rtburchak uchun

$$W_x = \frac{I_y}{\sigma_{\max}}, \quad I_x = \frac{bh^3}{12}; \quad \sigma_{\max} = \frac{h}{2} \quad \text{va} \quad W_x = \frac{2bh^3}{12h} = \frac{bh^2}{6}$$

$$\text{Mos ravishda } W_y = \frac{b^2h}{6}$$

Doira uchun  $I_x = I_y = 0,05 d^4$ ,  $y_{\max} = x_{\max} = d/2$ , mos ravishda  $W_x = W_y = 0,1 d^3$  ( $\tau_{\max}$  ni aniqlashdagi geometrik xarakteristika – qutb qarshilik momenti  $0,2 d^3$  ga teng va o'qqa nisbatan ikki marta katta).

Prokat shaklli po'lat uchun qarshilik momenti kattaliklari prokat po'latlar sortamenti jadvalidan olinadi. Shuni qayd etish lozimki, murakkab kesimlar uchun qutb qarshilik momentini aniqlash kabi, murakkab jismlarda o'qqa nisbatan qarshilik momentini uni tashkil etuvchi uchastkalar qarshilik momentlari yig'indisi yoki ayirmasi sifatida aniqlash mumkin emas. Buning uchun berilgan o'qqa nisbatan kesim umumiy inersiya momentini aniqlab olib, hosil bo'lgan kattalikni o'qdan kesim eng chetki nuqtasigacha bo'lgan masofaga bo'lish kerak. Masalan (8-rasm) dagi kesim uchun

$$I_x = \frac{bh^3}{12} - \frac{(0,8h^3) \cdot 0,6b}{12} = \frac{0,69bh^3}{12}$$

$$y_{\max} = h/2$$

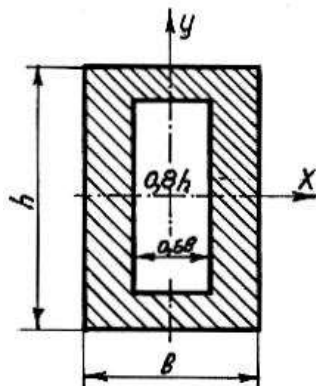
$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{0,69bh^3 \cdot 2}{12h} = \frac{0,69bh^2}{6} = 0,115bh^2$$

$$I_y = \frac{b^3h}{12} - \frac{(0,6b)^3 \cdot 0,8h}{12} = \frac{0,128b^3h}{12}$$

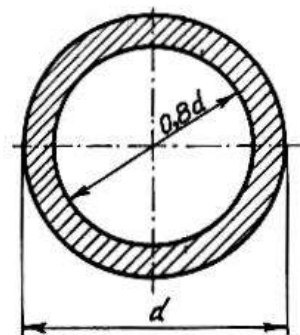
$$x_{\max} = b/2$$

$$W_y = \frac{I_y}{x_{\max}} = \frac{0,128b^3h}{6} = 0,0213bh^3$$

Halqa uchun



8-rasm. To'g'ri to'rtburchakli kovak kesim uchun qarshilik va inersiya momentlarini aniqlash.



9-rasm. Halqasimon kesim uchun qarshilik va inersiya momentlarini aniqlash.

$$W_x = W_y = \frac{0,029d^4}{0,5d} = 0,059d^3$$

$$I_x = I_y = 0,05d^4 - 0,05(0,8d)^4 = 0,029d^4$$

$$y_{\max} = x_{\max} = 0,5d$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma] \quad \text{ëku} \quad \sigma_{\max} = \frac{M_y}{W_y} \leq [\sigma]$$

Ushbu bu ifoda sof egilishdagi mustahkamlik sharti deyiladi.

### 5.Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial bog'lanishlar. Sof va ko'ndalang egilishlar.

Qurilgan epyuralarning to'g'riligini tekshirish va olingan natijalarni muhokama qilish uchun tashqi kuch intensivligi  $q$  bilan, balka ko'ndalang kesimlarida hosil bo'ladigan ichki kuchlar, ya'ni eguvchi moment  $M$  va ko'ndalang kuch  $Q$  o'rtasidagi muhim bog'lanishlarning mavjudligi katta ahamiyatga ega.

Ixtiyoriy yoyilgan kuch  $q$  bilan yuklangan balkani (1a-rasm) ko'ramiz. Undan ikkita kesim o'tkazib uzunligi  $dz$  bo'lgan element ajratamiz (1b-rasm). Ajratilgan elementning chap qirrasi bo'yicha  $M$  va  $Q$  ichki kuchlar, o'ng qirrasi bo'yicha esa  $M + dM$ ,  $Q + dQ$  kuchlar tahsir qilsin.

Tashqi kuchlarning ajratilgan elementga ta'sirini chiziqli qonunga bo'ysunadi deb hisoblaymiz. (Ajratilgan elementga tahsir etuvchi barcha ichki va tashqi kuchlarni musbat deb olamiz).

Ajratilgan elementning muvozanatini tekshiramiz:

$$\sum Y = Q - (Q + dQ) + qdz + \frac{dqdz}{2} = 0$$

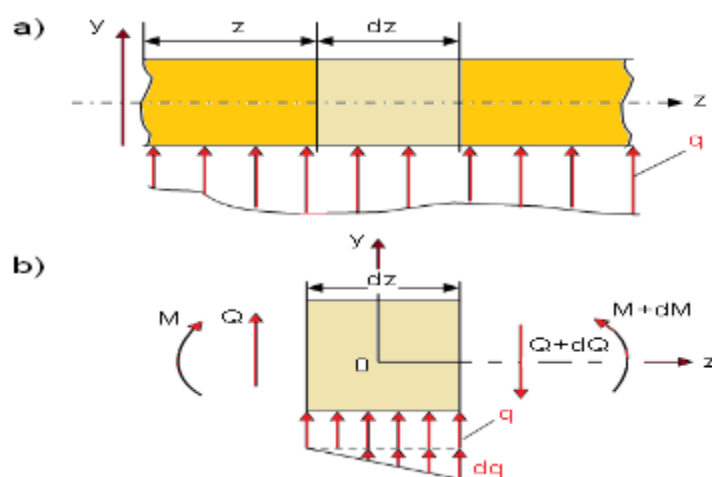
$$\sum M_o = -M - Q dz + \frac{dq \cdot dz}{2} \left( \frac{dz}{2} - \frac{dz}{3} \right) + (M + dM) - \frac{1}{2} dQdz = 0$$

Ushbu tenglamalardan ikkinchi va uchinchi darajali cheksiz kichik miqdorlarni tashlab yuborsak, quyidagi munosabat hosil bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dQ}{dz} &= q \\ \frac{dM}{dz} &= Q \end{aligned} \right\} \text{bo'lib,} \quad (1.1)$$

$$\text{bundan } \frac{d^2 M}{dz^2} = q \quad (1.2)$$

kelib chiqadi.



1-rasm. Sterjen elementining muvozanati:

a) ajratilgan element; b) elementga ta'sir etayotgan ichki kuchlar

**Bu munosabatlar Juravskiyning differensial bog'lanishlari deb ataladi.**

Agar shakldagi  $y$  o'qining yo'nalishi o'zgarsa,  $q$  va  $Q$  kattaliklarning oldidagi ishoralar ham teskarisiga almashadi.

Juravskiy bog'lanishlari yoyilgan bo'ylama kuch  $q$  va ichki bo'ylama kuch  $N$  orasida ham bajariladi, ammo bo'ylama ichki kuch  $N$  ning epyurasini qurishda va uni tahlil qilishda kam ishlatiladi.

Mahlumki,  $y=f(x)$  funksiya grafigi ekstremum ( $max$  yoki  $min$ ) qiymatlariga, ushbu funksiya hosilasi nolga teng bo'ladigan nuqtalarda erishadi. Demak, ichki kuch momentining eng katta yoki eng kichik qiymati ham ko'ndalang kuch  $Q$  nolga teng bo'lgan kesimda hosil bo'ladi.

**Bundan tashqari Juravskiy differentsial bog'lanishlari  $M$  va  $Q$  epyuralariga tegishli qator xulosalarni ham chiqarish imkoniyatini yaratadi, ya'ni:**

1. Balkaning ko'ndalang kuch o'zgarmas bo'lgan uchastkasida (yoyilgan kuch bo'lmasa)  $M$  ning epyurasi to'g'ri chiziqli bo'ladi.

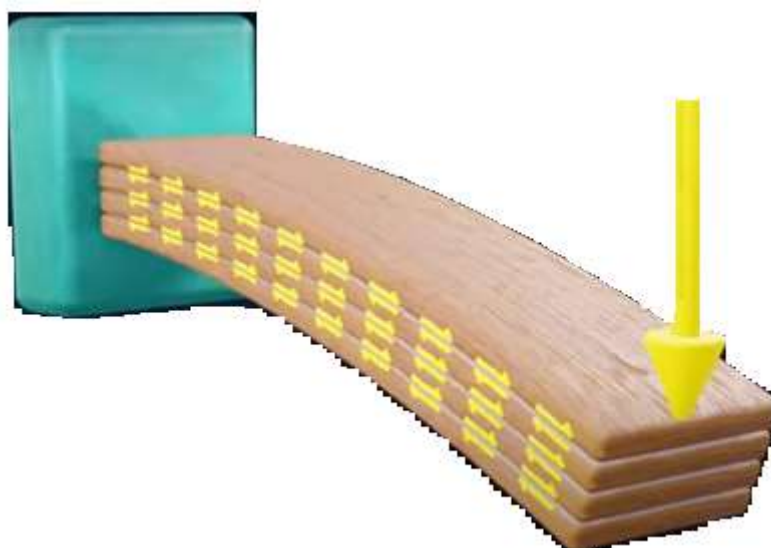
2. Balkaga tekis taqsimlangan yoyilgan  $q$  kuchi tahsir etayotgan uchastkasida  $Q$  ning epyurasi chiziqli qonun bo'yicha o'zgaradi (epyura to'g'ri chiziqli bo'ladi).  $M$  ning epyurasi esa egri chiziqli bo'lib, uni qurish uchun kamida 3 ta nuqtadagi qiymat ma'lum bo'lishi kerak.

3. Agar qo'shni uchastkalar chegarasida bir nuqtaga tahsir etuvchi tashqi kuch berilgan bo'lsa, u holda  $Q$  ning epyurasida shu kuchga teng sakrash hosil bo'lib,  $M$  ning epyurasida esa egilish nuqtasi hosil bo'ladi. Agar  $Q$  ning epyurasida sakrash bo'lmasa, u holda qo'shni uchastkalar orasida  $M$  ning epyurasi silliq o'zgaradi.

4. Agar balkaga bir nuqtaga qo'yilgan tashqi moment tahsir qilsa, u holda  $M$  epyurasining moment tahsir qilgan joyida sakrash yuz beradi, uning kattaligi tashqi moment qiymatiga teng bo'ladi,  $Q$  ning epyurasida esa qo'shni uchastkalardagi  $Q$  ni qiymatlari o'zaro teng bo'ladi.

Ko'ndalang egilishdagi tashqi yuklamalar ta'sirida egiluvchi sterjen kesimlarida ichki kuchlar momenti  $M$  dan tashqari ko'ndalang kuch  $Q$  ham hosil bo'ladi. Bu  $Q$  kuch sterjen ko'ndalang kesimlarida urinma kuchlanish « $\tau$ » hosil bo'lishiga sabab bo'ladi.

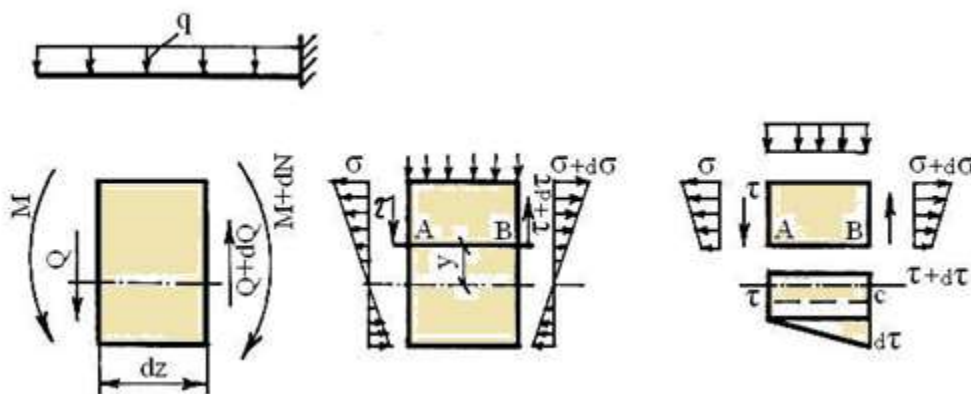
O'z navbatida « $\tau$ » urinma kuchlanishlari burchak deformatsiyalarini hosil qilish barobarida egiluvchi sterjen to'rida o'tkazilgan ko'ndalang chiziqlarni qiyshayishiga olib keladi (2-rasm), yahni ko'ndalang egilishda yassi kesimlar gipotezasi bajarilmaydi. Ammo, o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki,  $Q$  kuchning sterjen uzunligi bo'yicha o'zgarmas qiymatida ko'ndalang kesimlar shaklining o'zgarishi normal kuchlanishlarga tahsir etmaydi hamda  $Q$  kuchining o'zgaruvchi qiymatlarida esa tahsiri juda kichik



2-rasm. Yon tomoniga to'r chiziqlar chizilgan konsol balkaning egilishi

Bu holat ko'ndalang egilishda normal kuchlanishlar miqdorini sof egilish kabi aniqlash imkonini beradi. Ko'ndalang kesimlar shaklini o'zgarishi sterjen ko'ndalang kesimlarida normal kuchlanishlarni paydo bo'lishiga olib keladi, yahni sterjen «qatlamlari» bir-birini «bosadi», ammo ushbu kuchlanishlar miqdori uncha katta bo'lmagani uchun ularni hisoblashlarda ehtiborga olinmaydi. Demak, urinma kuchlanishlarni aniqlash taqriban, ammo amaliyot uchun yetarli darajadagi aniqlikda amalga oshiriladi degan xulosa kelib chiqadi.

Ko'ndalang egilish holatidagi balkadan  $dz$  uzunlikdagi element ajratamiz (3-rasm).



3-rasm. Ko'ndalang egilishda urinma kuchlanishlarni aniqlash

Ajratilgan elementni neytral qatlamdan «y» masofada bo'ylama gorizontal kesim o'tkazib 2 ta qismga ajratamiz va AB tekislik bilan chegaralangan yuqori qismini muvozanatini ko'ramiz. Hamda, urinma kuchlanishlar ko'ndalang kesim

darajasida neytral o'q «x» ga parallel va normal kuchlanishlar o'zgarmas deb faraz qilamiz. Urinma kuchlanishlar juftligi qonuniga asosan  $AB$  tekislik va ko'ndalang kesim  $A$  nuqtasida  $\tau$ ,  $B$  nuqtasida  $\tau + d\tau$  urinma kuchlanishlar paydo bo'ladi.

Ajratilgan element yuqori qismi muvozanat tenglamalarini sterjen bo'ylama o'qiga proektsiyalar yig'indisi ko'rinishida tuzamiz.

$$\sum Z = \int_F \sigma dF + \tau b dz + \frac{d\tau \cdot dz \cdot b}{2} - \int_{F^*} \sigma dF - \int_{F^*} d\sigma dF = 0$$

bu yerda:  $b$ -ko'ndalang kesimning  $AB$  tekislik darajasidagi uzunligi.

Ikkinchi darajali kichik miqdor  $\left(\frac{d\tau dz b}{2}\right)$  ni ehtiborga olmasdan va

$d\sigma = \frac{dM_y}{J_x}$ ,  $\int_{F^*} d\sigma dF = \frac{dM}{J_x}$ ,  $\int_{F^*} y dF = S_x^*$ , bu yerda  $S_x^*$  ko'ndalang kesim

$AB$  tekislikdan yuqorida joylashgan  $F^*$  yuzasining statik momenti,) ekanligini hisobga

olib  $\frac{dM}{J_x} S_x^* = \tau b dz$  ni hosil qilamiz.

Juravskiy bog'lanishidan  $\frac{dM}{dz} = Q$ , demak

$$\tau = \frac{QS_x^*}{J_x b} \quad \text{natijada Juravskiy bog'lanishini hosil qilamiz.}$$

Unga ko'rilayotgan har bir ko'ndalang kesim uchun o'zgarmas, ko'ndalang kuchlar epyurasidan aniqlanuvchi  $Q$ -ko'ndalang ichki kuch kattaligi,  $Q$  kabi o'zgarmas bo'lgan neytral o'qqa nisbatan butun kesim  $J_x$  inertsiya momenti, aniqlanayotgan kuchlanish darajasidan kesim «eni»  $b$  ( $b$  kattaligi to'g'ri to'rtburchak, dvutavr devori kabilar uchun o'zgarmas, doira uchun o'zgaruvchi bo'lishi mumkin), hisoblash darajasidagi yuqorida joylashgan ko'ndalang kesim yuzasining statik momenti  $S_x^*$  lar kiradi.

$$z=0 \quad da \quad \varphi_1 = -\frac{ql^3}{24EJ}$$

$$z=l \quad da \quad \varphi_2 = \frac{ql^3}{24} EJ$$

$$z=\frac{l}{2} \quad da \quad \varphi = \frac{ql^4}{16EJ} - \frac{ql^4}{48EJ} - \frac{ql^4}{24EJ} = 0$$

Bu natija bir tomondan o'tkazilgan hisoblashlarni to'g'riligini tekshirish, ikkinchi tomondan berilgan balka uzunligi o'rtasida burilish burchagi nolga tenglashdan integral o'zgarmas  $C$  ni topish uchun kerak

$$\frac{qlz^2}{4} - \frac{qz^3}{6} + C = 0 \quad z = \frac{l}{2} \quad bo'lsa$$

$$\frac{qlz^2}{16} - \frac{qz^3}{48} + C = 0 \quad bu \ yerdan \ C = -\frac{qlz^3}{48} = -\frac{ql^3}{24}$$

Salqilik tenglamasi ko'rinishi

$$EJ \ y = \frac{qlz^3}{12} - \frac{qz^4}{24} - \frac{ql^3z}{24}$$

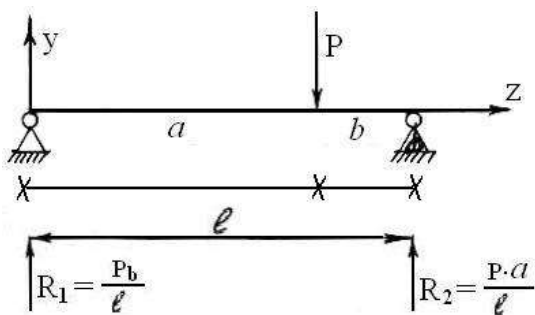
$$z=0 \quad da \quad y = 0$$

$$z = \frac{l}{2} \quad da \quad y = -\frac{5ql^4}{384EJ}$$

$$z=l \quad da \quad y = 0$$

Olingan yechim to'g'riligini tasdiqlaydi.

Bir nuqtada tahsir etuvchi  $P$  kuch qo'yilgan, ikkita tayanchda yotuvchi balka elastiklik chizig'i tenglamasini va kuch qo'yilgan nuqtasi ko'chishini topamiz (4-rasm).



4-rasm. Bir nuqtaga qo'yilgan ikkita tayanchda yotuvchi balkani salqilikka hisobi



Sanoq boshini chap tayanchda olamiz. Brus chap va o'ng uchastkalarida eguvchi momentlar

$$M_1 = P \frac{b}{l} z, \quad M_2 = P \frac{b}{l} z - P(z-a)$$

Ikki marta integrallasak

$$y_1 = \frac{P}{EJ} \left( \frac{b}{l} \frac{z^3}{6} + C_1 z + C_2 \right)$$

$$y_2 = \frac{P}{EJ_x} \left( \frac{b}{l} \frac{z^3}{6} - \frac{z^3}{6} + a \frac{z^2}{2} + C_3 z + C_4 \right)$$

Integral o'zgarmlari brus mahkamlash shartidan va birinchi uchastkadan ikkinchi uchastkaga o'tishdagi uzluksiz shartidan topiladi, yahni  $z = 0$  da  $y = 0$ ,  $z = a$  da  $\varphi_1 = \varphi_2$ .  $y_1^1 = y_2^1$ ,  $z=l$  da  $y_2 = 0$

$$C_1 = \frac{a}{6l} (3al - 2l^2 - a^2), \quad C_2 = 0$$

Bu shartlardan

$$C_3 = -\frac{a}{6l} (2l^2 + a^2), \quad C_4 = \frac{a^3}{6}$$

$$y_1 = \frac{P}{EJ} \left[ \frac{b}{l} \frac{z^3}{6} + \frac{a^z}{6l} (3al - 2l^2 - a^2) \right]$$

Demak

$$y_2 = \frac{P}{EJ_x} \left[ \frac{z^3}{6} \left( \frac{b}{l} \right) + \frac{az^2}{2} - z \frac{a}{6l} (2l^2 + a^2) + \frac{a^3}{6} \right]$$

kuch qo'yilgan nuqtada

$$y_1 = y_2 = -\frac{P a^2}{3 E J_x l} (l - a^2)$$

Agar kuch balka o'rtasiga qo'yilgan bo'lsa

$$y_1 = y_{\max} = -\frac{P a^2}{48 E J_x}$$

Brus egilganda kuch qo'yilgan nuqta  $y$  koordinatasi manfiy chiqdi. Brus  $y$  o'qining musbat yo'nalishiga qarshi tomonga egilgan. Bir necha qismdan iborat balkalarda elastiklik chizig'i ko'rinishini topish qiyin ekanligini ko'rilgan

misollardan ma'lum bo'ldi. Har bir uchastka tenglamasida integrallashda ikkitadan o'zgarmas hosil bo'ladi. Agar balka  $n$  ta uchastkadan iborat bo'lsa,  $2n$  ta o'zgarmaslarni topish uchun  $2n$  ta tenglamani birgalikda yechishga to'g'ri keladi.

Bikrligi  $EJ_x$  o'zgarmas bo'lgan balka uchun yuqoridagi kabi qiyinchilikdan oson qutulish mumkin, buning uchun elastiklik chizig'i tenglamasini tuzishda ma'lum qoidalarga amal qilish kerak.

*Nazorat savollari:*

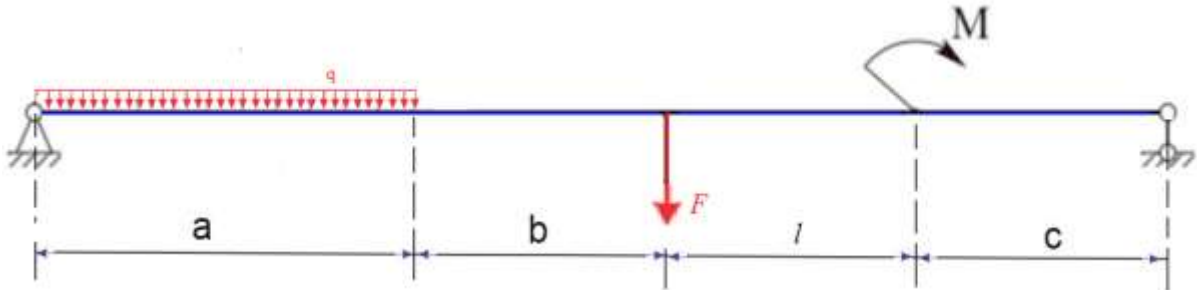
1. Egilishga ishlaydigan sterjenlar nima deb atalishi mumkin?
2. Sof egilish deb qanday egilishga aytiladi?
3. Ko'ndalang egilish deb qanday egilishga aytiladi?
4. Tayanch reaksiya kuchlarini to'g'ri topilganligi qanday tekshiriladi?
5. Juravskiy bog'lanishlari nima uchun qo'llanishi mumkin?
6. Qanday balkalarda tayanch reaksiyalarini topmasdan ichki kuchlarning epyuralarini qurish mumkin?
7. Epyura deganda nima tushuniladi?
8. Uchastka chegarasi deganda nimani tushunasiz?
9. Uchastka deganda nimani tushunasiz?
10. Egilishga ishlaydigan sterjenlar nima deb atalishi mumkin?
11. Sof egilish deb qanday egilishga aytiladi?
12. Ko'ndalang egilish deb qanday egilishga aytiladi?
13. Tayanch reaksiya kuchlarini to'g'ri topilganligi qanday tekshiriladi?
14. Juravskiy bog'lanishlari nima uchun qo'llanishi mumkin?
15. Qanday balkalarda tayanch reaksiyalarini topmasdan ichki kuchlarning epyuralarini qurish mumkin?
16. Epyura deganda nima tushuniladi?
17. Uchastka chegarasi deganda nimani tushunasiz?
18. Uchastka deganda nimani tushunasiz?

Mavzuga oid masala ko'rib chiqamiz.

Berilgan:

$$q = 4 \frac{kN}{m}, \quad M = 100 kN \cdot m, \quad P = 20 kN,$$

$$a = 3m, \quad b = 2m, \quad l = 2m, \quad c = 2m$$



**Yechish:** Berilgan balkani tayanchlarni A va B harflari bilan, hamda ularda hosil bo'ladigan tayanch reaksiya kuchlarini  $V_B$  va  $V_A$  lar bilan belgilab, noma'lum tayanch reaksiya kuchlarini topamiz. Noma'lum tayanch reaksiya kuchlarini topish uchun (1) formuladan foydalanamiz.

$$\sum M_A = 0$$

$$-q \cdot a \cdot \left(\frac{a}{2}\right) - P \cdot (a+b) - M + V_B \cdot (a+b+c+l) = 0$$

$$V_B = \frac{q \cdot a \cdot (a/2) + P \cdot (a+b) + M}{a+b+l+c} = \frac{4 \cdot 3 \cdot (1,5) + 20 \cdot (3+2) + 100}{3+2+2+2} =$$

$$= 24,2 \text{ kN}$$

$$V_B = 24,2 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-V_A \cdot (a+b+l+c) + q \cdot a \cdot (a/2 + b + l + c) + P \cdot (l+c) + M = 0$$

$$V_A = \frac{q \cdot a \cdot (a/2 + b + l + c) + P \cdot (l+c) - M}{a+b+l+c} = \frac{4 \cdot 3 \cdot (1,5 + 2 + 2 + 2) + 20 \cdot (2+2) - 100}{3+2+2+2} = 7,8 \text{ kN}$$

$$V_A = 7,8 \cdot 10^4 \text{ H}$$

Topilgan reaksiya kuchlarning to'g'ri topilganligini tekshirib ko'ramiz.

$$\sum Y_p = V_A + V_B - q \cdot a - P = 0$$

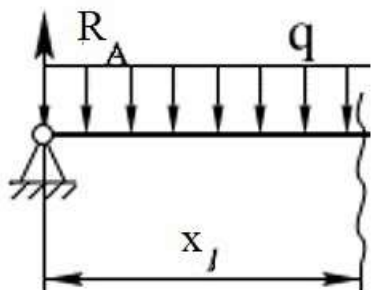
$$24,2 + 7,8 - 12 - 20 = 0$$

So'nggi ayniyat tayanch reaksiyalarining to'g'ri topilganidan dalolat beradi. Endi eguvchi moment va kesuvchi kuch qiymatlarini uchastkalar bo'yicha aniqlaymiz.

1.uchastkada.  $0 \leq x_1 \leq 3m$ ;

$$M_1 = R_A \cdot x_1 - q \cdot x_1 \cdot (x_1/2); \quad x_1 = 0;$$

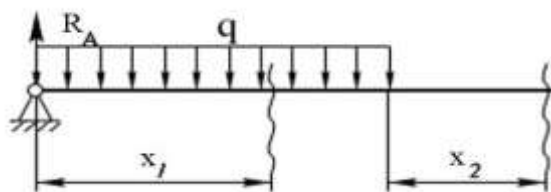
$$M_1 = 7,8 \cdot 0 - 4 \cdot 0 = 0;$$



$$x_1 = 1,5m; \quad M_1 = 7,8 \cdot 1,5 - 4 \cdot 1,5 \cdot 1,5 : 2 = 7,2 \text{ kN} \cdot m$$

$$Q_x = V_A = 14,1 \text{ kN}$$

2.uchastkada.  $0 \leq x_2 \leq 2m$



$$M_2 = R_A \cdot (3 + x_2) - 3 \cdot q \cdot (1,5 + x_2);$$

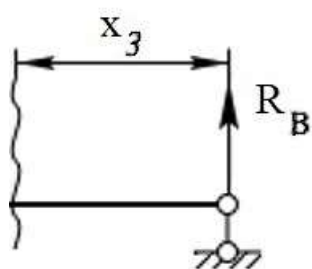
$$x_2 = 0; \quad M_2 = 7,8 \cdot 3 - 4 \cdot 3 \cdot 1,5 = 5,4 \text{ kN} \cdot m$$

$$x_2 = 1m; \quad M_2 = 7,8 \cdot 4 - 4 \cdot 3 \cdot 2,5 = 1,2 \text{ kN} \cdot m$$

$$x_2 = 2m \quad M_2 = 7,8 \cdot 5 - 4 \cdot 3 \cdot 3,5 = -3 \text{ kN} \cdot m$$

$$Q_2 = q \cdot 3 - R_A = 4 \cdot 3 - 7,8 = 4,2 \text{ kN}$$

3.uchastkada.  $0 \leq x_3 \leq 2m$

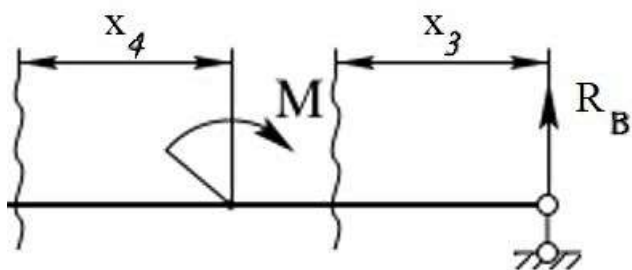


$$M_3 = R_B \cdot x_3;$$

$$x_3 = 0 \quad M_3 = 0$$

$$x_3 = 2m; \quad M_3 = 24,2 \cdot 2 = 48,4 \text{ kN} \cdot m$$

$$Q_3 = R_B = 24,2 \text{ kN}$$

4.uchastkada.  $0 \leq x_4 \leq 2m$ 

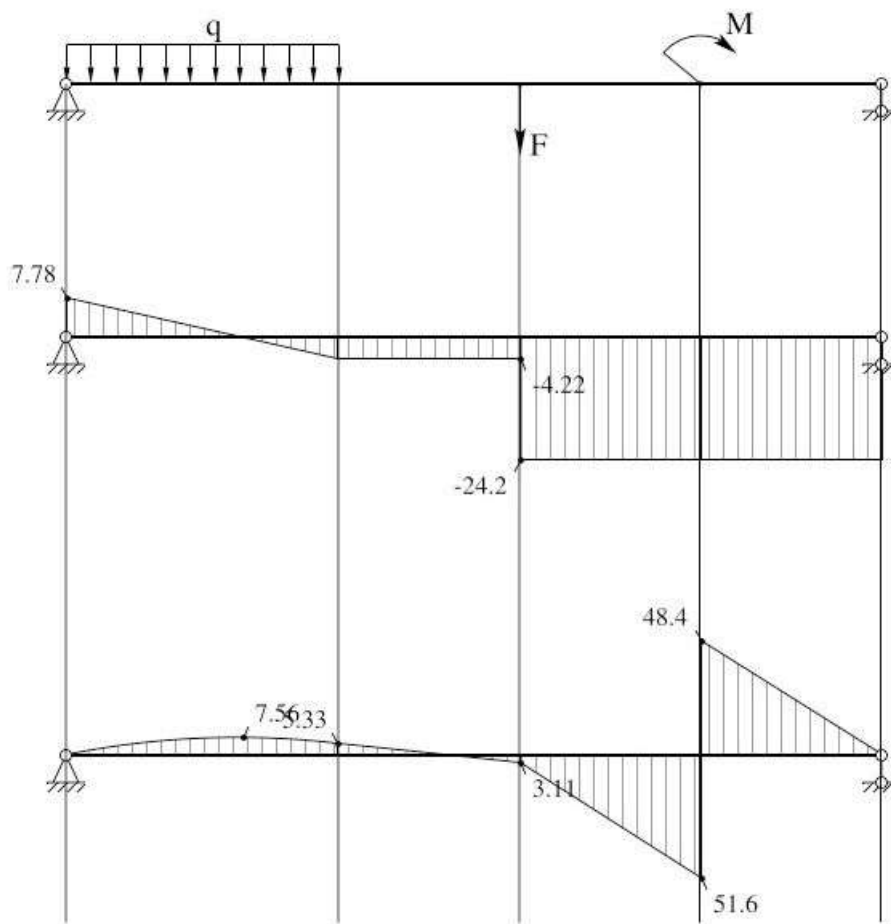
$$M_4 = R_B \cdot (2 + x_4) - M ;$$

$$x_4 = 0 \quad M_4 = R_B \cdot 2 - M = 24,2 \cdot 2 - 100 = -51,6 \text{ kN} \cdot m$$

$$x_4 = 2m \quad M_4 = 24,2 \cdot 4 - 100 = -3,2 \text{ kN} \cdot m$$

$$Q_4 = R_B = 24,2 \text{ kN}$$

Topilgan qiymatlar bo'yicha uchastkalardagi eguvchi moment(M) va kesuvchi kuch(Q) epyuralarini qurib chiqamiz (rasm 1 a, b.)



1 rasm

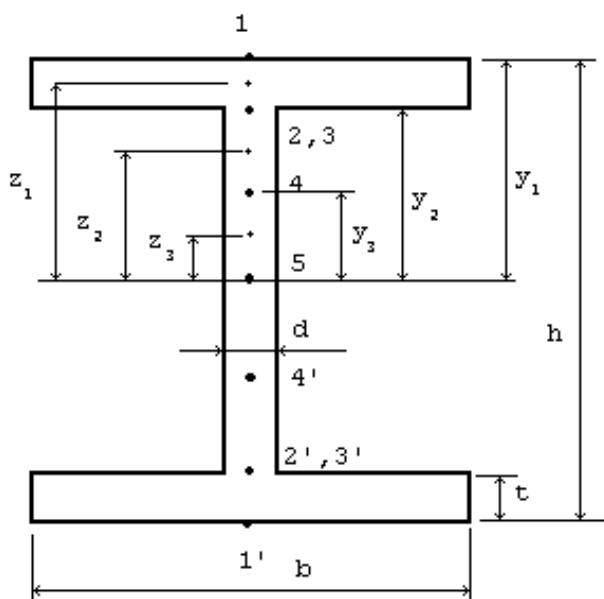
Eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralaridan ko'rinadiki, xavfli kesim  $x=9,5$  m bo'lgan kesimda, ya'ni balkaning B tayanchida hosil bo'ladi.

Bu kesimda  $M_{\max} = -46 \text{ kN}\cdot\text{m}$  va  $Q_{\max} = -30,9 \text{ kN}$  ekanligi epyuradan ravshan ko'rinib turibdi.

Balkaning ko'shtavrlari ko'ndalang kesimi uchun normal kuchlanish bo'yicha mustaxkamlik shartini (3) formula bo'yicha aniqlaymiz.

$$W_x = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{56,4 \cdot 10^4}{1600} = 352,5 \text{ sm}^3$$

Balkaning qarshilik momenti bo'yicha GOST 8239-56 dan tartib raqami 65 bo'lgan qo'shtavrni olamiz. Bu qo'shtavrning geometrik xarakteristikalarini quyidagicha:



$$h = 270 \text{ mm} = 27 \text{ sm}$$

$$W_x = 371 \text{ sm}^3$$

$$b = 125 \text{ mm} = 12,5 \text{ sm}$$

$$d = 6 \text{ mm} = 0,6 \text{ sm}$$

$$t = 9,8 \text{ mm} = 0,98 \text{ sm}$$

$$F = 40,2 \text{ sm}^2$$

$$J_x = 5010 \text{ sm}^4$$

$$J_y = 260 \text{ sm}^4$$

$$S_x = 210 \text{ sm}^3$$

Tanlangan qo'shtavrlari balkaning normal kuchlanish bo'yicha mustaxkamligini tekshiramiz:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{56,4 \cdot 10^4}{371} = 1520,2 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2} \leq 1600 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

Demak, tanlangan qo'shtavrlari balkaning normal kuchlanish bo'yicha mustaxkamligi ta'minlangan.

Endi tanlangan qo'shtavrli balkaning xarakterli kesimlari uchun normal kuchlanishini hisoblaymiz. Avvalo kesimda qayd qilingan nuqtalar uchun normal kuchlanishlarni (5) formuladan aniqlaymiz.

$$Y_1 = \frac{h}{2} = 13,5 \text{ sm}$$

$$\sigma_1 = \frac{M_{\max}}{I_x} \cdot Y_1 = \frac{56,4 \cdot 10^4 \cdot 13,5}{5010} = 1519,76 \text{ kg/sm}^2$$

$$Y_{2,3} = \frac{h}{2} - t = 12,52 \text{ sm}$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{M_{\max}}{I_x} \cdot Y_{2,3} = \frac{56,4 \cdot 10^4 \cdot 12,52}{5010} = 1409,44 \text{ kg/sm}^2$$

$$Y_4 = \frac{\frac{h}{2} - t}{2} = 6,26 \text{ sm}$$

$$\sigma_4 = \frac{M_{\max}}{I_x} \cdot Y_4 = \frac{56,4 \cdot 10^4 \cdot 6,26}{5010} = 704,72 \text{ kg/sm}^2$$

$$Y_5 = 0$$

$$\sigma_5 = \frac{M_{\max}}{I_x} \cdot Y_5 = \frac{56,4 \cdot 10^4 \cdot 0}{5010} = 0$$

Simmetrik shartga ko'ra  $\sigma_4 = -\sigma_6$ ,  $\sigma_{2,3} = -\sigma_{7,8}$ ,  $\sigma_1 = -\sigma_9$

Manfiy qiymatlarni vertikal o'qdan chap tomonga qo'yamiz, musbatini esa o'ng tomonga qo'yamiz, natijada (2 rasm a) da ko'rsatilgan epyura olinadi.

Endi tanlangan qo'shtavrli balkaning urinma kuchlanish bo'yicha mustaxkamligini tekshiramiz:

Urinma kuchlanish bo'yicha mustahkamlikka tekshirishdan oldin, urinma kuchlanishlarni aniqlash uchun qayd qilingan xarakterli nuqtalardan o'tkazilgan tekislikdan yuqorida qolgan qism kesim yuzining og'irlik markazidan uning neytral o'qiga nisbatan statik momentlarni hisoblaymiz:

Balkaning urinma kuchlanish bo'yicha mustaxkamlik shartiga ko'ra, tanlangan qo'shtavrli balkaning mustahkamligi ta'minlandi. Kesimda qayd qilingan nuqtalar uchun urinma kuchlanishlarni (7) formuladan foydalanib hisoblaymiz:

Birinchi nuqtadan yuqorida yuza bo'lmaganligi sababli

$$S_1 = 0 \quad \tau_1 = \frac{Q_{\max} \cdot S_1}{b \cdot I_x} = 0$$

$$S_{2,3} = S_1 + b \cdot t \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2}\right) = 0 + 12,5 \cdot 0,98 \cdot 31,55 = 159,37 \text{ sm}^3$$

$$\tau_2 = \frac{Q_{\max} \cdot S_{2,3}}{b \cdot I_x} = \frac{24,2 \cdot 10^2 \cdot 159,37}{12,5 \cdot 5010} = 61,58 \text{ kg/sm}^2$$

$$\tau_3 = \frac{Q_{\max} \cdot S_3}{d \cdot I_x} = \frac{24,2 \cdot 10^2 \cdot 159,37}{0,6 \cdot 5010} = 128,302 \text{ kg/sm}^2$$

$$S_4 = S_3 + d \cdot \left(\frac{\frac{h}{2} - t}{2}\right) \cdot \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\frac{h}{2} - t}{2}\right) = 259,37 + 0,6 \cdot 6,26 \cdot 9,39 =$$

$$= 194,64 \text{ sm}^3$$

$$\tau_4 = \frac{Q_{\max} \cdot S_4}{d \cdot I_x} = \frac{24,2 \cdot 10^2 \cdot 194,64}{0,6 \cdot 5010} = 156,7 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

Hurmatli talaba shuni e'tiborga olish kerakki, 2 nuqta qo'shtavr tokchasi tegishli, 3 nuqta esa qo'shtavr devoriga. Shuning uchun 3 nuqtani urinma kuchlanishini aniqlashda (7) - formuladagi "b" ni o'rniga "d" yoziladi.

$$S_5 = S_4 + d \cdot \left(\frac{\frac{h}{2} - t}{2}\right) \cdot \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{\frac{h}{2} - t}{2}\right) = 194,64 + 0,6 \cdot (6,26 : 4) \cdot 12,52 =$$

$$= 210 \text{ sm}^3$$

$$\tau_5 = \frac{Q_{\max} \cdot S_5}{d \cdot I_x} = \frac{24,2 \cdot 10^2 \cdot 210,4}{0,6 \cdot 5010} = 169,06 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$



## Simmetrik shartga ko'ra

$$\tau_4 = -\tau_6, \quad \tau_3 = -\tau_7, \quad \tau_2 = -\tau_8, \quad \tau_1 = -\tau_9$$

Manfiy qiymatlarni vertikal o'qdan chap tomonga qo'yamiz, musbatini esa o'ng tomonga qo'yamiz, natijada (2 rasm v) da ko'rsatilgan epyura olinadi.

Olingan qiymatlar bo'yicha normal kuchlanish  $\sigma$ , urinma kuchlanish  $\tau$ , maksimal normal kuchlanish  $\sigma_{\max}$ , maksimal urinma kuchlanish  $\tau_{\max}$  lar epyuralarini quramiz,

Endi tanlangan qo'shtavrlı balkaning bosh normal kuchlanishlarni (10) formuladan hisoblanadi.

## 1 - nuqta tokchaga tegishli bo'lsa

$$\sigma_{1\frac{\max}{\min}} = \frac{\sigma_1}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + 4 \cdot \tau_1^2} = \frac{1519,76}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1519,76^2 + 4 \cdot 0^2} = 1519,76 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

$$\sigma_{1\max} = \frac{1519,76}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1519,76^2 + 4 \cdot 0^2} = 1519,76 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

$$\sigma_{1\min} = \frac{1519,76}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1519,76^2 + 4 \cdot 0^2} = 0 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

## 2 - nuqta tokchaga tegishli bo'lsa

$$\sigma_{2\frac{\max}{\min}} = \frac{\sigma_2}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_2^2 + 4 \cdot \tau_2^2} = \frac{1409,44}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 61,58^2} = 1412,12538 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

$$\sigma_{2\max} = \frac{1409,44}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 61,58^2} = 1412,12538 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

$$\sigma_{2\min} = \frac{1409,44}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 61,58^2} = -2,68538 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

## 3 - nuqta devorga tegishli bo'lsa

$$\sigma_{3\frac{\max}{\min}} = \frac{\sigma_3}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_3^2 + 4 \cdot \tau_3^2} = \frac{1409,44}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 128,302^2} = 1420,97183 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

$$\sigma_{3\max} = \frac{1409,44}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 128,302^2} = 1420,97183 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

$$\sigma_{3\min} = \frac{1409,44}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 128,302^2} = -11,531825 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

## 4 - nuqta devorga tegishli bo'lsa

$$\sigma_{4\frac{\max}{\min}} = \frac{\sigma_4}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_4^2 + 4 \cdot \tau_4^2} = \frac{704,72}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{704,72^2 + 4 \cdot 156,7^2} = 1123,62509 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

$$\sigma_{4\max} = \frac{704,72}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{704,72^2 + 4 \cdot 156,7^2} = 1123,62509 \frac{kg}{sm^2}$$

$$\sigma_{4\min} = \frac{704,72}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{704,72^2 + 4 \cdot 156,7^2} = -418,90589 \frac{kg}{sm^2}$$

## 5- nuqta devorga tegishli bo'lsa

$$\sigma_{5\frac{\max}{\min}} = \frac{\sigma_5}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_5^2 + 4 \cdot \tau_5^2} = \frac{0}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{0^2 + 4 \cdot 169,06^2} = 169,06 \frac{kg}{sm^2}$$

$$\sigma_{5\max} = \frac{0}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{0^2 + 4 \cdot 169,06^2} = 169,06 \frac{kg}{sm^2}$$

$$\sigma_{5\min} = \frac{0}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{0^2 + 4 \cdot 169,06^2} = -169,06 \frac{kg}{sm^2}$$

Ikkinchi bosh kuchlanish  $\sigma_{\frac{\max}{\min}}$  ning qiymati yuqoridagi miqdorlarning manfiy qiymatiga teng bo'lib, faqat pastdan tepaga qarab o'sadi. Bosh kunlanishning hisoblangan ordinatalari (2 -rasmning d)da aks ettirilgan.

Maksimal urinma kuchlanishlarni (10) formulagacha asosan hisoblaymiz.

## 1- nuqta tokchaga tegishli bo'lsa

$$\tau_{1\frac{\max}{\min}} = \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + 4 \cdot \tau_1^2}$$

$$\tau_{1\max} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1519,76^2 + 4 \cdot 0^2} = 759,88 \frac{kg}{sm^2}$$

$$\tau_{1\min} = -\frac{1}{2} \cdot \sqrt{1519,76^2 + 4 \cdot 0^2} = -759,88 \frac{kg}{sm^2}$$

## 2- nuqta tokchaga tegishli bo'lsa

$$\tau_{2\frac{\max}{\min}} = \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_2^2 + 4 \cdot \tau_2^2}$$

$$\tau_{2\max} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 61,58^2} = 707,40538 \frac{kg}{sm^2}$$

$$\tau_{2\min} = -\frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 61,58^2} = -707,40538 \frac{kg}{sm^2}$$

## 3- nuqta devoriga tegishli bo'lsa

$$\tau_{3\frac{\max}{\min}} = \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_3^2 + 4 \cdot \tau_3^2}$$

$$\tau_{3\max} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 128,302^2} = 716,30418 \frac{kg}{sm^2}$$

$$\tau_{3\min} = -\frac{1}{2} \cdot \sqrt{1409,44^2 + 4 \cdot 128,302^2} = -716,30418 \frac{kg}{sm^2}$$

4 - nuqta tokchaga tegishli bo'lsa

$$\tau_{4\frac{\max}{\min}} = \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_4^2 + 4 \cdot \tau_4^2}$$

$$\tau_{4\frac{\max}{\min}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{704,72^2 + 4 \cdot 156,7^2} = 385,632545 \frac{kg}{sm^2}$$

$$\tau_{4\frac{\min}{\max}} = -\frac{1}{2} \cdot \sqrt{704,72^2 + 4 \cdot 156,7^2} = -385,632545 \frac{kg}{sm^2}$$

5- nuqta tokchaga tegishli bo'lsa

$$\tau_{5\frac{\max}{\min}} = \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_5^2 + 4 \cdot \tau_5^2}$$

$$\tau_{5\frac{\max}{\min}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{0^2 + 4 \cdot 169,06^2} = 169,06 \frac{kg}{sm^2}$$

$$\tau_{5\frac{\min}{\max}} = -\frac{1}{2} \cdot \sqrt{0^2 + 4 \cdot 169,06^2} = -169,06 \frac{kg}{sm^2}$$

Manfiy qiymatlarni vertikal o'qdan chap tomonga qo'yamiz, musbatini esa o'ng tomonga qo'yamiz, natijada (2 rasm j) da ko'rsatilgan epyura olinadi.

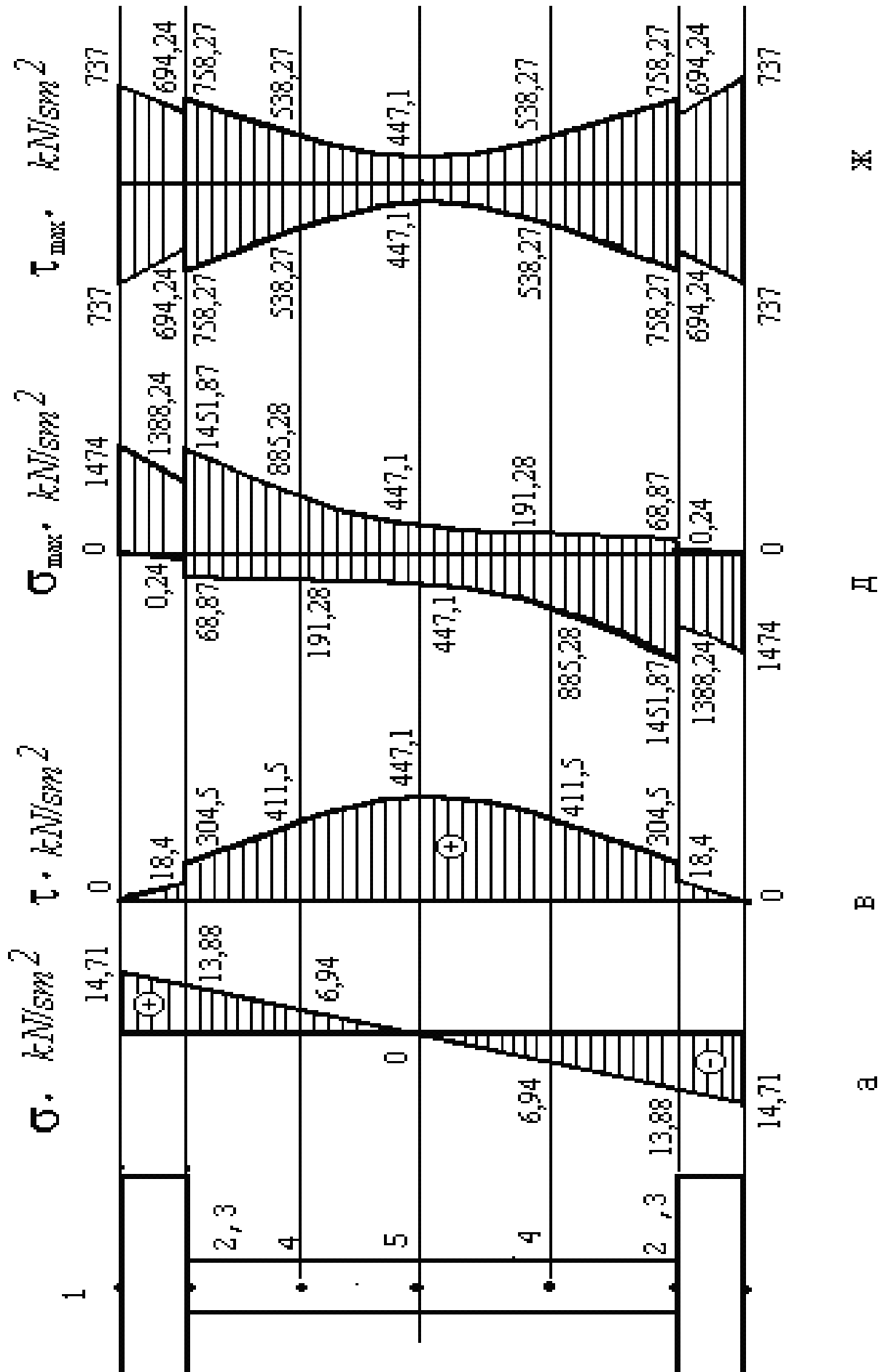
Tanlangan qo'shtavrlı balka materialining mustahkamligini III mustaxkamlik nazariyasi bo'yicha tekshiramiz. 3 nuqtada normal urinma kuchlanishlar eng katta qiymatlariga yaqin turadi, binobarin, shu nuqtadagi normal va urinma kuchlanishlarni hisoblaymiz.

$$\sqrt{(\sigma_3')^2 + 4(\tau_3')^2} = 10^5 \cdot \sqrt{1388^2 + 4 \cdot (304,5)^2} = 10^5 \cdot \sqrt{1926544 + 370881} =$$

$$= 10^5 \cdot \sqrt{2297425} = 1515,72 \frac{kg}{sm^2}$$

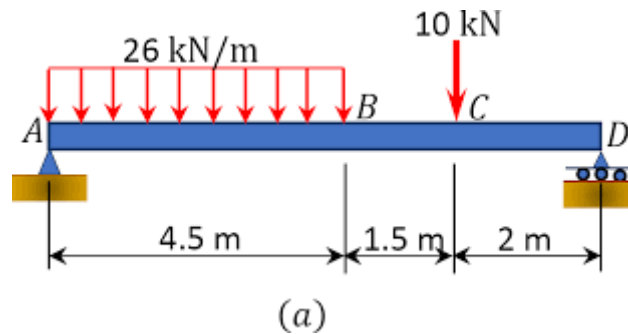
Bu kuchlanish tanlangan qo'shtavrlı kesimni to'g'ri tanlanganidan dalolat beradi.

$$\frac{1600 - 1515,72}{1600} \cdot 100 = 5,2\%$$

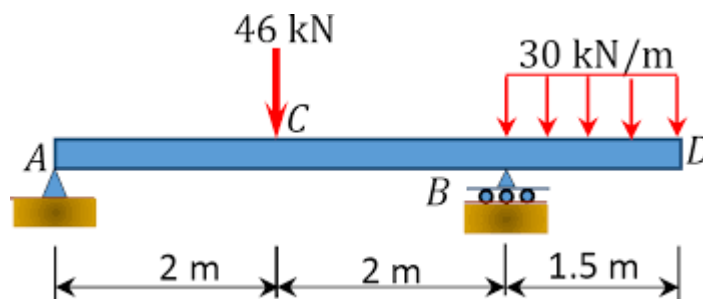


### Mustaqil yechish uchun masalalar.

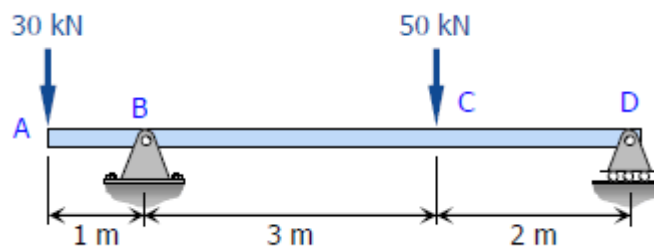
1. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari(eguvchi moment-M va kesuvchi kuch-Q) ni aniqlansin.



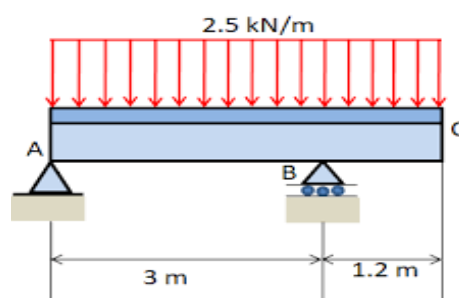
2. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari(eguvchi moment-M va kesuvchi kuch-Q) ni aniqlansin.



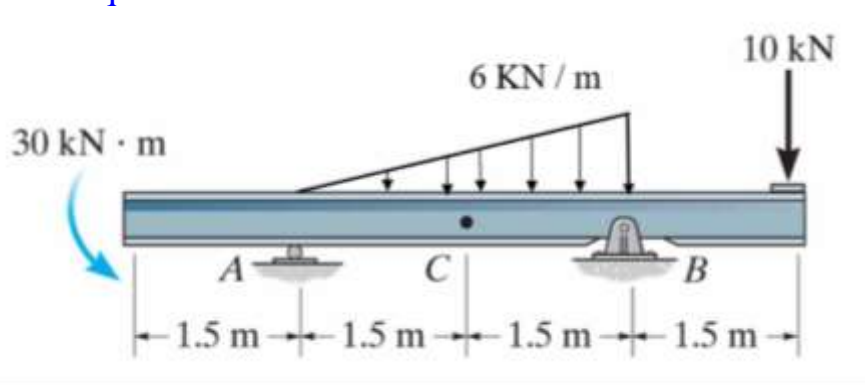
3. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari(eguvchi moment-M va kesuvchi kuch-Q) ni aniqlansin.



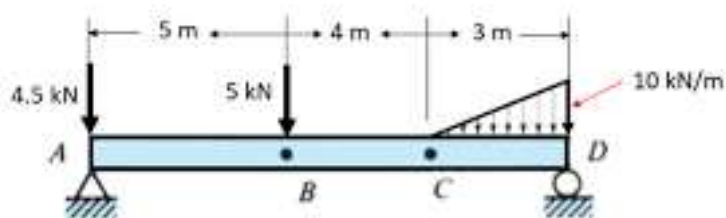
4. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari(eguvchi moment-M va kesuvchi kuch-Q) ni aniqlansin.



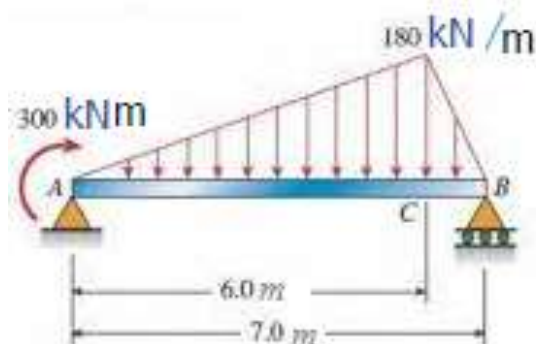
5. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari(eguvchi moment-M va kesuvchi kuch-Q) ni aniqlansin.



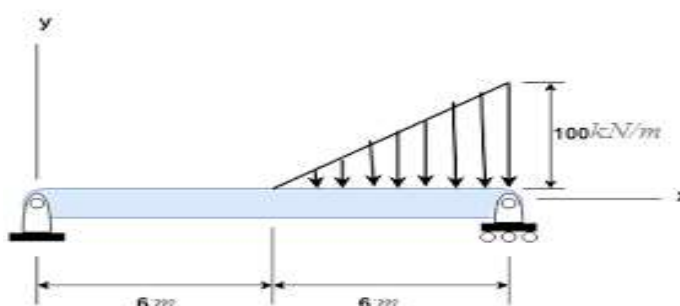
6. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari(eguvchi moment-M va kesuvchi kuch-Q) ni aniqlansin.



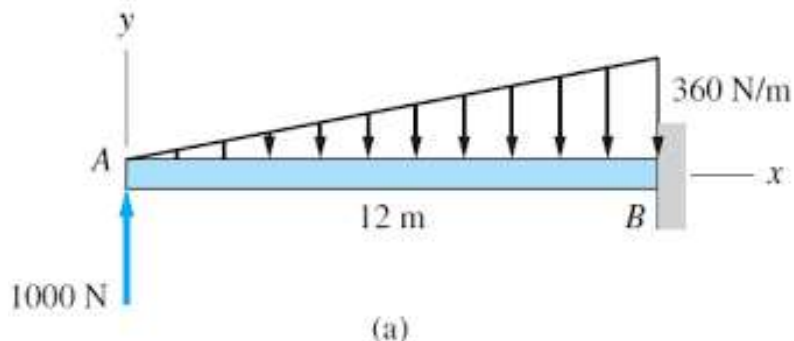
7. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari(eguvchi moment-M va kesuvchi kuch-Q) ni aniqlansin.



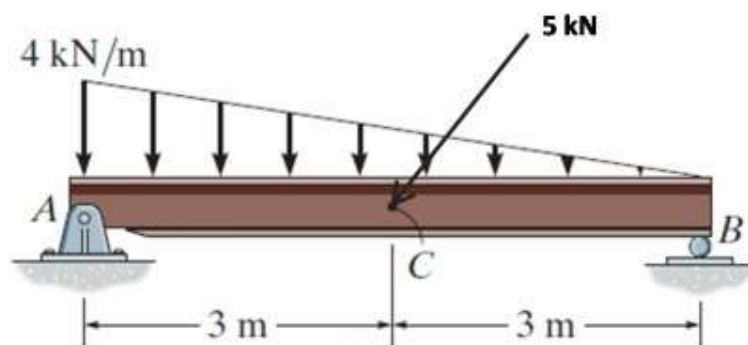
8. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari(eguvchi moment-M va kesuvchi kuch-Q) ni aniqlansin.



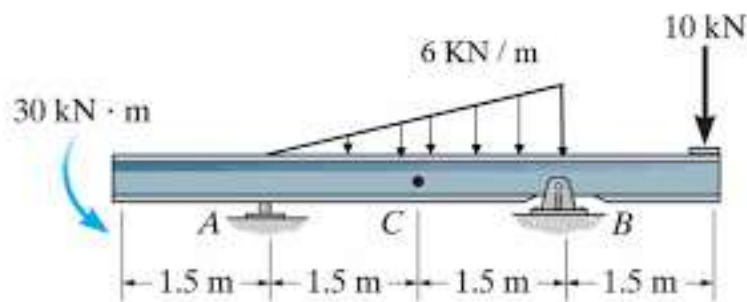
9. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari (eguvchi moment- $M$  va kesuvchi kuch- $Q$ ) ni aniqlansin.



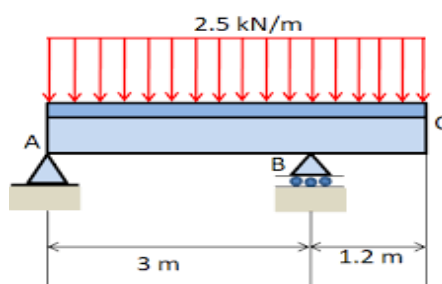
10. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari (eguvchi moment- $M$  va kesuvchi kuch- $Q$ ) ni aniqlansin.



11. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari (eguvchi moment- $M$  va kesuvchi kuch- $Q$ ) ni aniqlansin.



12. Balkada hosil bo'lgan ichki kuch omillari (eguvchi moment- $M$  va kesuvchi kuch- $Q$ ) ni aniqlansin.



## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

**Asosiy adabiyotlar**

1. M. M. Mirsaidov, P. J. Matkarimov, A. M. Godovannikov "Materiallar qarshiligi" Toshkent, "Fan va texnologiya" 2010 y. 410 b.
2. K.M.Мансуров "Материаллар қаршилиги", Тошкент "Ўқитувчи", 1983,
3. М.Т.Ўрозбоев "Материаллар қаршилиги курси", Тошкент "Ўқитувчи", 1979, 510 б
4. А.Ф. Смирнов таҳрири остида " Материаллар қаршилиги" Тошкент: "Ўқитувчи" , 1988, 464 б.
5. Х.Т.Қорабоев "Материаллар қаршилигидан лаборатория ишлари" Тошкент "Ўқитувчи", 1983, 175 б
6. В.М.Феодосев "Сопротивление материалов", М, 1979.
7. И. А. Биргер, Р.Р.Мавлютов "Сопротивление материалов", М. Наука, 1986,560 б.
8. В.И.Самуль "Основы теории упругости и пластичности", М., 1982.
9. В.К. Качурин "Материаллар қаршилигидан масалалар тўплами". Тошкент, "Ўзбекистон", 1993.

**Qo'shimcha adabiyotlar**

1. Nabiyev A. T. Materiallar qarshiligi. T. 2008.
2. Ergashov M. Materiallar qarshiligidan hisoblash -loyihalash ishlari. T. 2003.
3. А.Х.Маткаримов Материаллар қаршилигидан қисқа курс ЎАЖБНТ маркази 2003
4. С.А.Юлдашев "Материаллар қаршилиги" Тошкент "Ўқитувчи" 1995 йил
5. М.Эргашев Материаллар қаршилигидан ҳисоблаш –лойихалаш ишлари Тошкент "Молия" 2003.
6. Б.К. Қорабоев ва бошқалар. Материаллар қаршилигидан қисқа курс Тошкент" Ўзбекистон" 1998.
7. А.И.Александров и др. Сопротивление материалов. Учеб. пос. М., Выш. шк. 2000. [www. Ziyο. Net](http://www.Ziyo.Net), [http: //www// NamMQI.uz](http://www// NamMQI.uz)